



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Ramazan KAPLAN

TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK
POLİTİKALARININ ANALİZİ

İktisat Ana Bilim Dalı

Doktora Tezi

Antalya, 2021



AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



Ramazan KAPLAN

TÜRKİYE VE OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK
POLİTİKALARININ ANALİZİ

Danışman

Doç. Dr. Gülden BÖLÜK

İktisat Ana Bilim Dalı

Doktora Tezi

Antalya, 2021

T.C.
Akdeniz Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Ramazan KAPLAN'ın bu çalışması, jürimiz tarafından İktisat Ana Bilim Dalı Doktora Programı tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. A. Ali KOÇ	(İmza)
Üye (Danışmanı)	: Doç. Dr. Gülden BÖLÜK	(İmza)
Üye	: Prof. Dr. Sayım IŞIK	(İmza)
Üye	: Prof. Dr. Müslüme NARİN	(İmza)
Üye	: Doç. Dr. Öznur ÖZDAMAR GIOVANİS	(İmza)

Tez Başlığı: Türkiye ve OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikalarının Analizi

Onay: Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : 08/07/2021

Mezuniyet Tarihi : 05/08 /2021

(İmza)

Prof. Dr. Suat KOLUKIRIK

Müdür

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Türkiye ve OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikalarının Analizi” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Ramazan KAPLAN





T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU
BEYAN BELGESİ



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
Adı-Soyadı	Ramazan KAPLAN
Öğrenci Numarası	20155209001
Enstitü Ana Bilim Dalı	İktisat
Programı	Doktora
Programın Türü	() Tezli Yüksek Lisans (x) Doktora
Danışmanın Unvanı, Adı-Soyadı	Doç. Dr. Gülden BÖLÜK
Tez Başlığı	Türkiye ve OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikalarının Analizi
Turnitin Ödev Numarası	1625003509

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmasının a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana Bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 187 sayfalık kısmına ilişkin olarak, 28/07/2021 tarihinde tarafımdan Turnitin adlı intihal tespit programından Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nda belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve ekte sunulan rapora göre, tezin/dönem projesinin benzerlik oranı;

alıntılar hariç % 13

alıntılar dahil % 14 'tür.

Danışman tarafından uygun olan seçenek işaretlenmelidir:

(X) Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşmıyor ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylarım.

() Benzerlik oranları belirlenen limitleri aşıyor, ancak tez/dönem projesi danışmanı intihal yapılmadığı kanısında ise;

Yukarıda yer alan beyanın ve ekte sunulan Tez Çalışması Orijinallik Raporu'nun doğruluğunu onaylar ve Uygulama Esasları'nda öngörülen yüzdelik sınırlarının aşılmasına karşın, aşağıda belirtilen gerekçe ile intihal yapılmadığı kanısında olduğumu beyan ederim.

Gerekçe:

Benzerlik taraması yukarıda verilen ölçütlerin ışığı altında tarafımca yapılmıştır. İlgili tezin orijinallik raporunun uygun olduğunu beyan ederim.

28/07/2021

(imza)
Doç. Dr. Gülden BÖLÜK

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLOLAR LİSTESİ	vi
GRAFİKLER LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
TEŞEKKÜR.....	xii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1. Enerji Kaynakları.....	5
1.1.1. Fosil Kaynaklar	7
1.1.1.1. Kömür.....	7
1.1.1.2. Petrol.....	9
1.1.1.3. Doğalgaz.....	10
1.1.2. Nükleer Enerji Kaynakları.....	12
1.1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	13
1.1.3.1. Güneş	13
1.1.3.2. Rüzgâr.....	16
1.1.3.3. Biyokütle	18
1.1.3.4. Hidroenerji.....	21
1.1.3.5. Jeotermal.....	23
1.1.3.6. Dalga (Gel-git).....	24
1.1.4. Hidrojen.....	25
1.2. Yenilenebilir Enerji Piyasalarında Gelişmeler	25
1.2.1. Yenilenebilir Enerjinin Kullanım Alanları	26
1.2.1.1. Elektrik	26
1.2.1.2. Isıtma-Soğutma.....	28
1.2.1.3. Ulaşım.....	30
1.2.2. Dünya Yenilenebilir Enerji Piyasası.....	31
1.2.3. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Piyasası Gelişmeleri.....	34

1.2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Piyasası Gelişmeleri.....	39
--	----

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK POLİTİKALARI

2.1. Yenilenebilir Enerji Teşvikinde Önemli Hususlar	45
2.1.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi	45
2.1.1.1. Enerji-Büyüme İlişkisi.....	45
2.1.1.2. Hava Kirliliği ve Küresel Isınma.....	46
2.1.1.3. Enerjiye Erişim.....	48
2.1.1.4. Enerji Güvenliği	49
2.1.1.5. Enerjinin Sürdürülebilirliği.....	51
2.1.1.6. Sürdürülebilir Kalkınma ve İstihdam	51
2.1.2. Dünyada Çevre Sorunlarına İlişkin Düzenlemeler ve Anlaşmalar.....	52
2.1.2.1. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü	52
2.1.2.2. BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi	53
2.1.2.3. Kyoto Protokolü	54
2.1.2.4. Paris Anlaşması	55
2.1.3. Yenilenebilir Enerji Konusunda AB’de Yaşanan Gelişmeler	56
2.1.4. Yenilenebilir Enerjide Önemli Uluslararası Kuruluşlar	61
2.1.4.1. Birleşmiş Milletler Çevre Programı	62
2.1.4.2. IEA	63
2.1.4.3. IRENA	65
2.1.4.4. REN21	65
2.1.5. Yenilenebilir Enerjinin Önündeki Engeller.....	66
2.1.5.1. Ekonomik ve Finansal Engeller.....	67
2.1.5.2. Teknik ve Altyapı Engelleri	69
2.1.5.3. Halk Tarafından Kabul, Kalifiye Personel Eksikliği ve Çevresel Engeller	69
2.1.5.4. Piyasa Engelleri	70
2.1.5.5. Düzenleyici ve İdari Engeller	70
2.1.5.6. Engellerin Üstesinden Gelme	71
2.2. Yenilenebilir Enerjide Uygulanan Teşvik Politikaları	72
2.2.1. Düzenleyici Politikalar	75
2.2.1.1. Sabit Fiyat/Prim Garantisi	75
2.2.1.2. Kota Yükümlülükleri/ Yenilenebilir Enerji Portföy Standartları	77
2.2.1.3. Yenilenebilir Enerji Sertifikaları	77

2.2.1.4. İhale Yöntemi	79
2.2.1.5. Net Ölçümleme.....	81
2.2.1.6. Ulaşım Yükümlülükleri	82
2.2.1.7. Isıtma ve Soğutma (Isı) Yükümlülükleri	83
2.2.2. Mali Teşvikler	84
2.2.2.1. Vergi İndirim, İstisna ve Muafiyetleri.....	84
2.2.2.2. Vergi Kredileri.....	85
2.2.2.3. Hızlandırılmış Amortisman	86
2.2.2.4. Karbon Vergileri ve Emisyon Ticareti	87
2.2.2.5. Hibe ve Sübvansiyonlar.....	89
2.2.2.6. Krediler.....	90
2.2.2.7. Doğrudan Kamu Yatırımları.....	92

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİ ve TÜRKİYE’DE UYGULANAN TEŞVİK POLİTİKALARI

3.1. OECD Ülkelerinde Uygulanan Politikalar	93
3.2. Türkiye’de Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları	101
3.2.1. Tarihsel Gelişimi	101
3.2.2. Uygulanan Politikalar	105
3.2.2.1. Sabit Fiyat Garantisi	105
3.2.2.2. İhale Uygulaması.....	108
3.2.2.3. Lisanssız Üretim.....	110
3.2.2.4. Arazi ve İletim Sistemi Kullanım Bedeli Teşvikleri	110
3.2.2.5. Harç ve Damga Vergisi Teşvikleri	111
3.2.2.6. Biyoyakıt Zorunlukları ve ÖTV Muafiyeti	111
3.2.2.7. Yatırım Teşvik Programları.....	111
3.2.2.8. Elektrik Gideri İndirimi	113
3.2.2.9. Finansal Kuruluşların Sağladığı Destekler	113

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK
MEKANİZMALARI ve ENERJİ YATIRIMLARI ÜZERİNE AMPİRİK UYGULAMA

4.1. Literatür Taraması	114
4.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	126
4.3. Ekonometrik Yöntem	127
4.3.1. Klasik Modelin Geçerliliğine İlişkin Testler	129
4.3.2. Hausman Testi	130
4.3.3. Değişen Varyans.....	131
4.3.4. Otokorelasyon.....	132
4.3.5. Birimler Arası Korelasyon.....	133
4.3.6. Otoresgresif Model	134
4.4. Ekonometrik Model.....	135
4.5. Modele İlişkin Testler.....	140
4.6. Ampirik Bulgular.....	142
4.6.1. Sabit Etkiler Modeli	142
4.6.2. Dinamik Panel Veri Modeli.....	145
SONUÇ	152
KAYNAKÇA.....	158
Ek 1- Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	170
Ek 2- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası, Rüzgâr Hızı Haritası (50 m yük.)	171
Ek 3- Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası	172
Ö Z G E Ç M İ Ş	173

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	5
Şekil 2.1 Yenilenebilir Enerjinin Önündeki Engeller.....	67
Şekil 2.2 Yenilenebilir Enerji Teşvik Mekanizmalarının Sınıflandırılması	74
Şekil 3.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji İle İlgili Çıkarılmış Önemli Mevzuat Düzenlemeleri.....	102
Şekil 4.1 Model Değişkenleri	137



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Dünya Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (2019).....	8
Tablo 1.2 Dünya Petrol Rezervleri (2019)	9
Tablo 1.3 Dünya Doğalgaz Rezervleri (2019).....	11
Tablo 1.4 Dünya Nükleer Enerji İstatistikleri (2019).....	12
Tablo 1.5 Yenilenebilir Enerji İçin Yapılan Yeni Yatırımlar (milyar ABD Doları).....	33
Tablo 2.1 Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Politikasının Gelişimi.....	57
Tablo 2.2 Yenilenebilir Enerji Politikası Uygulayan ve Hedefi Olan Ülkeler.....	75
Tablo 3.1 OECD Ülkeleri Nihai Enerji ve Elektrik (Güç) Hedefleri	93
Tablo 3.2 OECD Ülkeleri Ulaşım ve Isıtma-Soğutma Hedefleri.....	95
Tablo 3.3 OECD Ülkeleri Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikaları	96
Tablo 3.4 Ülkelere Göre Yenilenebilir Enerji Politikaları	98
Tablo 3.5 Türkiye Yenilenebilir Enerji İkincil Mevzuat Düzenlemeleri	104
Tablo 3.6 Türkiye Yenilenebilir Enerji Hedefleri (2019-2023)	104
Tablo 3.7 YEKDEM Sabit Fiyat Garantisi Tarifeleri.....	106
Tablo 3.8 YEKDEM Yerli Katkı İlave Tarifeleri.....	106
Tablo 3.9 Yatırım Teşvik Programı Uygulamaları.....	112
Tablo 4.1 Literatür Özeti	124
Tablo 4.2 Bağımlı Değişkenler.....	125
Tablo 4.3 Açıklayıcı Değişkenler.....	125
Tablo 4.4 Modelde Kullanılan Değişkenler, İstatistikler ve Kaynaklar	138
Tablo 4.5 Korelasyon Matrisi.....	140
Tablo 4.6 F, LR ve LM Testleri.....	140
Tablo 4.7 Hausman Testi.....	141
Tablo 4.8 Modele İlişkin Testler	141
Tablo 4.9 Güneş Enerjisi Modeli Regresyon Sonuçları	142
Tablo 4.10 Biyoenerji Kurulu Kapasitesi Modeli Regresyon Sonuçları	143
Tablo 4.11 Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasitesi Modeli Regresyon Sonuçları	143
Tablo 4.12 Toplam Yenilenebilir Enerji Modeli Regresyon Sonuçları.....	144
Tablo 4.13 Regresyon Sonuçları İşaret ve Anlamlılık Düzeyleri.....	145
Tablo 4.14 Otoregresif Model Regresyon Sonuçları.....	149

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1 Dünya Toplam Birincil Enerji Arzı (2000, 2018).....	6
Grafik 1.2 Dünya Nihai Enerji Tüketimi (2018)	7
Grafik 1.3 Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi (2010-2020)	16
Grafik 1.4 Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasitesi (2010-2020)	18
Grafik 1.5 Dünya Biyoenerji İstatistikleri (2010-2020)	21
Grafik 1.6 Dünya Hidroenerji İstatistikleri.....	22
Grafik 1.7 Toplam Nihai Enerji Tüketimi	26
Grafik 1.8 Yenilenebilir Elektrik Kapasitesine İlaveler (2013-2019)	27
Grafik 1.9 Dünya elektrik üretim payları (2019).....	28
Grafik 1.10 Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının aldıkları pay (2000-2018)	32
Grafik 1.11 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Payları (2000, 2018).....	32
Grafik 1.12 Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasite Oranları (2000, 2018)	33
Grafik 1.13 Enerji Türleri İtibariyle Yeni Yatırımlar (2019)	34
Grafik 1.14 2000-2019 Arası OECD Yenilenebilir Enerji Arzı Yıllık Ort. Artış Hızı	35
Grafik 1.15 OECD Yenilenebilir Kaynak Tüketimi Sektörel Dağılımı (1990, 2018)	36
Grafik 1.16 OECD Ülkeleri Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Pay (2000-2019).....	37
Grafik 1.17 OECD Ülkeleri Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üret. Pay (2000-2019).....	37
Grafik 1.18 Türkiye’de Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Üretimi (2000-2019)	39
Grafik 1.19 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2019).....	40
Grafik 1.20 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasite Oranları (2005-2019)	41
Grafik 1.21 Türkiye Lisanslı Kurulu Güç Gelişimi (2000-2020).....	44
Grafik 2.1 Dünya CO ₂ Emisyon Oranları (1990-2021).....	47

KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Alternatif Akım
ADFD	: Abu Dhabi Kalkınma Fonu
BMİDÇS	: BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CETP	: IEA Temiz Enerji Geçişleri Programı
CFC	: Kloroflorokarbon
CO ₂	: Karbondioksit
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi
DC	: Doğru Akım
DREA	: Dağıtılmış Yenilenebilir Enerji Kaynakları
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESAP	: IEA Elektrik Güvenliği Eylem Planı
ETS	: Emisyon Ticaret Sistemleri
EV	: Elektrikli Araç
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GHG	: Sera Gazı
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi
HES	: Hidroelektrik Santralleri
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IREC	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Konferansı
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
LM	: Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı
LR	: Olabilirlik Oranı
Midseff	: Türkiye Orta Ölçekli Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
PHES	: Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerinde
PV	: Fotovoltaik
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
SDS	: Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu
SFG	: Sabit Fiyat/Prim Garantisi

TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TBEA	: Dünya Toplam Birincil Enerji Arzı
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.
Turseff	: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WEO	: Dünya Enerji Görünümü Raporu
YE	: Yenilenebilir Enerji
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	: YEK Destekleme Mekanizması
YMKT	: Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsis
YPS	: Yenilenebilir Portföy Standardı
YÜKT	: Yurt İçinde Üretim Karşılığı Tahsis

ÖZET

Günümüzde halen fosil enerji kaynakları olarak adlandırılan petrol, kömür ve doğalgaz yaygın olarak kullanılsa da, öngörülen tükenme ömürlerinin kısalması, saldıkları CO₂, NO_x gibi sera etkisine yol açan gazların küresel ısınma ve hava kirliliğine yol açması, enerji güvenliği, enerjiye erişim gibi konularda oluşan endişeler ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Yenilenebilir enerji, çevreye asgari düzeyde zarar vermesi ve tükenmeyen bir kaynaktan beslenmesi nedeniyle fosil yakıtların barındırdığı olumsuzluklara en iyi alternatif olarak dikkat çekmektedir. Hidrolik, biyokütle, güneş, rüzgâr, jeotermal ve dalga enerjisi olarak sınıflandırılan yenilenebilir enerji alanında son yıllarda özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak dünya çapında hızlı bir ilerleme yaşanmaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjinin gelişiminin önünde ekonomik, finansal ve teknik engeller bulunması nedeniyle ülkeler tarafından çeşitli teşvik politikaları uygulanmaktadır. Yenilenebilir enerjiye olan ilginin artmasıyla birlikte ekonomik alanda etkileri ve uygulanan politikaların etkinliğini araştıran çalışmalar da çoğalmaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 36 OECD ülkesinde 2000-2019 yılları arasında uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikalarının etkinliğini ampirik olarak analiz etmektir. Kurulan ekonometrik modelde güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji ve hidro hariç toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Açıklayıcı değişkenler; politika araçları ve kontrol değişkenleri olarak ayrılarak modele dâhil edilmiştir. Kontrol değişkenleri ayrıca dinamik panel veri modeli ile de analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması için uygulanan politikaların, genel olarak beklenildiği gibi yenilenebilir enerji kurulu kapasitesini artırmada etkili olduğu, ancak politika araçlarından bir kısmının beklenen etkiyi göstermediği, bir kısmının ise güneş, rüzgâr ve biyoenerji alanlarının bir veya birkaç tanesinde olumlu etkisi olurken diğerlerinde ters yönde etkisi olduğu görülmektedir. Bulgulara göre, her bir yenilenebilir enerji türüne yönelik şeffaf ve anlaşılabilir şekilde ayrı ayrı teşvik politikası araçları kullanılmasının, teşvikler ile istenilen hedeflere ulaşmada daha etkili olacağı sonucuna varılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Teşvik Politikaları, Enerji Politikaları, Sabit Etki, Dinamik Panel Teknikleri.

SUMMARY

ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY INCENTIVE POLICIES IN TURKEY AND OECD COUNTRIES

Although oil, coal and natural gas, which are referred to as fossil energy resources, are still used predominantly, concerns about the shortening of their predicted depletion life, the gases like CO₂, NO_x, that lead to greenhouse effect cause global warming and air pollution, energy security, access to energy, etc., force economies to use alternative energy sources. Due to the fact that it causes minimal damage to the environment and feeds from an inexhaustible source, renewable energy draws attention as the best alternative to the negativities of fossil fuels. On renewable energy, which is classified as hydraulic, biomass, solar, wind, geothermal and wave energy, especially due to the developments in solar and wind energy technologies. In addition, various incentive policies are implemented by the countries due to the economic, financial and technical obstacles in front of the development of renewable energy. With the increasing interest in renewable energy, studies investigating the effects in the economic field and the effectiveness of the implemented policies have started to increase. The aim of this study is to empirically analyze the effectiveness of renewable energy incentive policies implemented in 36 OECD countries, including Turkey between 2000-2019. In the established econometric model, solar energy, wind energy, bioenergy and total (excluding hydro) renewable energy installed capacity was used as the dependent variable. Explanatory variables; divided into policy variables and control variables. Control variables were also analyzed with a dynamic panel data model. The findings show that policies implemented for the development and deployment of renewable energy are generally effective in increasing renewable energy installed capacity as expected, but some of the policy tools do not have the expected effect and some of them have positive effects in one or more of the solar, wind and bioenergy fields, while others have an opposite effect. According to the findings, it is concluded that the use of separate incentive policy tools for each renewable energy type in a transparent and understandable way will be more effective in achieving the desired targets with incentives.

Keywords: Renewable Energy, Incentive Policies, Energy Policies, Fixed Effect, Dynamic Panel Techniques.

TEŞEKKÜR

“Türkiye ve OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikalarının Analizi” konulu tez çalışmamda değerli katkılarını ve desteklerini benden esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Gülден BÖLÜK’e, ilgi ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Ali KOÇ’a, Prof. Dr. Kemal TÜRKCAN’a ve Doç. Dr. Öznur ÖZDAMAR GIOVANİS’e çok teşekkür ederim.

Her türlü fedakârlıklarıyla bugüne gelmemde en önemli payı olan rahmetli annem ve babama sonsuz şükranlarımı ve saygılarımı sunuyorum. Ayrıca sevgisiyle ve desteğiyle bu süreci benim için kolaylaştıran sevgili eşim Birsen KAPLAN’a ve varlıklarıyla hayatıma anlam katan oğullarım Recep ve Yusuf Emir’e sonsuz teşekkür ederim...

GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun en temel ihtiyaçlarını karşılamada hayatın vazgeçilmez bir unsuru olarak kabul edilmekte, mal ve hizmetlerin üretilmesinde önemli bir girdi olarak büyümeye katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte hızla artan dünya nüfusu, teknolojik ilerlemeler ve refahtaki artışa paralel olarak ekonomilerin enerjiye olan talebi de giderek artmaktadır. Enerji arzının baskın çoğunluğunun sağlandığı fosil yakıtların mevcut üretim/tüketim rasyosuyla devam edilmesi durumunda 100-120 yıl gibi bir süre içinde tamamen tükeneceği öngörülmektedir. Özellikle petrolün büyük ölçüde istikrarsız Ortadoğu ülkelerinin kontrolü altında olması da petrol fiyatlarında volatiliteye ve 1970'lerde yaşanan petrol şokları gibi istikrarsızlıklara sebep olmaktadır. Tüm bunlara ilave olarak fosil yakıtlar, yaydığı sera gazları ile küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarını tetiklemekte, yeterli rezervi bulunmayan ülkelerin enerji açısından dışa bağımlı olmasına neden olmaktadır.

Sera gazlarının (GHG) artması küresel bir sorun teşkil ettiğinden, dünya ülkeleri Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (1992) ve Paris Konferansı (2015) gibi toplantılar düzenleyerek küresel düzeyde çözümler aramaktadır. Bu konferanslar sonucunda ortaya çıkan iki önemli anlaşma olan Kyoto Protokolü (1997) ve Paris Anlaşması (2016), sera gazı emisyonlarını azaltmayı ve küresel ortalama sıcaklık artışını endüstriyel dönem öncesine kıyasla 2°C'nin çok altında tutmayı amaçlamaktadır. Bu anlaşmalara göre, her bir taraf ülke, küresel ısınmaya karşı savaşmak için özel bir plan tasarlamalıdır. Yenilenebilir enerji, küresel ısınma ve iklim değişikliği meselesinin çözümüne katkı sağlamak üzere enerji kaynakları arasında en iyi alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılması, enerji güvenliğine ve sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya katkıda bulunmaktadır.

Hidrolik, biyokütle, güneş, rüzgâr, jeotermal ve dalga enerjisi olarak sınıflandırılan yenilenebilir enerjide, son yıllarda özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak maliyetlerin düşmesi ve ülke ve ülke grupları nezdinde öncelik verilen bir alan olarak teşvik edilmesi neticesinde dünya çapında hızlı bir ilerleme yaşanmaktadır. Literatürde yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel ısınmanın azaltılmasındaki kritik rolü ile ilgili genel bir fikir birliği olmasına rağmen ekonomik ve teknolojik olarak fosil yakıtlara göre dezavantajlı konumdadır. Bu tür engellerin üstesinden gelebilmek ise; yenilenebilir enerjinin kullanım alanları olan elektrik üretimi, ulaşım ve ısıtma/soğutma sektörlerinde doğru ve yerinde uygulanacak teşvik politikalarıyla mümkündür. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi dünyada etkili ve

öncelik verilen enerji politikalarından biri haline gelmiş, pek çok ülke, ulusal planlamanın önemli bir bileşeni olarak yenilenebilir enerji gelişimi için teşvikler ve niceliksel hedefler belirlemiştir.

Yenilenebilir enerjiye olan ilginin artmasıyla birlikte ekonomik alanda etkileri ve uygulanan politikalara ilişkin çalışmalar da yoğunlaşmaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji üretiminin politikalarla teşvik edilip edilmeyeceği, edilecekse hangi teşvik araçlarının uygulanması gerektiği konusunda tartışmalar hızlanmıştır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kurulu kapasitesinin teşvik edilmesinde uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini analiz etmek, karar vericiler açısından daha fazla önem kazanmıştır. Ayrıca IEA, 2020 yılının başından itibaren yaşanan Covid-19 salgını nedeniyle dünyada yenilenebilir enerji teknolojilerine olan yatırımların yavaşlayabileceğini vurgulamıştır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji teşviklerinin etkinliğini incelemek her zamankinden daha önemli hale gelmiştir. Diğer taraftan literatürde yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini niteliksel olarak değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, az sayıda ampirik çalışmada bu konu etraflıca tartışılmıştır.

Yenilenebilir enerji politikalarının etkinliği üzerine yapılan ampirik çalışmalardan elde edilen sonuçların etkin enerji politika dizaynına ve sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmada, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 36 OECD ülkesinde 2000-2019 yılları arasında uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikalarının etkinliğinin ampirik olarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasının birinci bölümünde enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji piyasalarındaki gelişmeler veriler ışığında değerlendirilmiştir. Bu kapsamda enerji kaynakları hakkında bilgiler verilerek yenilenebilir enerjinin kullanım alanları, Dünya, OECD ve Türkiye'de yenilenebilir enerji piyasaları ele alınmıştır. İkinci bölümde ayrıntılı olarak yenilenebilir enerji politikalarından bahsedilerek, teşviklerin verilmesindeki önemli hususlar ve uygulanan politika araçları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde OECD ülkelerinde ve Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikaları ele alınmıştır. Dördüncü bölümde ise öncelikle literatür çalışmalarından bahsedildikten sonra kurulan ekonometrik model yorumlanmıştır. Çalışma, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 36 OECD ülkesinin 2000-2019 yılı verileri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması neticesinde her geçen yıl politika uygulayan ülke sayısı ve veriler de değişmektedir. Tez çalışmasında, yenilenebilir enerjinin dünya çapında ivme kazandığı 2000 yılından sağlıklı veri bulunabilen 2019 yılına kadar olan güncel veriler kullanılmıştır. Bu bağlamda son zamanlarda daha fazla uygulama

alanı bulan ve daha önce etraflıca analizi yapılamayan net ölçümleme ve ihale gibi politika araçlarının etkileri de analize dâhil edilebilmiştir. Diğer taraftan literatürde yer alan çalışmalar büyük oranda bir veya birkaç yenilenebilir enerji türü için ya da politika aracı için yapılırken, çalışmada hidro hariç toplam yenilenebilir enerjinin yanı sıra güneş, rüzgâr ve biyoenerji için de ayrı modeller kurulmuştur. Ayrıca literatürdeki çalışmaların bir kısmı dinamik bir kısmı statik panel modelleri analiz konusu ederken, tez çalışmasında sabit etkiler modelinin yanı sıra kontrol değişkenleri yönünden dinamik panel analizi de yapılmıştır. Çalışmanın bu yönleriyle literatüre katkıda bulunacağı ve elde edilen sonuçların etkin enerji politika dizaynına ve sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve YENİLENEBİLİR ENERJİ

Enerji, genel kabul gören şekliyle iş yapabilme yeteneği ya da kapasitesi olarak tanımlanır. Her maddenin bileşiminde belli bir miktar potansiyel (birikmiş) enerji bulunmaktadır. İş yapmayan bu birikmiş enerjinin esas kaynağı ise güneştir. Güneşin yaydığı radyasyonun maddelerin yapısında birikmesi ve zamanla dönüşüme uğraması sonucunda, potansiyel bir güç meydana gelmektedir. Maddenin yapısında bulunan bu gizli gücü yanma, düşme, sürtme, sürtünme veya benzer bir fiziksel ya da kimyasal hareket ile açığa çıkarmak ve ondan, iş yapmakta yararlanmak mümkündür. Herhangi bir maddenin yapısında saklı olan potansiyel enerjinin, bu şekilde açığa çıkarılması durumunda sağlanan enerjiye, kinetik enerji denir. Örneğin, ırmak yatağı boyunca akan suyun bünyesindeki potansiyel enerji, yüksek bir set (baraj) inşa edilip, suyun borular içinde daha yüksek bir konumdan düşürülmesi durumunda artık kinetik enerji durumuna dönüşmüştür (Doğanay ve Coşkun, 2020:2).

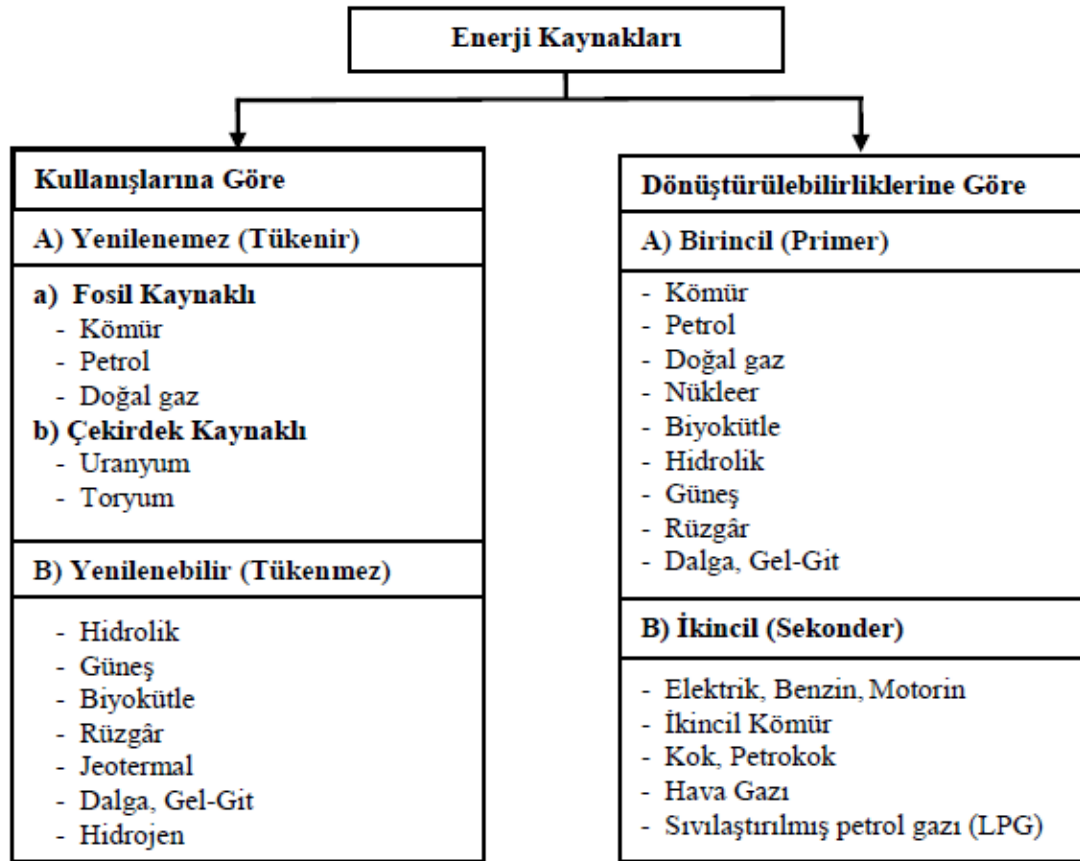
Enerjinin ölçülmesi için pek çok birim kullanılsa da ortak ölçü birimi Joule'dür ve "J" harfi ile gösterilir. Sonucun Joule cinsinden olabilmesi için kütlenin kg, hızın ise m/sn olması gerekir. Enerji konularında yapılan hesaplamalarda, belirli türden enerjinin miktarı ile bir türden diğerine dönüşmesi halinde dönüşüm oranına dikkat edilmelidir. Enerji Joule ile ölçülmesine karşılık, güç Watt (W) cinsinden ifade edilir. 1 Watt, bir saniyede dönüşen 1 Joule enerjiyi (J/sn) gösterir. Bu durumda güç, birim zamanda dönüşen enerji miktarıdır. Elektrik enerjisini ölçmek için en çok kullanılan birim Watt-saat (Wh)'tir ve bir saatte gerçekleşen enerji üretim/tüketim değerini gösterir. 1 kWh=1.000 Wh, 1 MWh = 1.000 kWh ve 1GWh=1.000 MWh'ye eşittir. Yüksek enerji miktarlarını ifade etmek için kullanılan 'Mtoe' ya da 'Mtep' milyon tona eşdeğer petrolün enerjisi anlamına gelir (Şen, 2002:20).

Enerji; ısınma, beslenme, sanayi, teknoloji, ulaşım ve pek çok alanda insanların en temel ihtiyaçlarının karşılanmasında sahip olunması gereken, günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. 1950'den bu yana iki kattan daha fazla artan dünya nüfusunun 2050'ye kadar %40 oranında yükseleceği öngörülmektedir. Dünya nüfusunun hızlı artışı, şehirleşme, teknolojiye ilerlemeler ve refahtaki artışla beraber tüketim kalıplarındaki değişimler nedeniyle enerjiye olan talep gitgide artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre, 1973'te 4.660 Mtep olan dünya enerji tüketimi, 2018 yılı itibarıyla iki kattan fazla artarak 9.938 Mtep seviyesine yükselmiştir.

Enerji talebindeki hızlı artış, devletleri ve uluslararası kuruluşları enerjinin elde edildiği kaynaklara sahip olmak, bu enerji kaynaklarını verimli ve ekonomik şekilde kullanabilmek ve gelecekte de bu kaynaklardan sürdürülebilir şekilde faydalanmak için yoğun bir çaba içine sokmuştur.

1.1. Enerji Kaynakları

Enerji, değişik kaynaklardan değişik yöntemlerle elde edilir. Enerji kaynakları olarak isimlendirilen bu kaynaklar, çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Enerji kaynakları, dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir (Koç ve Şenel, 2013:33). Yapılan bu ayrıma göre enerji kaynakları alt başlıkları itibariyle Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



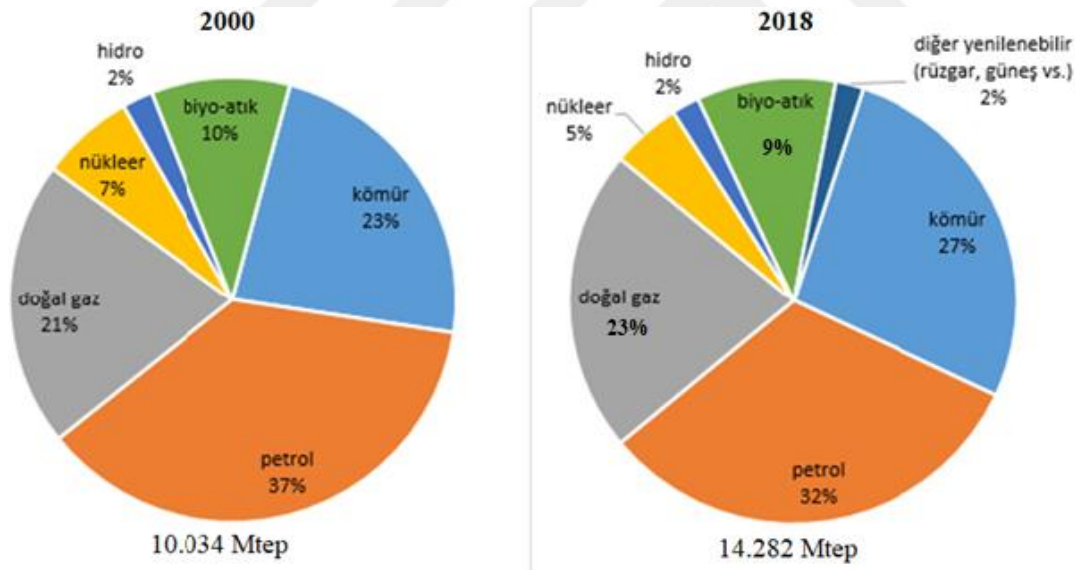
Şekil 1.1 Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Kaynak: Koç ve Şenel, 2013:33.

Birincil (primer) enerji, herhangi bir değişime ya da dönüşüme uğramamış enerjiyi ifade eder. Birincil enerji kaynakları; konvansiyonel ya da fosil enerji kaynakları olarak adlandırılan petrol, kömür, doğal gaz; yenilenebilir enerji kaynakları adı verilen hidrolik,

biyokütle, güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga-gelgit ve son olarak nükleer enerji kaynakları olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. İkincil (sekonder) enerji ise birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilir. Elektrik, benzin, kok kömürü, hava gazı, LPG ve hidrojen ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılır (Koç ve Şenel, 2013:33).

IEA tarafından yayınlanan enerji verilerine göre 2018 yılı için dünyada birincil enerji arz miktarı 14.282 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Grafik 1.1’de gösterildiği üzere, birincil enerji arzında en büyük paya sahip olan kaynaklar sırasıyla; petrol, kömür ve doğalgazdır. 2000 ile 2018 yılları arasında dünya toplam birincil enerji arzı yaklaşık %40 artmış (10.034 Mtep'den 14.282 Mtep'e) ve yapısı bir miktar değişmiştir. Petrol, enerji arzından en büyük payı almakla birlikte payı %37'den %32'ye gerilemiş, buna karşın kömürün payı 4 puan artarak %27 olmuştur. Doğalgaz arzı 1 puan artarak %22 olurken, nükleer enerjinin payı %7'den %5'e gerilemiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, biyoenerji ve hidroenerjinin enerji arzındaki payları sırasıyla %10 ve %2 olarak aynı kalırken, 2000 yılında %0,06 gibi yok denecek miktarda bir paya sahip olan rüzgâr, güneş gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimden aldığı pay 2018 yılında %2 seviyesine çıkmıştır.

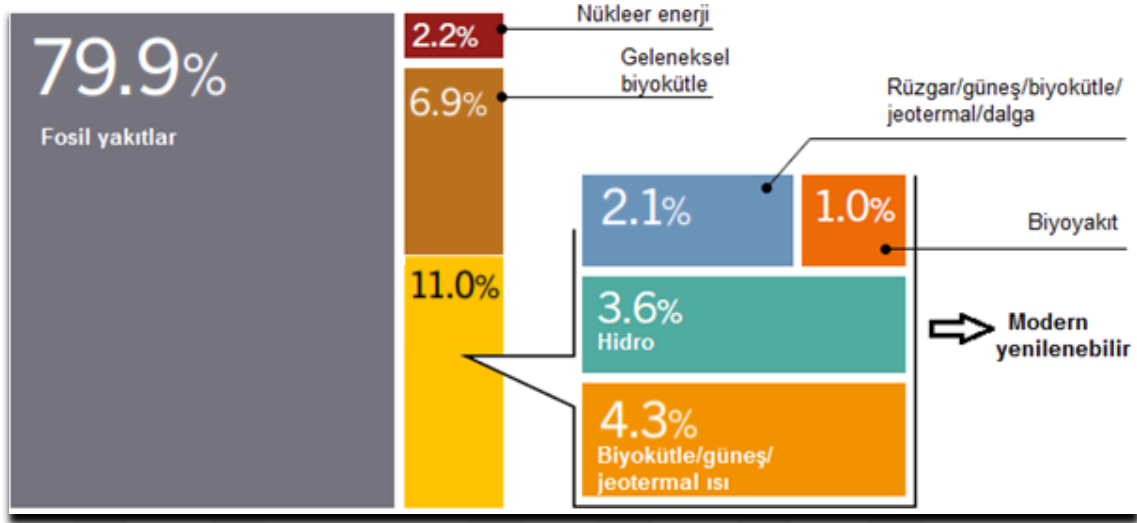


Grafik 1.1 Dünya Toplam Birincil Enerji Arzı (2000, 2018)

Kaynak: IEA verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 1.2’de gösterildiği üzere dünya nihai enerji tüketiminin baskın çoğunluğu (%79,9) fosil yakıtlar tarafından sağlanmaktadır. Odun yakıtları, tarımsal yan ürünler ve yemek pişirme ve ısıtma amacıyla yakılan gübre gibi geleneksel biyokütle %6,9 payla halen gelişmekte olan ülkelerde yaygın, ancak güvenli olmayan bir şekilde kullanılmaktadır. Dünya genelinde hidroenerji kaynaklı enerji tüketimi %3,6 iken, güneş, rüzgâr, jeotermal, modern

biyokütle ve dalga gibi diğer modern yenilenebilir enerjiler ise toplamda %7,4 oranında kullanılmaktadır.



Grafik 1.2 Dünya Nihai Enerji Tüketimi (2018)

Kaynak: REN21, 2020:32.

1.1.1. Fosil Kaynaklar

1.1.1.1. Kömür

Kömür, bataklıklarda çürümeden kurtulan bitki birikimlerinin, havasız ortam, basınç ve sıcaklık altında uzun yıllar boyunca fiziksel ve biyokimyasal etkilere maruz kalarak değişmesi sonucu oluşmaktadır. Kömürün oluşumu karbon çevrimine bağlı olduğundan %55 ile %90-95 oranında karbon içermektedir. Kömürleşme sürecinde içerdiği karbon miktarı giderek artarken, hidrojen ve oksijen oranları azalmaktadır (MTA, 2021). Kömür, organik olgunluğuna göre farklı tiplere ayrılmaktadır. Genel olarak mat görünüşte, kırılğan ve yumuşak olan linyit ve alt bitümlü kömürlerin nem oranları yüksek, karbon içerikleri ise düşüktür. Genellikle parlak ve sert görünüşte olan antrasit ve bitümlü kömürler ise düşük nem içeriğine ve yüksek karbon oranlarına sahiptir. En yüksek karbon/enerji miktarına sahip olan antrasit doğada son derece sınırlı sayıda bulunmakta olup, daha çok teshin/sanayi alanına kullanılmaktadır. Bitümlü kömür, demir çelik endüstrisi, çimento fabrikaları ve kısmen elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Düşük kalorili kömürler olan alt bitümlü kömür ve linyit ise genelde elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır (ETKB, 2019).

Tablo 1.1'de gösterildiği üzere, dünya genelinde 80 civarında ülkede bulunan kanıtlanmış kömür rezervlerinin toplam 1.069 milyar ton civarında olduğu ve toplam kömür üretim ve tüketim değerleri dikkate alındığında, yaklaşık 132 yıl ömrü bulunduğu tahmin edilmektedir. ABD, %23,3 pay ile kanıtlanmış kömür rezervlerinin en büyük kısmına sahiptir. ABD'yi sırasıyla Rusya Federasyonu, Avustralya ve Çin izlemektedir. OECD ülkelerinin

toplam rezervler içindeki payı %46,9 iken Türkiye'nin payı ise %1,1'dir. Dünya kömür üretim ve tüketim miktarlarına bakıldığında, en fazla işlem yapan ülke olan Çin'in tahminen 37 yıl sonra kaynaklarını tüketeceği öngörülmektedir. ABD, Rusya Federasyonu, Avustralya ve OECD ülkelerindeki kömür rezervlerinin ömrünün ise mevcut üretim düzeyinde 300 yılın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir.

Türkiye'nin dünya kömür üretimindeki ve tüketimindeki payı sırasıyla %0,4 ve %1,1 düzeyinde olup, tahminen 140 yıl sonra kömür kaynaklarının tükeneceği öngörülmektedir. Türkiye'nin sahip olduğu kömür rezervlerinin çoğunluğu ısı değeri düşük olan linyit/alt bitümlü kömürden oluşmakta olup, genellikle termik santrallerde kullanılmaktadır.

Tablo 1.1 Dünya Kanıtlanmış Kömür Rezervleri (2019)

Ülke/Grup	Antrasit ve bitümlü kömür (mil. ton)	Alt bitümlü kömür ve linyit (mil. ton)	Toplam Rezerv (mil. ton)	Dünya Rezervi Payı (%)	Dünya Üretimi Payı (%)	Dünya Tüketimi Payı (%)	R/P Oranı ¹ (yıl)
ABD	219.534	30.003	249.537	23,3	8,5	7,2	390
Avustralya	72.571	76.508	149.079	13,9	7,8	1,1	294
Çin	133.467	8.128	141.595	13,2	47,6	51,7	37
Hindistan	100.959	5.073	105.931	9,9	7,6	11,8	140
Rusya Fed.	71.719	90.447	162.166	15,2	5,5	2,3	369
AB Ülkeleri	23.434	53.051	76.485	7,2	2,7	4,9	209
OECD Ülkeleri	324.066	177.130	501.196	46,9	20,2	20,3	308
Türkiye	550	10.975	11.525	1,1	0,4	1,1	140
Toplam Dünya	749.167	320.469	1.069.636	100,0	100,0	100,0	132

Kaynak: BP, 2020.

Kömürün 2040 yılında küresel birincil enerji arzı içindeki payı; IEA “Belirlenen Politikalar Senaryosu”nda %21,3 olarak öngörülmüş olup, bunun yanı sıra Birleşmiş Milletlerin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’nden türetilen ve Paris Anlaşması hedefleri ile uyumlu olan, yenilenebilir yakıtların kullanımlarının artacağı ve karbon salımlarının azalacağı öngörülerine dayalı daha iyimser “Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu”nda dahi %11 düzeyinde öngörülmektedir. Kömür fiyatları da 2008 yılında yaşanan mevsimler zorlukları ve talep artışına bağlı yüksek fiyat artışı haricinde son 20 yılda ortalama 50-70 ABD Doları arasında değişmekte olup, diğer yakıtlara nispeten istikrarlıdır. Dolayısıyla, ülkelerin mevcut

¹ *(R/P) oranı: Kalan rezervlerin 2019 yılı üretimine oranıdır. Üretime devam edilmesi durumunda kalan rezervlerin dayanacağı süreyi gösterir.

enerji politikalarını ilerleyen yıllarda fazla değişmeden sürdüreceği, dolayısıyla kömürün dünya enerji bileşimi içerisindeki belirleyici konumunu en azından 20 yıl daha sürdüreceği tahmin edilmektedir (Tamzok, 2020:225).

Bununla birlikte Avrupa Birliği'nde (AB) giderek artan sayıda ülkede kömürden elektrik üretimi yok olmakta ya da önemsiz hale gelmektedir. Avusturya ve İsveç, 2020 yılında son kömür santrallerini kapatmış, Portekiz ise 2021 yılı içinde kapatmayı planlamaktadır. Diğer pek çok AB ülkesinde de karbon vergileri kömür üreticilerini caydırmaya devam etmektedir. Diğer taraftan küresel kömür talebi, Covid-19 kısıtlamaları ve bunun sonucunda ortaya çıkan ekonomik daralma nedeniyle düşen elektrik talebi nedeniyle 2020 yılında, 2. Dünya Savaşı'ndan bu yana en büyük düşüşünü yaşayarak %4 oranında azalmıştır (IEA, 2021a:19).

1.1.1.2. Petrol

Dünyadaki en önemli enerji kaynaklarından biri olan petrol; karbon, hidrojen vb. hidrokarbonlardan oluşur. Gaz halinde olan hidrokarbonlar doğal gaz, sıvı halinde olanlar petrol ve katı halde olanlar ise bitümlü şist adını alırlar (Doğanay ve Coşkun, 2020:4). Tablo 1.2'de görüleceği üzere dünya kanıtlanmış petrol rezervleri toplam 1.733,9 milyar varil olup mevcut rezerv/üretim oranıyla yaklaşık 50 yıl ömrü kaldığı öngörülmektedir.

Tablo 1.2 Dünya Petrol Rezervleri (2019)

Ülke/Grup	Toplam Rezerv (milyar varil)	Dünya Rezervi Payı (%)	Dünya Üretimi Payı (%)	Dünya Tüketimi Payı (%)	R/P Oranı (yıl)
Kanada	169,8	9,8	5,9	2,4	82,3
ABD	68,9	4	17,9	20,3	11,1
Venezuela	303,8	17,5	1	0,4	500+
Rusya Fed.	107,2	6,2	12,1	3,3	25,5
Orta Doğu Ülkeleri	833,8	48,1	31,9	9,3	75,3
OPEC	1.214,7	70,1	37,5	12,5	93,6
OECD	260,1	15	29,8	47	25,1
AB	5	0,3	1,6	13,2	9
Toplam Dünya	1.733,9	100	100	100	49,9

Kaynak: BP, 2020.

Diğer emtialar gibi temel bir arz talep dengesine sahip olan petrolün fiyat mekanizması diğer piyasalardan farklı işlemektedir. Petrol rezervlerinin sınırlı olması, kanıtlanmış petrol rezervlerinin yaklaşık %70'inin Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) üyesi ülkelerin kontrolünde olması, bu örgüte üye ülkelerin zaman zaman petrolü siyasi bir araç olarak kullanması ve bu ülkelerde yaşanan siyasi ve ekonomik istikrarsızlıklar gibi

faktörler petrol fiyatlarında dünya ekonomisini de derinden etkileyen dalgalanmalara sebebiyet vermektedir. 1973 yılında yaşanan Arap-İsrail Savaşında OPEC'in Arap üyelerinin, İsrail'i desteklediklerini düşündükleri ülkelere olan petrol ihracatına yönelik ambargo uygulaması, 1978 yılında yaşanan İran Devrimi, 1980 yılındaki İran-Irak savaşı, 1990 yılında yaşanan Irak'ın Kuveyt'i işgali, 2011 yılındaki Arap Baharı gibi olaylar petrol üretimi ve ihracatının önemli oranda kesintiye uğramasına ve volatiliteye neden olmuştur (Elmas, 2019:35).

2019 yılında dünyada gerçekleşen petrol üretimi 95,2 milyon varil/gündür. Türkiye'de ise 2019 yılı sonuna kadar toplam 5.063 adet kuyu açılmış olup, kalan üretilebilir petrol rezervi 51 milyon tondur. Türkiye'nin petrol ve doğal gaz kaynaklarını ekonomiye kazandırmak ve dışa bağımlılığını azaltmak amacıyla denizlerde arama çalışmaları hızlanmış olup, bu kapsamda iki adet sismik gemi ve üç adet sondaj gemisi faaliyete geçmiştir. Türkiye'nin 2019 yılında 31 milyon ton olarak gerçekleşen ham petrol ithalatının yanı sıra 13,7 milyon ton petrol ürünü ithalatı da bulunmaktadır. Buna karşın 14,3 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir (ETKB, 2021a). Mevcut üretim miktarına devam edilmesi durumunda, Türkiye'nin petrol rezervlerinin 18 yıl gibi kısa bir süre sonra tükeneyeceği tahmin edilmektedir. Türkiye'deki petrol sahaları %93 oranında küçük sahalardan, kalanı orta büyüklükteki sahalardan oluşmaktadır. Türkiye'de büyük rezerv barındıran saha bulunmadığı gibi, sahaların çoğunluğu yaşlı olduğundan verimleri de giderek düşmektedir (TPAO, 2019).

1.1.1.3. Doğalgaz

Petrolün bir türevi olan doğalgaz; metan, propan, bütan gibi gazlardan oluşmaktadır. Mutfak gazı ve ısınma gibi kullanım alanlarının yanı sıra sanayinin enerji ihtiyacını karşılama konusunda da büyük rol oynamaktadır. Yakıt olarak yaygın biçimde kullanılmakta olan doğalgaz, çevrim santrallerinde elektrik üretiminde ve sanayi tesislerinde hammadde olarak da kullanılmaktadır (Doğanay ve Coşkun, 2020:4).

Tablo 1.3'te görüleceği üzere dünya kanıtlanmış doğalgaz rezervleri toplam 198,8 trilyon m³ olup mevcut rezerv/üretim oranıyla yaklaşık 50 yıl ömrü kaldığı öngörülmektedir. Dünya rezervlerindeki pay oranlarına göre Rusya Federasyonu %19,1 ile en zengin rezervlere sahip ülke iken coğrafya olarak en zengin bölge, İran ve Katar'ın başını çektiği Orta Doğu'dur. OECD ülkeleri %10,1 rezerv payına sahip olmalarına rağmen üretimde %37,8 paya, tüketimde %45,8 paya sahiptirler.

Tablo 1.3 Dünya Doğalgaz Rezervleri (2019)

Ülke/Grup	Toplam Rezerv (tril.m ³)	Dünya Rezervi Payı (%)	Dünya Üretimi Payı (%)	Dünya Tüketimi Payı (%)	R/P Oranı* (yıl)
ABD	12,9	6,5	23,1	21,5	14
Rusya Fed.	38	19,1	17	11,3	55,9
İran	32	16,1	6,1	5,7	131,1
Katar	24,7	12,4	4,5	1	138,6
Top. Ortadoğu	75,6	38	17,4	14,2	108,7
OECD	20,1	10,1	37,8	45,8	13,3
AB	0,7	0,3	2,5	12	13,3
Toplam	198,8				49,8

Kaynak: BP, 2020.

Türkiye'de 2019 yılında yaklaşık 45,3 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş, buna karşın toplam 483 milyon m³ üretim yapılmıştır. Dolayısıyla ithalata bağımlılık oranı %99'un üzerindedir. Türkiye'nin kalan doğalgaz rezervinin yaklaşık 3,36 milyar m³ olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de son dönemlerde Doğu Akdeniz ve Karadeniz'de petrol ve doğalgaz arama çalışmaları hızlanmıştır. Bu amaçla 3 adet sondaj gemisi ve 2 adet sismik arama ile gemisi ile milli enerji politikaları doğrultusunda çalışmalar devam etmektedir. Yapılan son çalışmalarla Karadeniz'deki toplam doğalgaz rezervinin 405 milyar m³'e yükseldiği yönünde bulgular olsa da henüz resmi kayıtlara yansımamıştır (ETKB, 2021b).

Diğer bir yeraltı enerji kaynağı olan şeyl gazı ya da genelde bilinen ismiyle “kaya gazı” ise; organik maddece zengin kayalardan hidrolik çatlama yoluyla üretilen konvansiyonel olmayan bir gazdır. Şeyl gazının bileşimi %95 metandan (CH₄) oluşur. ABD'de kaya gazının üretime geçmesiyle ABD borsasında doğal gaz fiyatları yarı yarıya düşmüştür. 2020 yılından itibaren ABD'nin doğal gazlar açısından iç üretimi ve iç tüketimi birbirini karşılayacak seviyeye geleceği öngörülmektedir. Türkiye'de kayagazı potansiyeli ve arama çalışmaları dünyanın önemi enerji şirketleri ile “TPAO” arasında imzalanan protokollerle Güney Doğu Anadolu Bölgesi ve Trakya Havzamızdaki sahalarda sürmektedir. Hazırlanan raporlarda Türkiye'nin üretilabilir kaya gazı potansiyelinin yaklaşık 500 milyar m³ olduğu tahmin edilmekle birlikte, yatırım ve sondaj maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle Türkiye'de kaya gazı üretimine geçilebilmesi için 10 yıllık bir süreye ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Sarı, 2015).

1.1.2. Nükleer Enerji Kaynakları

Nükleer enerji, herhangi bir yakıtın yakılmasıyla değil, atomların bölünmesiyle üretilir. Tüm maddeler atom denen küçük parçacıklardan oluşur. Her atom, elektronlarla çevrili proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdekte meydana gelir. Atomun çekirdeği ikiye bölündüğünde enerji ortaya çıkar. Bu sürece nükleer füzyon adı verilir (Morgan, 2003:42).

Nükleer enerji, 1970'li yılların başında patlak veren petrol krizi ile birlikte, petrol rezervleri yetersiz olan ülkelerin petrole olan bağımlılıklarını azaltma için yöneldikleri alternatif bir kaynak olmuştur. Bununla birlikte 1979 yılında ABD'de Three Mile Island, 1986 yılında Sovyet Rusya'da Çernobil, 2011 yılında Japonya Fukushima kazaları nükleer santrallerin hızını yavaşlatmış ve Almanya ve Japonya gibi ülkelerde nükleer reaktörlerini kapatmaya başlamış olsa da dünya genelinde nükleer enerji kullanımı ve yeni nükleer reaktör kurulumu sürmektedir. Temmuz 2020 itibarıyla, 31 ülkede 440 nükleer reaktör faal halde bulunmakta olup, 19 ülkede 54 adet nükleer reaktörde inşaat halindedir. Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 4 ülkede ilk defa nükleer kurulacaktır. Ülke bazında bakılırsa Fransa elektrik talebinin yaklaşık %71'ini, Ukrayna %54'ünü, İsveç %34'ünü, Belçika %48'ini, Avrupa Birliği %28'ini, Güney Kore %26'sını ve ABD %20'sini nükleer enerjiden karşılamaktadır (ETKB, 2021c).

Tablo 1.4 Dünya Nükleer Enerji İstatistikleri (2019)

Ülke/Grup	Faal Reaktör	İnşa Halinde Reaktör	Net Toplam Kapasite (MW)	Dünya Tüketimi Payı (%)
ABD	99	2	99.680	30,5
Fransa	58	1	63.130	14,3
Rusya Fed.	37	6	28.177	7,5
Çin	46	11	42.858	12,5
AB Ülkeleri	125	5	117.606	29,4
OECD Ülkeleri	313	14	295.137	71,3
Toplam	457	54	401.837	

Kaynak: BP, 2020; IAEA, 2020.

Tablo 1.4'te gösterildiği üzere, nükleer santrallerdeki kurulu kapasite toplam 401.837 MW olup, nükleer santrallerden elde edilen enerjinin %73,2'si başta ABD (%31,5) ve Fransa (%15,4) olmak üzere OECD ülkelerinde üretilmektedir. Ülkelerin nükleer enerji tüketiminden aldıkları paylar da üretimden aldıkları paylara paraleldir.

Türkiye'de nükleer güç santrali konusunda özellikle son yıllarda oluşan politik irade sonucunda 2010 yılında Rusya Federasyonu ile Akkuyu sahasında nükleer güç santrali tesisine ve işletimine dair işbirliği anlaşması imzalanmıştır. 2017 yılında Türkiye Atom

Enerjisi Kurumunun (TAEK) santrale ilişkin sınırlı çalışma iznini onaylaması ile Akkuyu sahasında nükleer güvenlikle ilgili olmayan yapıların inşasına başlanmıştır. İnşaat lisansının Nisan 2018’de onaylanması neticesinde temeli atılan Akkuyu Nükleer Santralinin ilk ünitesinin 2023 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır. Diğer taraftan Sinop’ta Türkiye’nin ikinci nükleer santralinin kurulması için 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile nükleer santral yapımı ve işbirliğine ilişkin hükümetler arası anlaşma imzalanmış olmasına rağmen maliyetler nedeniyle protokol iptal edilmiş olup, yeni tedarikçi arayışı sürmektedir (ETKB, 2021c). Diğer taraftan Türkiye’nin üçüncü nükleer santralinin kurulumu için ülkenin en büyük talep noktası olması açısından Trakya bölgesi öne çıkmaya başlamış olup, değerlendirmeler devam etmektedir.

1.1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, IEA tarafından "tüketilmesinden daha hızlı oranda kendilerini yenileyebilen doğal süreçlerden türetilmiş enerji" olarak tanımlanmakta ve yenilenebilir enerji kaynakları hidrolik, biyokütle, güneş, rüzgâr, jeotermal ve dalga (okyanus) olmak üzere 6 başlıkta sınıflandırılmaktadır (IEA, 2021b).

1.1.3.1. Güneş

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon süreci ile açığa çıkan ışıyım enerjisidir. Güneş enerjisi, çeşitli termonükleer tepkimeler sonucunda, hidrojenin üç atom ağırlığındaki helyum izotopları ile dört atom ağırlığındaki orijinal helyuma dönüşümü sonucunda ortaya çıkmaktadır (Öztürk, 2008:4). Başlıca kullanım alanları elektrik üretme, ısıtma ve su arıtma olan güneş enerjisinin dünya çapında kullanımı ve popülerliği gün geçtikçe artmaktadır.

İnsanlık tarihinde güneş enerjisinden faydalanma fikri çok eskilere dayanmakla birlikte, savaşlar ve petrol fiyatlarının düşük olması nedeniyle, güneş enerjisiyle çalışan birkaç icat ve makine haricinde 1950’lere kadar bu alanda önemli bir ilerleme kaydedilememiştir. Güneş enerjisine yönelik ilk büyük sempozyum 1954 yılında Yeni Delhi’de yapılmış, 1973 yılında Paris’te UNESCO tarafından toplanan konferansta o zamana kadar yapılan güneş enerjisi araştırmalarının tamamı gözden geçirilmiştir. Aynı yıl patlayan petrol krizi ise araştırmacıları alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. 1954 yılında Bell laboratuvarında icat edilen güneş pilleri güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren aygıtlar olarak, ilk zamanlarda en uygun gereç olduklarından büyük ölçekli olarak uzay çalışmalarında

kullanılmışlar, verimlerinde artış ve fiyatlardaki düşmeyle birlikte daha yaygın kullanım alanı bulmuşlardır (Yiğit ve Atmaca, 2010:11).

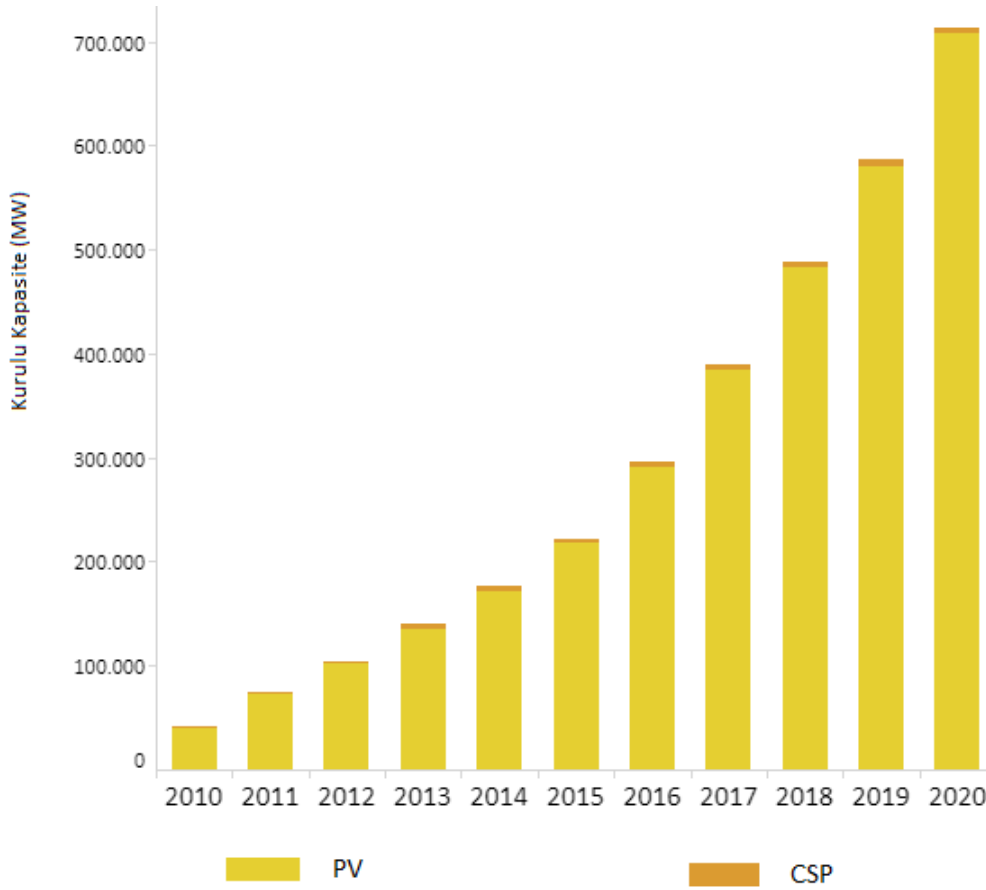
Güneş enerjisinden elektrik üretimi, fotovoltaik (PV) ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemleri olmak üzere iki ana yöntemle gerçekleştirilir. Dünyada kurulu güneş enerjisi sistemleri %98-99 oranda güneş fotovoltaik sistemleridir. Güneş pilleri olarak da adlandırılan fotovoltaikler panel yüzeyine gelen güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren, yarı iletken maddelerden tasarlanan elektronik cihazlardır. En çok tercih edilen yarı iletken madde silisyumdur. Genelde, alanları 100 cm², kalınlıkları 0,2-0,4 mm olan güneş hücrelerinin yüzeyleri, dikdörtgen, kare ve daire şeklindedir. Güneş hücrelerinin üzerine düşen güneş ışığı, uçlarında elektrik gerilimi oluşturur. Güneş pilleri teknolojiye gelişmelerle birlikte günümüzde %10 ile %30 arasında değişen verimle elektrik enerjisi üretebilmektedir (Öztürk, 2008:201). Kurulumu ve taşınması kolay olan fotovoltaik hücrelerin, kurulumu gerçekleştikten sonraki maliyeti neredeyse yoktur ve bu hücreler güneşten yararlandığı için dışa bağımlı değildir (Atik, 2013:189). Güneş PV sistemleri ticari ölçekte elektrik sağlamak için bir araya getirilebileceği gibi küçük çaptaki veya kişisel kullanım amacıyla da düzenlenebilir. Günümüzde halen büyük bir sorun olan elektrik erişimine çözüm olarak, yeterli güneş kaynağına sahip gelişmekte olan ülkelerde, enerji iletim hatlarına yakın olmayan bölgelere ve insanlara elektriğe ulaşma imkânı sağlar (IRENA, 2021a).

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemlerinde ise, PV sistemlerinden farklı olarak, güneş enerjisinden öncelikle ısı elde edilir. Elde edilen ısı doğrudan kullanılabileceği gibi, sudan buhar elde edilerek jeneratöre bağlı bir motoru çalıştırmak suretiyle elektrik üretiminde de kullanılabilir (ETKB, 2021d). PV hücrelerinin verimliliğinde sürekli iyileşme olsa da, CSP sistemleri güneş enerjisi verimliliğinde hızlı artış sağlamak için anahtar bir rol üstlenebilir. Bu sistemler, güneş enerjisini PV hücrelerine yoğunlaştırmak için kullandıkları Fresnel lensler ve aynalar gibi optikler ile gerekli yüksek verimli hücre alanını azaltır. Ayrıca, panellerde her zaman maksimum güneş ışını oluşumunu sağlamak için izleme sistemleri kullanır. Bu teknoloji, doğrudan normal ışınımın yılda 2000 kWh / m²'yi aştığı alanlarda en verimli şekilde kullanılır. CSP sistemleri gece gündüz farkı olmaksızın, ihtiyaç olduğunda enerji sağlayabilmesi açısından özellikle büyük ölçekli elektrik santrallerinde tercih edilen sistemlerdir (WEC, 2016:12).

CSP sistemleri efektif olarak ancak 20 MW'dan büyük ölçekli projelerde uygulanabilmekteyken, PV sistemleri teknolojik olarak daha basit olup, küçük ölçeklerle de kurulabildiğinden hem konutlarda hem de sanayi sektöründe kullanılabilmektedir. CSP

santrallerinin, güneş fotovoltaik santrallerine göre avantajlı olduğu noktalardan biri, güneşin batmasından sonra da elektrik üretilmesini sağlayan, ısı depolanabilecek erimiş tuzlarla donatılabilmesidir (IRENA, 2021a). CSP santralının diğer bir avantajı enerji toplama yüzeyinin düz plaka sistemiyle karşılaştırıldığında, daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi ve bunun sonucunda daha yüksek bir termodinamik verimin elde edilebilmesidir. Ayrıca yansıtıcı yüzeylerin yapısal olarak düz panel kolektörlerinden daha basit ve az malzeme gerektirmesi nedeniyle, güneş toplama yüzeyinin birim alandaki maliyeti PV sistemlerinkinden daha düşüktür. Diğer taraftan CSP sistemleri, konsantrasyon oranına bağlı olarak az miktarda dağınık radyasyon toplar. Ayrıca kolektörün güneşi takip edebilmesi için bir çeşit izleme sistemi gereklidir. Bu sistemin diğer bir dezavantajı ise güneşi yansıtan yüzeylerin zamanla yansımalarını kaybederek periyodik temizlik ve yenileme gerektirmesidir. Bu hususlar dikkate alındığında CSP sistemlerinin nispeten bulutsuz, kurak veya yarı kurak alanda bölgelerde, PV sistemlerine göre birim açıklık alanı başına daha fazla radyasyon yakalayabildiği ve daha fazla tercih edileceği söylenebilir (GENI, 2011:29).

Güneş enerjisi sistemleri havayı kirletmedikleri ve karbondioksit üretmedikleri için çevre üzerindeki olumsuz etkisi yok denecek kadar azdır. Bununla birlikte güneş enerjisinin bazı sınırlamaları vardır. En başta dünya üzerine gelen güneş ışığı miktarı sabit değildir. Güneş ışığı miktarı, bölgeye, günün saatine, yılın mevsimine ve hava koşullarına bağlı olarak değişir. Ayrıca dünya yüzeyinin bir metrekaresine ulaşan güneş ışığı miktarının nispeten az olması nedeniyle yararlı miktarda enerji emmek veya toplamak için geniş bir yüzey alanı gerekir (EIA, 2019a).



Grafik 1.3 Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Kapasitesi (2010-2020)

Kaynak: IRENA, 2021a.

IEA'nın 5 yıllık tahminlerine göre dünyadaki yenilenebilir enerji kapasitesinin 2019-2024 yılları arasında %50 kadar büyüyeceği, bu büyümenin de büyük ölçüde güneş PV büyümesine dayanacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda, hanehalkı, işletmeler ve sanayi tarafından kendi elektriğini üretmek için güneş enerjisi sistemlerinin kullanılması hızlanacaktır. Öyle ki bu şekilde dağıtılan güneş PV kapasitesinin, önümüzdeki beş yıl içinde iki katından daha fazla artarak, tüm solar PV büyümesinin yaklaşık yarısına ulaşacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2019a).

1.1.3.2. Rüzgâr

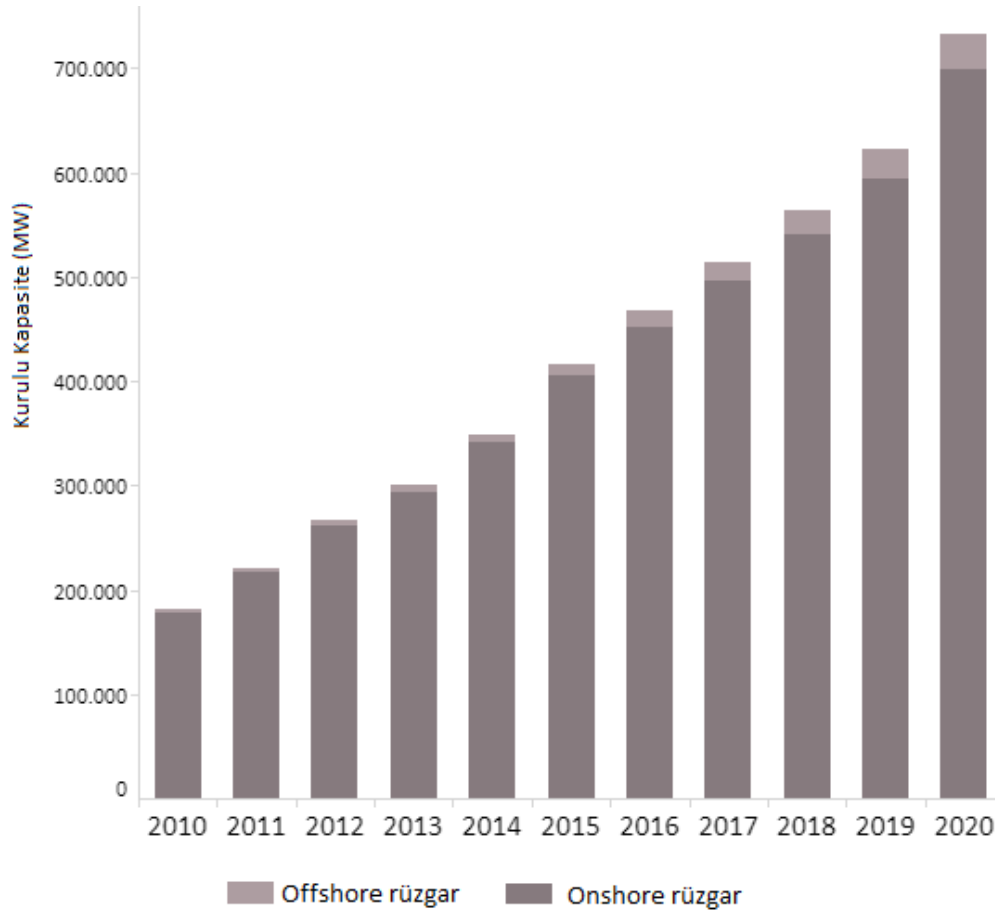
Güneşten kaynaklanan radyasyonun yer yüzeyini farklı ısıtması sonucunda, havanın sıcaklığı, nemi ve basıncında meydana gelen farklılık, havanın hareketine yani rüzgâra neden olur. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2 kadarı rüzgâr enerjisine dönüşür (ETKB, 2021e). Elektrik jeneratörünün 1830'larda icat edilmesinin ardından, mühendislerin rüzgâr enerjisinden elektrik üretmek için yapıları çalışmalar sonucunda, ilk rüzgâr tribünleri 19.yy sonlarından itibaren ABD ve Avrupa'da kullanılmaya başlanmıştır. Rüzgâr tribünlerine gelen

rüzgâr ilk önce türbindeki kanatlara çarparak türbinin dönmesini sağlar. Dönen türbinlerin jeneratöre bağlı bir şaftı hareket ettirmesiyle rüzgârda bulunan kinetik enerjiden elektrik enerjisi elde edilir (IRENA, 2021b).

Rüzgâr enerjisi; aydınlatmada, yüksek kurulu güç santrallerine katkı olarak ya da çiftlik ve büyük ölçeli sulama projelerinde kullanılır. Temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olması, kurulumunun diğer enerji santrallerine göre daha hızlı olması ve santralin kurulduğu arazinin tarım alanı olarak da kullanılabilmesi gibi avantajlarının yanı sıra ortaya çıkardığı gürültü, gücün kesikli olması ve türbinlerin kuş hayatını etkilemesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi santrali kurulması aşamaları ise şu şekildedir (Şen, 2002:129).

- Potansiyeli olan arazinin seçimi,
- En az bir yıl boyunca kayıt yapılması,
- Verilerin uygun analizinin yapılması,
- Uygun santral kapasitesi seçimi ve projenin hazırlanması,
- Gerekli izinlerin alınması,
- Zemin çalışmasının yapılması,
- Türbinlerin kurulması,
- Elektrik iletim hatlarının çekilmesi ve deneme üretimi.

Rüzgâr tribünleri, denizden karaya doğru esen rüzgârları yakalamak için karada kurulan karaüstü (onshore) rüzgâr tribünleri ve karadan denize doğru esen rüzgârlardan faydalanmak için ülkelerin genelde kıta sahanlıklarındaki açık denizlerde kıyıya uzak yerlerde konumlandıkları denizüstü (offshore) rüzgâr tribünleri şeklinde kurulabilirler. Rüzgâr hızının daha tahmin edilebilir olması açısından denizüstü rüzgâr tribünlerinden elde edilen enerji düzeyi daha istikrarlı olup, tribünlerin üretim kapasitesi de daha fazladır. Buna karşın, karaüstü rüzgâr tribünleri, uzun zamandır kullanılıyor olması, bakım ve ulaşılabilirliklerinin daha kolay olması nedeniyle dünya genelinde -deniz kıyısının uygun ülkelerde dahi- daha çok tercih edilirler (Greencoast, 2019).



Grafik 1.4 Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasitesi (2010-2020)

Kaynak: IRENA, 2021b.

Grafik 1.4'te gösterildiği üzere dünya rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi son 10 yılda yaklaşık 4 kat artmıştır. Ayrıca kurulu kapasitenin yaklaşık %95 gibi büyük çoğunluğu onshore rüzgâr tesislerinde bulunmakla birlikte, offshore rüzgâr tesisleri son yıllarda kapasitesini nispeten daha hızlı artırmaktadır. IEA'nın son tahminlerine göre, 2024 yılı itibarıyla onshore rüzgâr kapasitesinin %57 artarak 850 GW'a çıkacağı, offshore rüzgâr kapasitesinin ise neredeyse üç kat (+43 GW) artarak 65 GW'a yükseleceği ve toplam dünya rüzgâr üretiminin neredeyse %10'unu karşılayacağı öngörülmektedir. 2020 yılında yaşanan Covid 19 salgını nedeniyle bir miktar yavaşlama görülmesine rağmen 2019 yılına göre rüzgâr kapasitesine ilaveler %8 daha fazla oranda 65 GW düzeyinde gerçekleşmiştir (IEA, 2021c).

1.1.3.3. Biyokütle

Güneş ışıınımı enerjisinin bitki kökenli olan türü biyokütledir. Biyokütle, biyosferde bulunan bütün bitki ve hayvan kökenli maddeleri içeren organik bir malzemedir. Bitkilerin güneş enerjisini fotosentez adı verilen bir süreçte emmeleri nedeniyle biyokütle güneşten depolanmış enerji içerir. Biyokütle yakıldığında, içindeki kimyasal enerji ısı olarak açığa

çıkar. Biyokütle doğrudan yakılabildiği gibi sıvı biyoyakıtlara veya biyogaza da dönüştürülebilir. Biyokütle örnekleri ve enerji için kullanımları şu şekildedir (EIA, 2019b):

- Odun ve odun işleme atıkları – ısıtma ve elektrik üretimi,
- Tarımsal ürünler ve atık maddeler – yakıt olarak kullanma veya sıvı biyoyakıtta dönüştürme,
- Çöpteki yiyecek, bahçe ve odun atıkları – elektrik üretimi ve biyogaza dönüştürme,
- Hayvansal gübreler ve insan lağımları – biyogaza dönüştürme.

Biyokütle üretmek için kullanılan organik maddeler sonsuzdur, çünkü sürekli olarak çöp, odun ve gübre gibi atıklar üretilir. Ayrıca fotosentezin doğal bir parçası olarak, biyokütle yakıtları, yaşam döngüleri boyunca bitkilerin emdiği miktarda karbonu atmosfere salgılar. Böylece doğada karbon miktarına etkide bulunmaz. Bir diğer avantajı, petrol sondajları, gaz boru hatları ve yakıt toplama gibi ağır bir sermaye harcaması gerektiren fosil yakıtlardan daha ucuza elde edilmesi ve atık üreticileri için ilave bir gelir kaynağı olmasıdır. Bunun yanında biyokütle enerjisi, fosil yakıtlar kadar verimli değildir. Ayrıca karbon açısından nötr olmasına rağmen, hayvan ve insan atığının kullanımı, aynı zamanda çevreye zarar veren metan gazı miktarını arttırmaktadır. Biyokütlenin diğer olası etkileri ise gelecekte odun kullanımının çok artması halinde ormansızlaşmaya yol açabilmesi, sürdürülebilir bir tarım politikası izlenmediğinde buğday, soya, mısır vb. temel yiyecek maddelerine erişimi zorlaştırması ve gıda fiyatlarının ve dünyadaki açlık düzeyinin yükselmesine yol açabilecek olmasıdır (Syntech, 2019).

Biyoenjerji kullanımı “geleneksel” ve “modern” olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Geleneksel kullanım, odun, hayvan atığı ve geleneksel kömür gibi formlardaki biyokütlenin yanmasını ifade eder. Modern biyoenjerji teknolojileri ise; bagasse (şeker kamışı veya sorgum saplarının ezilmesinden sonra kalan lifli kalıntısı) ve diğer enerji bitkilerinden üretilen sıvı biyo-yakıtları; biyo-rafinerileri; kalıntıların anaerobik (havasız) sindirimi yoluyla üretilen biyogazı; odun pelet ısıtma sistemlerini ve diğer biyoenjerji teknolojilerini kapsamaktadır (IRENA, 2021c).

Modern biyokütle enerji ormanları ve enerji tarımı yöntemleriyle elde edilir. Enerji ormanlarında enerji elde etme amacıyla hızlı şekilde büyüyen kavak türleri, okaliptüs, söğüt ve cynara gibi ağaç türleri yetiştirilmektedir. Dalları genelde 5 yılda bir budanarak biyokütle kaynağı olarak kullanılır. Diğer bir modern biyokütle yöntemi olan enerji tarımında, enerji elde etme amacıyla, şeker kamışı, C4 tipi bitki, miscanthus, şeker pancarı, mısır gibi yüksek verimli bitkilerin tohumları genetik olarak değiştirilmektedir (ETKB, 2021f).

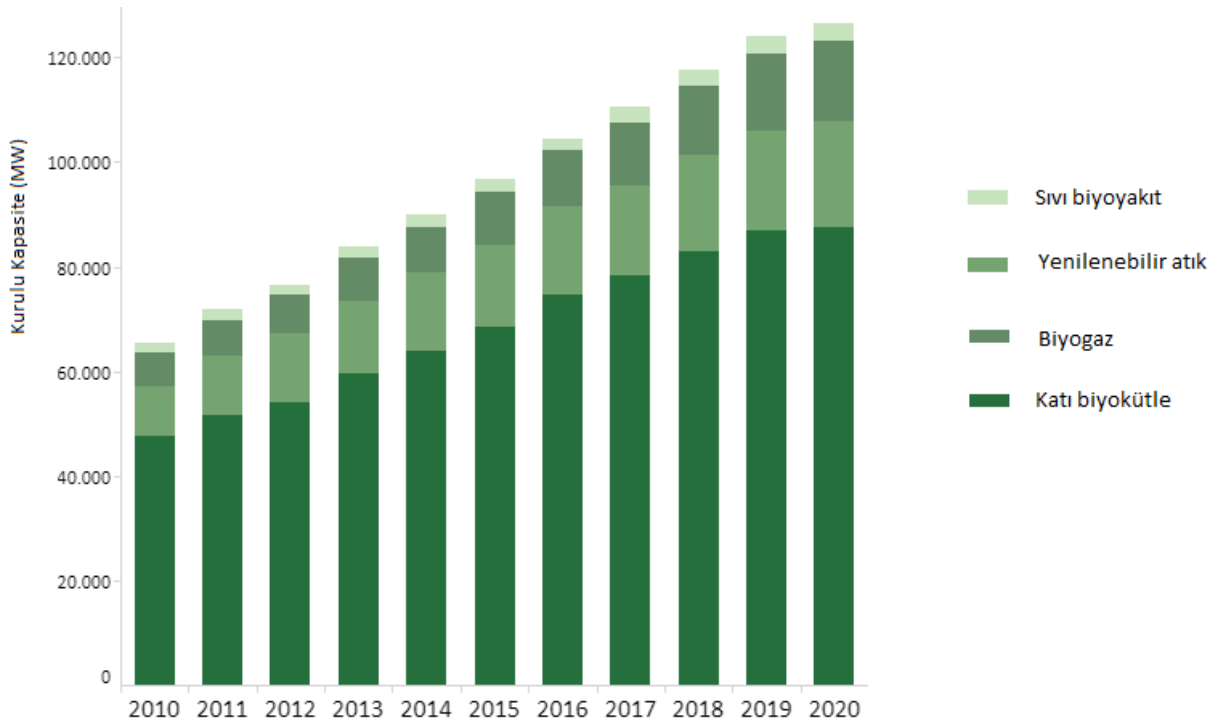
Modern biyoenerji önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Tüm sektörlerde nihai enerji talebine katkısı, geleneksel biyokütle kullanımı hariç tutulduğunda bile, rüzgâr enerjisi ve güneş PV'den beş kat daha yüksektir. Son yıllarda, elektrik ve ulaşım biyoyakıtlarına yönelik biyoenerji, özellikle daha yüksek politika desteği seviyelerine bağlı olarak hızla artmaktadır. Bununla birlikte, ısıtma sektörü en büyük biyoenerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Biyoenerji, bugün kabaca dünya toplam birincil enerji arzının onda birini oluşturmaktadır (IEA, 2021d).

Sıvı biyoyakıtlardan en önemlileri biyodizel ve biyoetanoldür. Biyodizel, sıvı biyoyakıtlar içinde dizel motor yakıtına en önemli alternatif konumundadır. Biyodizel; kanola, ayçiçeği, keten tohumu, pamuk, soya gibi yağ bitkilerinin tohumlarından, hayvansal veya atık yemeklik yağlardan elde edilen yağların bir katalizör olarak alkol ile transesterifikasyon adı verilen kimyasal reaksiyonu sonucu elde edilir. Araştırmalar biyodizelin dizel yakıtla kıyasla motor performans değerleri açısından benzer olduğunu, egzoz emisyon değerleri açısından ise daha temiz olduğunu göstermektedir (Budak vd., 2009:123). Biyoetanol ise kökeni nişasta ve şeker olan tarımsal ürünlerden elde edilen oktan sayısı yüksek biyoyakıtlardan birisi olup, nişastanın şekere dönüşmesinden sonra uygulanan fermantasyon sonucu elde edilir. Genellikle benzinle harmanlanarak kullanılan biyoetanol, benzinin daha verimli ve temiz yanmasına yardımcı olmaktadır. Ancak son zamanlarda motorinle harmanlanarak da kullanılmaktadır (Çokadar ve Yıldırım, 2021).

Biyogaz, organik maddelerin oksijensiz bir ortamda farklı mikroorganizma gruplarının etkisi altında biyometanlaştırma sürecine tabi tutulması sonucu ortaya çıkan; renksiz ve yanıcı bir gazdır. Biyogazın ana bileşenleri metan ve karbondioksittir. Ekonomik yönden pahalı olmayan biyogaz üretim teknolojisi, ilk yatırım maliyetini kısa sürede geri ödeyebilir. Biyogaz üreten sistemler enerji ısı ve elektrik enerjisinin yanında organik gübre de üretirler. Biyogaz doğrudan yakma, ısıtma ve ısınmanın yanında motor yakıtı olarak da kullanılabilir (Çokadar ve Yıldırım, 2021).

Dünyanın yenilenebilir enerji kullanımının yaklaşık dörtte üçü biyoenerjiyi içermekte olup, en fazla payı odun ve hayvan atıkları gibi geleneksel biyokütle kullanımı almaktadır. Çin, Brezilya, Hindistan gibi yüksek nüfusa sahip ülkeler için enerji arzını artırma konusunda biyokütlenin önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Biyokütle, ısıtma veya elektrik üretimi için doğrudan yakılabileceği gibi, yağ veya gaz ikamelerine de dönüştürülebilir. En yaygın kullanılan sıvı biyoyakıtlar olan biyoetanol ve biyodizel ise akaryakıt sektöründe çoğunlukla benzin ve motorin için uygun bir yenilenebilir ikame maddesi olarak yerini almıştır. Brezilya akaryakıt ihtiyacının %80'ini biyoyakıtlardan karşılamayı başarmıştır. Almanya biyodizel

üretiminde birinci olup, biyodizel ve biyoetenolün %5 kullanımını zorunlu kılmıştır (IRENA, 2021c).



Grafik 1.5 Dünya Biyoenerji İstatistikleri (2010-2020)

Kaynak: IRENA, 2021c.

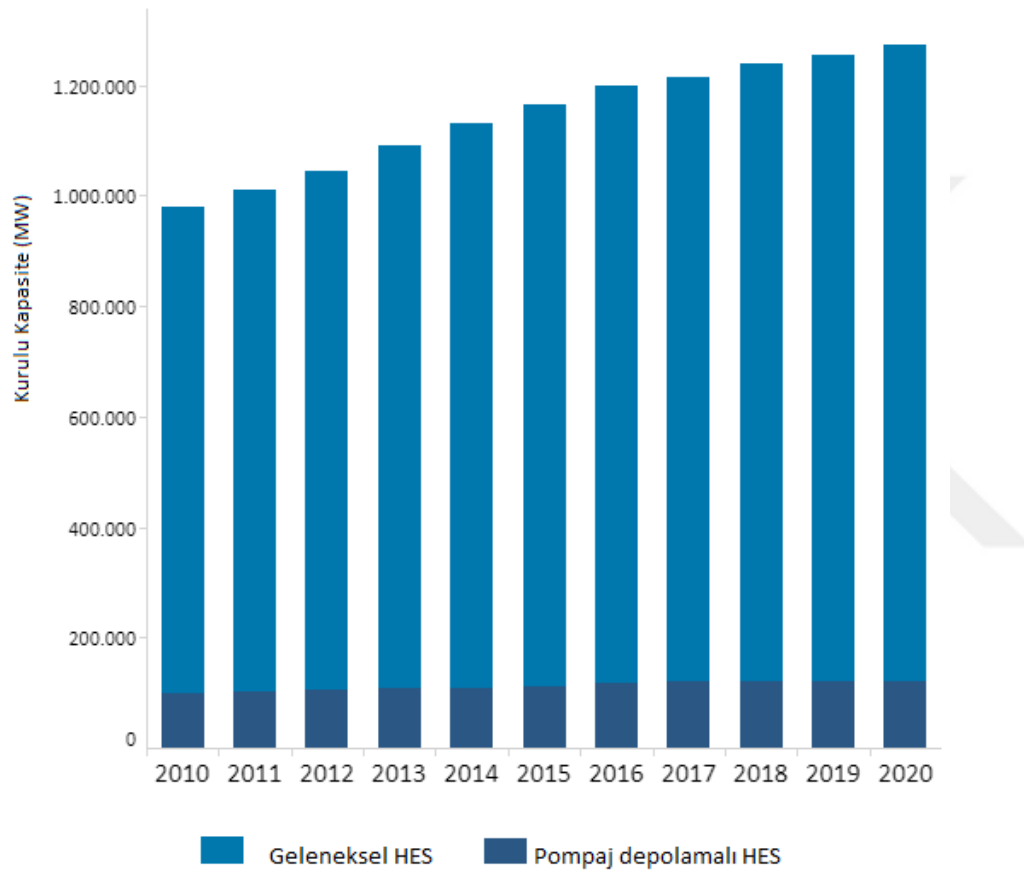
Grafik 1.5'te gösterildiği üzere dünya biyoenerji kapasitesi 2010-2020 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmıştır. Biyoenerji kapasitesinin yaklaşık %70 gibi büyük bir çoğunluğu katı biyokütleden oluşurken, kalan kısmını sırasıyla biyogaz, yenilenebilir atık ve sıvı biyoyakıt teknolojileri izlemektedir.

1.1.3.4. Hidroenerji

Hidroenerjinin temel yöntemi barajlardaki potansiyel enerjiyi, suyun düşmesi ile türbinlerin dönmesi neticesinde kinetik enerjiye ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürmektir. Akan sudan enerji elde etmenin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. İlk su değirmenleri düşey eksenli olarak eski Yunanlılar tarafından (M.Ö.500) kullanılmışlardır (Şen, 2002:163). Günümüzde elektrik üretmenin en uygun maliyetli araçları arasında yer alan hidroenerji, mevcut olduğunda genellikle en tercih edilen yöntemdir. Örneğin Norveç'te elektriğin %99'u hidroelektrik santrallerinden elde edilir. Dünyanın en büyük hidroelektrik santrali, Çin'deki 22,5 GW kapasitesindeki Three Gorges Barajıdır (IRENA, 2021d).

Hidroelektrik santralleri (HES); geleneksel HES ve pompaj depolamalı HES olmak üzere iki tipe ayrılır. Hidroenerji, boyutlarına göre en genel haliyle büyük hidro ve küçük

hidro olarak ayrılır. Büyük ve küçük hidro ayrımı ülkeden ülkeye değişmektedir. Kararlaştırılmış bir tanım olmamasına rağmen, genelde 20 MW'den küçük kapasiteli tesisler küçük hidro olarak adlandırılır. Geleneksel HES'ler, depolamalı (rezervuarlı) ve nehir tipi (regülatör) HES'ler olarak ayrılırlar. Grafik 1.6'da görüleceği üzere hidroenerji kapasitesi, son 10 yılda %30 artmıştır. Hidroenerjiden elde edilen elektrik düzeyi yağışa ve dalgalanmalara bağlı olduğundan, hava koşulları ülkenin hidroelektrik üretimi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Dünya genelinde toplam hidroenerjinin %90'ı geleneksel hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir (IRENA, 2021d).



Grafik 1.6 Dünya Hidroenerji İstatistikleri

Kaynak: IRENA, 2021d.

Geleneksel HES'lerin ana bileşenleri baraj, barak kapağı, su giriş ve taşma haznesi, tribün, kanal ve jeneratördür. Hidroelektrik santralleri genellikle çok uzun ömürlüdür. Ömürleri 30 ila 80 yıl arasında değişmekle birlikte, düzenli olarak elektrik ve mekanik sistemlerin yükseltilmesiyle 100 yıldan fazla bir süredir faaliyet gösteren birçok hidroelektrik santrali örneği vardır. Rezervuar (depolama) hidroelektrik santralleri, üretimi su girişlerinden ayırmak için barajın arkasındaki suyu bir rezervuarda saklama yeteneğine sahiptir. Tesisin özelliklerine ve baraj inşaatının ekonomisine bağlı olarak rezervuar kapasiteleri küçük veya çok büyük olabilir. Nehir tipi hidroelektrik tesislerinin barajın arkasındaki depolama

kapasitesi yoktur veya çok azdır. Üretimi ise, nehir akışlarının zamanlaması ve büyüklüğüne bağlıdır (IRENA, 2012:5).

Pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerinde (PHES), dönemsel olarak güç talebi azaldığında fazla suyun yüksek bir haznede depolanarak, talep arttığında enerji elde etmek amacıyla kullanılması amaçlanır. Bununla birlikte, pompalı depolama tesisleri genellikle geleneksel büyük hidroelektrik tesislerinden daha pahalı olup, bu tesisler için uygun yerler bulmak genellikle çok zordur (IRENA, 2012:8).

1.1.3.5. Jeotermal

Kaynağını, yerkürenin merkezindeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru yayılan ısıdan alan jeotermal enerji, yüksek sıcaklıktaki hidrotermal kaynaklardan, düşük ve orta sıcaklıktaki doğal basınçlı su sistemlerinden ve sıcak kaya kaynaklarından elde edilir (Berinstein, 2001:127).

Özelliklerine bağlı olarak jeotermal enerji ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılabilir veya temiz elektrik üretmek için kullanılabilir. Her jeotermal kaynak, konumu, sıcaklığı ve havuz derinliği bakımından benzersiz olup, kaynağa özel çeşitli jeotermal teknolojileri geliştirilmiştir. Farklı olgunluk seviyelerinde farklı jeotermal teknolojiler bulunur. Bununla birlikte, elektrik için, tektonik açıdan faal bölgelerin yakınındaki sıcaklık kaynaklarına ihtiyaç duyulur. Bölgesel ısıtma, jeotermal ısı pompaları, seralar ve diğer uygulamalar gibi doğrudan kullanımlar için jeotermal teknolojiler uzun süredir yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal olarak yüksek geçirgenliğe sahip hidrotermal rezervuarlardan elektrik üretimi teknolojisi de 1913'ten beri kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların başlıca avantajları, hava koşullarına bağlı olmaması ve çok yüksek kapasite faktörlerine sahip olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı, jeotermal enerji santralleri, ana yük elektriği sağlamanın yanı sıra, bazı durumlarda kısa ve uzun vadeli esneklik için yardımcı hizmet sağlayabilmektedir. Zengin jeotermal kaynaklara sahip ülkeler elektrik ve ısıtmada jeotermal enerjiyi etkin biçimde kullanmaktadır. Özellikle İzlanda, ısıtmada %90'ın üzerinde jeotermal kaynak kullanırken, Kenya, Yeni Zelanda, El Salvador ve Filipinler gibi ülkeler elektrik talebini karşılamada önemli oranda jeotermal kaynak kullanmaktadır (IRENA, 2021e).

Jeotermal enerjinin atık jeotermal akışkanın yerüstü sularına kontrolsüz deşarjı (reenjeksiyon yapılmaması), temiz yeraltı suyu akiferinin kirlenmesi, buhar ve karbondioksit salımı, zemin oturması ve çökme (mikro depremler), yaydığı gürültü ve araştırma ve işletme esnasında meydana gelen patlama ve fişkırmalar gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte, sondaj öncesi ve işletme aşamasında oluşabilecek risklere karşı alınacak önlemler,

sıkı denetim ve mümkün olduğunca tarım alanlarından uzak kalınması jeotermal enerjinin zararlarının en az düzeye inmesine katkıda bulunacaktır (EMO, 2020)

Sondaj maliyetleri bir jeotermal enerji projesinin toplam sermaye maliyetlerinin %40-70'ini oluşturmaktadır. Aynı zamanda projenin çok zaman alan bir parçasıdır. Maliyetleri azaltma, projeleri hızlandırmak ve yeni nesil jeotermal konseptleri pazara sunmak için uzun vadeli, sürekli ve daha yüksek oranda araştırma, geliştirme ve tanıtım kaynaklarına ihtiyaç vardır. Bu da yenilikçi tesisler için güçlü hükümet desteğinin gerekli olduğu anlamına gelmektedir (IEA, 2020).

1.1.3.6. Dalga (Gel-git)

Denizlerdeki gelgitler, dalgalar ve akıntılar elektrik üretmek için kullanılabilir. Halen araştırma ve geliştirme aşamasında olmasına ve ticari olarak üretilmemesine rağmen, dalga (gel-git) teknolojileri umut verici olup, aşağıda kısaca açıklanmıştır (IRENA, 2021f):

- Dalga enerjisi: Dönüştürücüler okyanus dalgalarında bulunan enerjiyi yakalar ve bunu elektrik üretmek için kullanır.
- Gel-git enerjisi: Yüksek ve düşük gelgit arasındaki gücü toplamak için bir baraj ya da bariyer kullanılır.
- Okyanus termal enerji dönüşümü: 800-1000 metre derinlikte ılık yüzeyli deniz suyu ile soğuk deniz suyu arasındaki sıcaklık farkından güç üretilir.

Dalga (gel-git) enerjisi, 2018'de yaklaşık %3 artmasına rağmen dünya enerji üretiminin önemsiz derecede küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. 10 kW ila 1 MW arasında enerji üretimi için gelişmiş deniz projeleri çoğunlukla İngiltere, Kanada, Avustralya ve Çin'de konuşlandırılmıştır. Deniz teknolojileri büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte, daha büyük ticari tesislerin işletmeye alınmasını sağlayacak maliyet azaltımına yönelik AR-GE için ek politik desteğe ihtiyaç vardır. Diğer taraftan; dalgaların boyutlarının farklı olması nedeniyle standart bir tasarımın olmayışı, gemi rotaları, tatbikat, balıkçılık ve suyun altından giden kablolar gibi engellemeler proje öncesi dikkate alınması gereken önemli konulardır (Sağlam ve Uyar, 2005:2).

Okyanus (dalga) gücü, dünya genelinde yenilenebilir elektriğin en küçük bölümünü oluşturmaktadır ve projelerin çoğu deneme aşamasındadır. Dünya genelinde tamamına yakını OECD ülkelerinde bulunan dalga (gel-git) enerji kapasitesi 2000 yılından 2018 yılına kadar 238 MW'den 529 MW'ye yani yaklaşık iki katına çıkmıştır. Bununla birlikte, okyanus enerjisi, uzun vadede büyük ölçekli hale gelme potansiyeline sahiptir (IEA, 2021e).

1.1.4. Hidrojen

Hidrojen periyodik tablodaki ilk kimyasal elementtir. Evrende en bol bulunan element olan hidrojen, dünyada en bol üçüncü elementtir (Kruger, 2006:169). Yeryüzünde serbest bir şekilde bulunmayan hidrojen fiziki yapı bakımından en hafif elementtir. Sadece bir proton ve onun etrafından bir elektrondan oluşur. Yerkabuğunda bulunan hidrojen oranı 1/6 olsa da hepsi kimyasal olarak başka elementlere bağlıdır. Birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip olan hidrojenin verimi, petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha fazladır. Ayrıca hidrojen elde edilme sürecinde çevreye zararlı herhangi bir gaz ve kimyasal salımı gerçekleşmez (Şen, 2002:201).

Hidrojen üzerine dünyadaki politika ve proje sayısı gün geçtikçe hızla artmaktadır. Önümüzdeki yıllarda enerji sisteminde hidrojenin payının önemli oranda artması için çabaların daha da ivme kazanması beklenmektedir. Hidrojen üretim maliyetinin giderek azalması ve sera gazı emisyonu azaltımı konusunu birçok ülkenin daha ciddiye almaya başlamış olması son yıllarda hidrojene olan ilginin artmasına yol açmıştır. Hidrojen tartışması, son 20 yılda, otomobil endüstrisinden, havacılık, nakliye, ısıtma vb. karbon yoğun endüstrilere doğru kaymaktadır (IRENA, 2019).

Hidrojen doğada tek başına bulunan bir element olmadığından, birincil kaynaklardan buhar yöntemi ile elde edilmektedir. Bununla birlikte hidrojen üretiminde maliyet avantajı nedeniyle fosil kaynakların ağırlıklı olarak kullanılması, bu kaynaklara bağımlılığı azalmamakla birlikte, fosil yakıtların sebep olduğu sera gazı sebebiyle hava kirliliğine olumsuz katkıda bulunmaktadır (EMO, 2019). Ayrıca, düşük karbonlu enerjiden hidrojen üretmek şu an için maliyetlidir. IEA tarafından yapılan analizlerde, yenilenebilir enerjiden hidrojen üretme maliyetinin, yenilenebilir enerji maliyetlerinin düşmesi ve hidrojen üretiminin artması sonucunda 2030 yılına kadar %30 oranında düşebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca hidrojen altyapısının gelişiminin yavaş olması, tüketiciler açısından yaygın kabulünü engellemektedir. Düşük karbonlu hidrojenin mevcut endüstriyel kullanımlardaki payını artırmak, hidrojeni yeni uygulamalara genişletmek ve maliyet indirimleri sağlamak konularında daha fazla çaba gerekmektedir (IEA, 2019a).

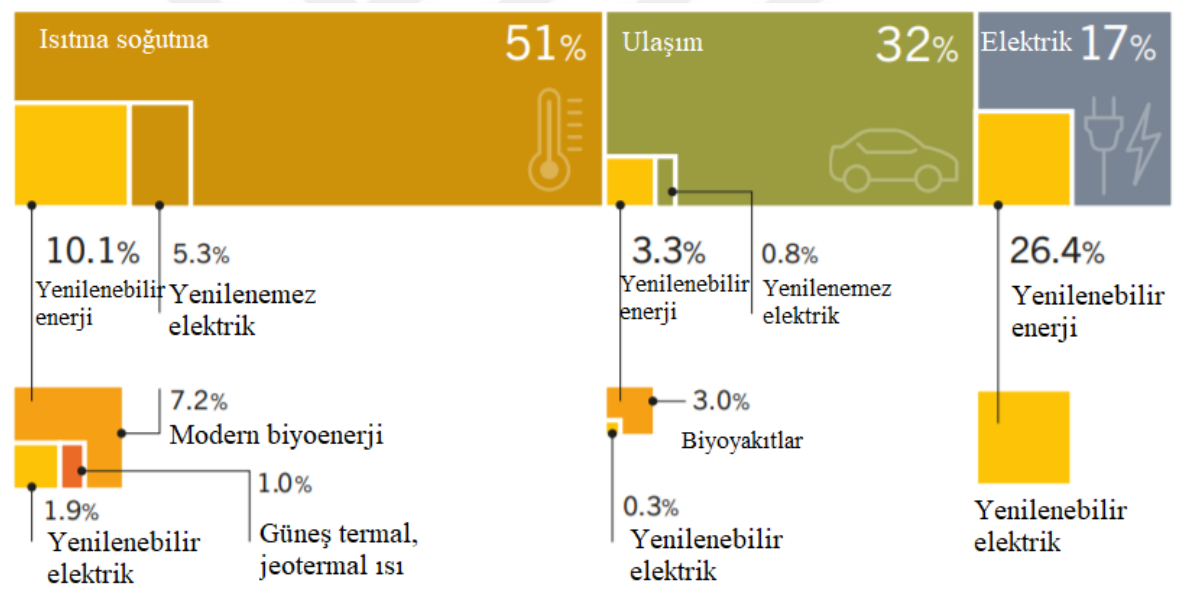
1.2. Yenilenebilir Enerji Piyasalarında Gelişmeler

Yenilenebilir enerji teşvik politikalarına geçmeden önce yenilenebilir enerjinin kullanım alanları ile Dünya, OECD ve Türkiye’de yenilenebilir enerji piyasalarında gerçekleşen gelişmeler bu bölümde detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

1.2.1. Yenilenebilir Enerjinin Kullanım Alanları

Birincil enerji kaynaklarından elde edilen enerji; elektrik, ısıtma-soğutma ve ulaşım olmak üzere başlıca üç sektörde değerlendirilir. Toplam enerji tüketimi içinde en büyük paya (%51) sahip olan ısıtma-soğutma sektöründe yenilenebilir enerji %10,1 oranında kullanılmaktadır. Bu sektörde kullanılan yenilenebilir enerjinin %7,2'si modern biyoenerji, %1'i güneş termal ve jeotermal ısı kaynaklıyken %1,9'u yenilenebilir elektrikten karşılanmaktadır (REN21, 2020:33).

Isıtma-soğutma sektöründen sonra ikinci en büyük sektör olan ulaşım sektöründe (%32) yenilenebilir enerji %3,3 oranında kullanılmaktadır. Ulaşım sektöründe kullanılan yenilenebilir enerjinin %3'ü biyoyakıtlar, %0,3'ü ise yenilenebilir elektrik kaynaklıdır. Toplam nihai enerji tüketiminde %17 pay alan elektrik gücünün %26,4'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrikten oluşmaktadır.



Grafik 1.7 Toplam Nihai Enerji Tüketimi

Kaynak: REN21, 2020:33.

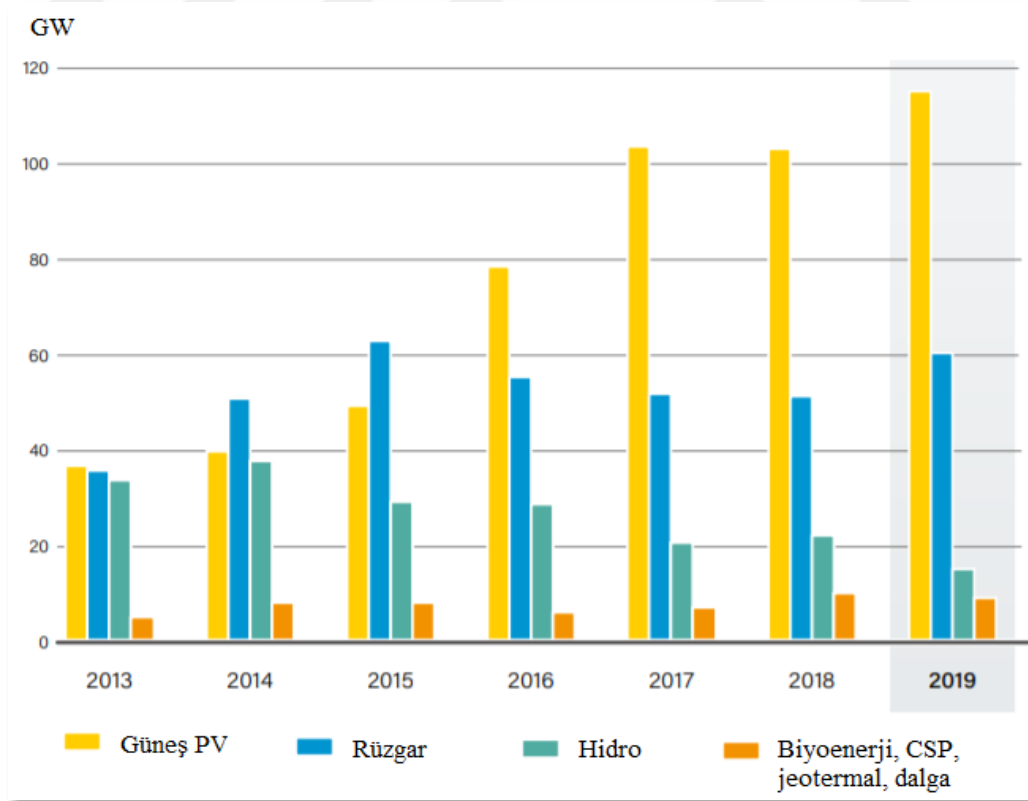
1.2.1.1. Elektrik

Elektrik; kömür, doğal gaz, nükleer enerji, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi gibi birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi sonucunda elde edilen ikincil bir enerji kaynağıdır. Ulaşım, iletişim, tarım, sanayi, tıp vb. hemen hemen hayatın her anında o kadar önemli bir yere sahiptir ki günümüzde insanlar elektriğe bağımlı hale gelmişlerdir.

Benjamin Franklin'in yıldırımın elektrik olduğunu göstermesinden bu yana mucitler ve bilim adamları elektriğin prensiplerini anlamak ve günlük hayatta en etkili şekilde

kullanabilmek için çalışmışlardır. 19.yy da Thomas Edison ilk defa uzun ömre sahip akkor ampulünü icat ederek, doğru akım (DC) elektrik kullanılırken; Nikola Tesla, uzun mesafelerde elektrik iletim maliyetlerini azaltan alternatif akım (AC) elektriğin üretilmesinde öncü olmuştur (EIA, 2019c).

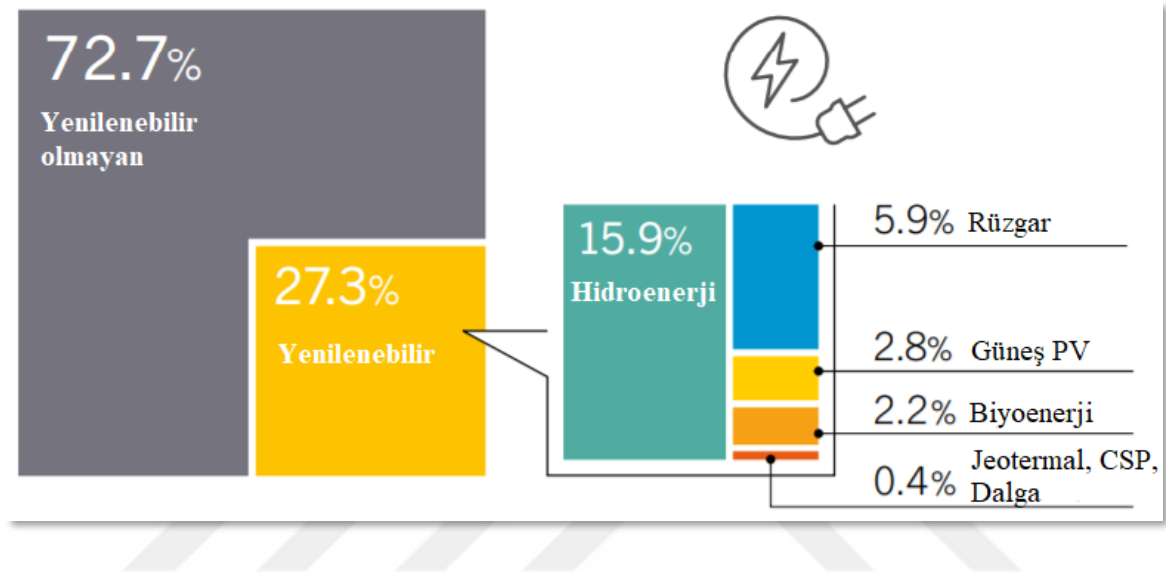
Elektrik, manyetik bir alan içinde bakır gibi iletken bir telin bir şekilde hareket ettirilmesi sonucunda üretilir. Elektrik jeneratörleri, içinde sarılı şekilde bulunan iletken tellerin mıknatıs içinde dönmesi yoluyla elektrik akımı üretirler. Büyük miktarlarda elektrik üretmek için bu jeneratörleri döndürecek miktarda büyük bir güç gerekir. Fosil yakıtlı santrallerde, petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil kaynakların yakılması yoluyla, nükleer santrallerde ise uranyumu parçalamak suretiyle jeneratörü döndürmek için gerekli olan ısı elde edilir. Üretilen ısı yoluyla su, buhar haline dönüştürülerek elektrik jeneratörüne bağlı olan türbine verilir. Jeneratörde üretilen elektrik de iletken teller kullanılarak istenilen yere iletilir. Yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr, jeotermal ve hidrolik enerjiden elektrik üretmek için de türbinlerin çalışması rüzgâr, su ve buhar gücü sayesinde sağlanır. Güneş enerjisinde ise güneş ışığının yarı iletken yüzeye çarpması ile atomun içindeki elektronların serbest kalması sonucunda oluşan fotonların bir kısmının güneş pili tarafından soğurulması neticesinde direkt elektrik üretilir (TAEK, 2019).



Grafik 1.8 Yenilenebilir Elektrik Kapasitesine İlaveler (2013-2019)

Kaynak: REN21, 2020:46.

Grafik 1.8’de görüldüğü üzere, 2019 yılında dünya yenilenebilir elektrik üretim kapasitesi, son beş yıldaki yıllık %8 artış oranını koruyarak 200 GW’dan fazla artışla 2.588 GW’a yükselmiştir. 2019 yılındaki yenilenebilir güç kapasitesi ilavelerinin %57’si güneş PV (115 GW), %30’u rüzgâr enerjisi (%60 GW) ve %8’i hidroelektrik (16 GW) kaynaklı olmuştur. Grafik 1.9’da görüleceği üzere, 2019 yılı itibariyle Dünya elektrik üretiminden yenilenebilirin aldığı %27,3’lük pay içinde hidroenerji %15,9, rüzgâr %5,9, güneş PV %2,8, biyoenerji ise %2,2 oranında yer almaktadır (REN21, 2020:48).



Grafik 1.9 Dünya elektrik üretim payları (2019)

Kaynak: REN21, 2020:48.

1.2.1.2. Isıtma-Soğutma

“Isıtma ve soğutma” terimi, mekân ve su ısıtma, kurutma, endüstriyel işlemler için buhar üretme, mekân soğutma, dondurma gibi termal enerji uygulamalarının yanı sıra elektrik kullanımı veya ulaşım olarak sınıflandırılmayan (örn. yemek pişirme) tüm nihai enerji kullanımlarını ifade eder. Toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %50’sini ısıtmanın, %2’sini de soğutmanın oluşturması nedeniyle iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadelede bu sektörün karbondan arındırılması oldukça önemlidir (REN21, 2019:36).

Binalarda kullanılan düşük kaliteli ve geleneksel metotlarla elde edilen enerjinin miktarı ve kalitesi, bina içinde ve dışında hava kirliliğine, sağlıkla ilgili risklere ve enerji bağımlılığına yol açması nedeniyle küresel çevresel kaygıların artmasına büyük katkıda bulunur. Bina sektörü halokarbonun yaklaşık üçte ikisinden ve siyah karbon emisyonlarının yaklaşık %25-33’ünden sorumludur. Ayrıca, bina sektörü küresel birincil enerjinin %23’ünü ve küresel elektriğin %30’unu kullanmaktadır (Ürge, 2015:86).

Yenilenebilir ısı kaynakları olan jeotermal, biyokütle ve güneş termal enerjisi, hem bina hem de sanayi sektörlerinin karbondan arındırılmasına yardımcı olabilir. Yenilenebilir ısı; büyüklük sırasıyla biyoenerji, güneş enerjisi termal, yenilenebilir elektrik ve jeotermal kaynaklardan elde edilmektedir. 2018 yılında küresel yenilenebilir ısı tüketiminin üçte ikisinden fazlasını karşılayan modern biyoenerjinin yenilenebilir ısı genişlemesine öncülük ederek, kullanımının 2024'e kadar %12 artması beklenmektedir. Küresel ısı talebinin yaklaşık %0,3'ünü karşılayan doğrudan jeotermal, son yıllardaki artışa rağmen şu anda en küçük yenilenebilir ısı kaynağıdır. Jeotermal sistemlerin yaygınlaşması az sayıda ülkeyle sınırlı kalmıştır. Son yıllardaki büyümenin çoğundan sorumlu olan Çin ve Türkiye, 2018 yılı itibariyle küresel jeotermal ısı tüketiminin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır (IEA, 2019b).

Güneş enerjisi termal teknolojileri, sıcak su, mekân ısıtma ve kurutma için düşük sıcaklıkta ısı sağlama amaçlı olarak dünyada yaygın bir kullanıma sahiptir. Otel, hastane vb. endüstrilerde ısınma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. 2018 yılı sonu itibariyle 130 ülkede güneş enerjisi sistemlerinden ısıtma ve soğutma amacıyla faydalanılmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri, yıllık ortalama 233 milyon varil petrolün enerji içeriğine eşdeğer miktarda (396 TWh) ısı sağlamıştır (REN21, 2019:110).

Bununla birlikte ısıtmanın yaklaşık %70'i fosil yakıtlardan elde edilirken, yenilenebilir kaynakların aldığı pay %10 civarındadır. Yenilenebilir enerjinin ısıtma ve soğutma sektöründeki payını artırmak için harcanan çabalar ise bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Genellikle endüstriyel işlemlerde buhar üretimi veya konut ve ticari binalarda sıcak su kazanları gibi doğrudan talep noktasında ısı üretildiğinden, ısı temini son derece yerleşmiştir. Bu itibarla, sektördeki firmalar esas olarak yerel piyasalarda faaliyet gösterdiğinden, küresel bir sanayi bulunmamaktadır. Dolayısıyla ısıtma ve soğutma sektörüyle ilgili güvenilir verilere büyük oranda ulaşılamamaktadır. Ayrıca, sektörde yenilenebilir kaynakların artan paylarına yönelik teknik zorluklar bulunmaktadır. Isı talebini karşılayacak termal enerjinin taşınması için özellikle büyük mesafeleri kapsayan altyapı genellikle eksiktir veya ekonomik değildir. Bu zorluklara rağmen, dünyadaki ulusal ve bölgesel hükümetler, yenilenebilir enerjilerin ısıtma ve soğutmadaki paylarını artırma aciliyetini giderek daha fazla kabul etmekte, ancak çok azı iddialı adımlar atmaktadır. 2019 yılı itibariyle ısıtma ve soğutma alanında yenilenebilir enerji için düzenleyici politika uygulayan ülke sayısı 23, ulusal hedef belirleyen ülke sayısı 49'dir (REN21, 2019:36).

Binalarda ve sanayi sektöründe yenilenebilir ısı kullanımı son yıllarda artmış olsa da, bu teknolojiler için yeni doğrudan destek politikalarının benimsenmesi 2018 yılında

yavaşlamıştır. Yenilenebilir ısı teknolojileri genellikle, iklim değişikliğini ele almaya veya enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikalar aracılığıyla dolaylı olarak destekten yararlanmaktadır. Bunlar, yenilenebilir ısı teknolojilerinin kullanımını teşvik etmek, enerji tüketimini azaltmak, verimli aydınlatma veya cihaz kullanımını zorunlu kılmak ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin (özellikle güneş PV ve güneş ısısı) binalara entegre edilmesini gerektirecek politikalar içermektedir (REN21, 2019:51-53).

1.2.1.3. Ulaşım

Ulaşım sektörü, 2018 yılı itibariyle dünya nihai enerji tüketiminde ikinci (%29), OECD nihai enerji tüketiminde birinci (%34) sektördür. Ulaşım sektöründe, 2000 yılından sonra biyoyakıt tüketiminde hızlı bir büyüme yaşanmış olmasına rağmen, petrol tüketimi %93 oranla baskın rolüne devam etmektedir.

Küresel enerji ile ilgili karbondioksit (CO₂) emisyonlarının %23'ünden sorumlu olan ulaşım sektöründe üretilen emisyonun %80'i karayolu taşımacılığı kaynaklıdır. Ulaşım yaygın olarak kullanılan yakıtlar benzin, motorin ve LPG gibi fosil kaynaklı yakıtlar olup çevreye yaydıkları karbondioksit, kükürtdioksit gibi gazlar, yarattıkları sera etkisi ile çevreye ve insan sağlığına zararlıdır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik (yenilenebilir elektrik), biyogaz, biyoetanol ve biyodizel gibi enerji ürünleri, fosil kaynaklı yakıtlara iyi bir alternatif olmakta ve dünya çapında kullanımı da gitgide artmaktadır. IEA verilerine göre yenilenebilir kaynakların ulaşım sektöründeki payı %3,3 düzeyinde olup, bunun %3'ü biyoyakıt, %0,3'ü yenilenebilir elektrik kaynaklıdır (REN21, 2020:33).

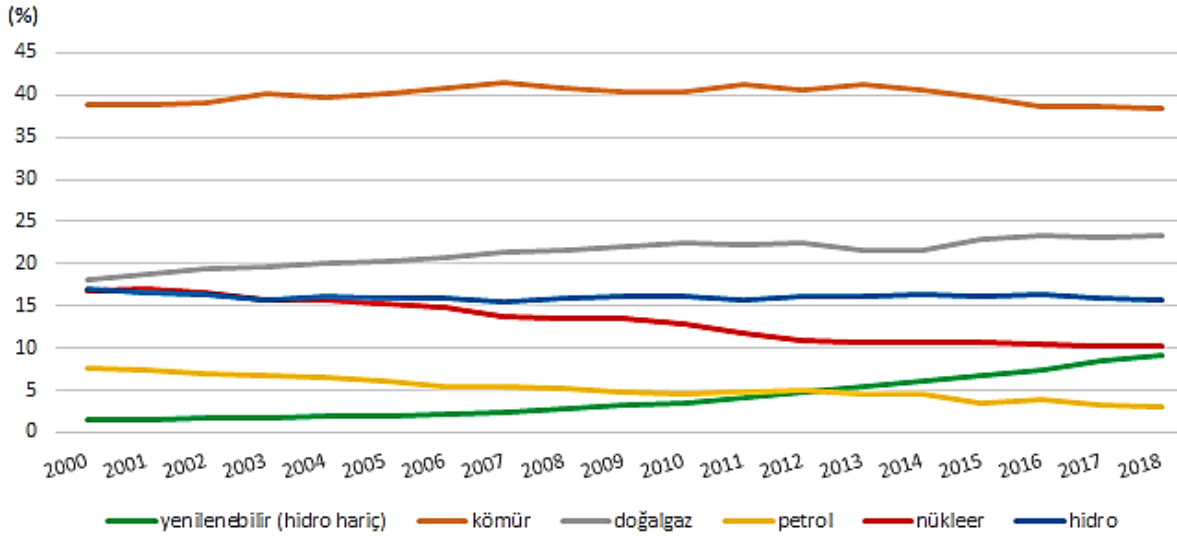
Büyük ölçüde hava kirliliğini azaltma çabalarının neticesinde, son yıllarda elektrikli araçlar (EV) dünya genelinde yollarda yaygınlaşmaya başlamıştır. 2018 yılı itibariyle bir önceki yıla göre küresel ölçekte elektrikli otomobil sayısı %63 artmış olup, 5,1 milyon elektrikli otomobil ve 260 milyon iki tekerli elektrikli araç yollardadır. Ayrıca dünya çapında en az 300 şehirde yaklaşık 460.000 elektrikli otobüs çalışmakta olup, 70'ten fazla şehir ve belediye, taşımacılık sektöründe %100 yenilenebilir enerji kullanmayı taahhüt etmiştir. San Francisco (California, ABD) transit ray sistemi için 2025 yılına kadar %50, 2045'e kadar %100, Oslo (Norveç) toplu taşıma filosu için, Helsinki şehir otobüsleri, iş makineleri ve ağır iş araçları için 2020 yılına kadar yenilenebilir enerji hedefleri açıklamıştır. Shenzhen (Çin) ise 2017 yılı itibariyle %100 elektrikli halk otobüsleri hedefine ulaşmıştır. Elektrikli araçların yaygınlaşması, kendi başına yenilenebilir bir teknoloji olmamasına ve yenilenebilir enerjiyi doğrudan desteklememesine rağmen, yenilenebilir elektriğin ulaşım sektörüne daha fazla nüfuz etme fırsatını ortaya koymaktadır. Ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji, özellikle

toplu taşıma filoları için yakıt giderlerini ve yerel emisyonları azaltma fırsatı sunmaktadır (REN21, 2019:185).

Ulusal yenilenebilir ulaştırma politikası çerçevelerinin merkezi bir bileşeni olmaya devam eden sıvı biyoyakıtlar (biyoetanol ve biyodizel) 2016 yılında küresel karayolu taşımacılığı yakıtının yaklaşık %4'ünü sağlamıştır. Dolayısıyla ulaşım sektöründe karbonsuzlaşmayı ele almadan iklim değişikliği meselesini çözmeye çalışmak imkânsızdır. Hedef, 2050 yılı itibariyle ulaşım sektöründeki emisyonları yılda 7,7 brüt tondan yılda 2-3 brüt tona düşürmektir (IEA, 2018:42). 2019 yılı itibariyle, 70 ülke geleneksel biyoyakıtlar için, 9 ülke modern biyoyakıtlar için harmanlama yetkisine veya teşvik programlarına sahipken en az 24 ülkenin modern biyoyakıtlar için gelecek hedefleri bulunmaktadır (REN21, 2020:43).

1.2.2. Dünya Yenilenebilir Enerji Piyasası

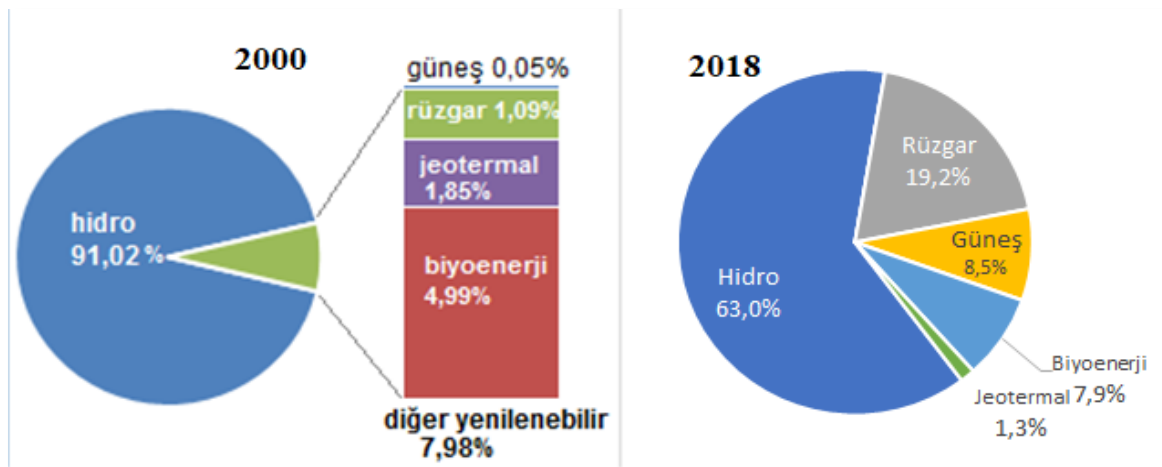
2018 yılında 14.282 Mtep olan Dünya Toplam Birincil Enerji Arzının (TBEA) büyük çoğunluğu (%81,2) fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının TBEA içindeki payı ise %13,8 (1.976 Mtep) düzeyindedir. 2000-2018 yılları arasında dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının aldıkları paylar Grafik 1.10'da gösterilmiştir. İlgili dönem boyunca elektrik üretimi için en fazla kullanılan kaynak özelliğini açık farkla koruyan kömürün, küresel olarak üretilen elektrikten aldığı pay 2018 yılı itibariyle %38,5 düzeyindedir. 2000 yılında %17-18 düzeylerinde birbirlerine yakın oranda pay alan doğalgaz, hidrolik ve nükleer payları ise 2000-2018 yılları arasında birbirinden uzaklaşmıştır. 2018 yılına gelindiğinde doğalgazın payı %23,3'e yükselirken, nükleer payı %10,2'ye, hidroliğin payı ise %15,7'ye gerilemiştir. Diğer bir fosil enerji kaynağı olan petrolün payı dönem içinde azalarak %7,7'den %3 düzeyine gelmiştir.



Grafik 1.10 Dünya elektrik üretiminde enerji kaynaklarının aldıkları paylar (2000-2018)

Kaynak: Yazar tarafından IEA verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

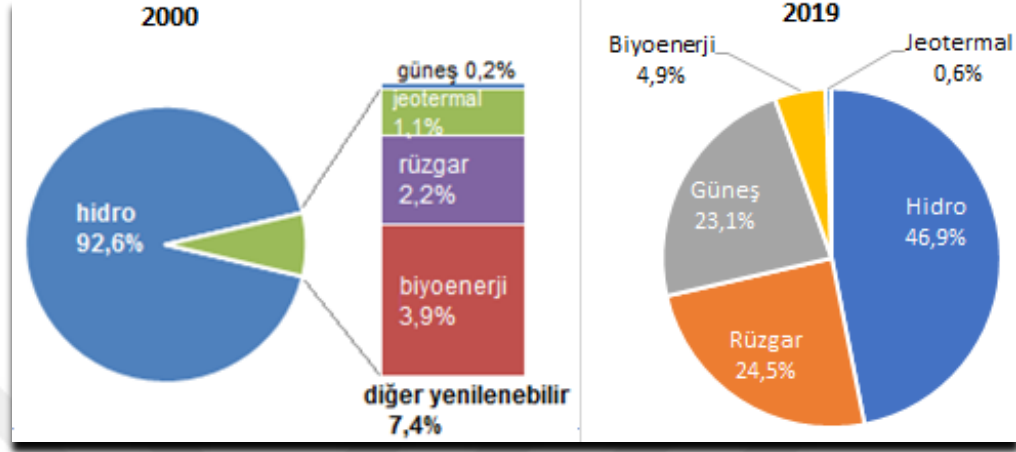
Hidroenerji haricindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimindeki payı özellikle 2005 yılından sonra hızla artarak %1,5'ten %9,2 düzeyine çıkmıştır. Bu artışta özellikle güneş ve rüzgâr enerjisindeki hızlı artış etkili olmuş, 2000-2018 yılları arasında bu iki enerji kaynağından elde edilen elektrik üretimindeki ortalama yıllık artış sırasıyla %40 ve %23 olmuştur. Biyoenerji ise nispeten daha yavaş bir üretim artışıyla yıllık ortalama %7,5 oranında artarken, hidroenerji %2,6 yıllık ortalama üretim artış hızına sahip olmuştur. 2000 yılında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin %91,02'si hidroenerjiden sağlanırken, 2018 itibariyle hidroenerjinin payı %63'e gerilemiş olsa da hala baskın konumunu devam ettirmektedir. Güneş ve rüzgâr ise hızlı bir artışla sırasıyla paylarını %8,5 ve %19,2'ye yükseltmişlerdir.



Grafik 1.11 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretim Payları (2000, 2018)

Kaynak: Yazar tarafından IEA verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kurulu kapasite oranlarında hidroenerjinin payı 2000 yılından göre 2018 yılına gelindiğinde %92,6 oranından %49,8 oranına gerilemiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi tesislerindeki kurulu kapasite 2018 yılına gelindiğinde büyük bir artışla sırasıyla %23,9 ve %20,7 seviyelerine ulaşmıştır.



Grafik 1.12 Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasite Oranları (2000, 2018)

Kaynak: Yazar tarafından IEA verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 1.5'te görüleceği üzere yenilenebilir enerji için yapılan yeni yatırımlar 2009 yılında 167,8 milyar ABD Doları iken 2019 yılı itibariyle yaklaşık %80 artışla yıllık 301,7 milyar ABD Doları olmuştur. Bu artış özellikle 111,8 milyar ABD Doları seviyesinden 230,1 milyar ABD Doları seviyesine gelen varlık finansmanındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Teknoloji bazında yeni yatırımların yaklaşık %90'ını oluşturan rüzgâr ve güneş enerjisi alanında 2009 yılına göre 2019 yılında yaklaşık iki kat fazla yeni yatırım gerçekleşmiştir. Diğer yenilenebilir enerji türleri için yıllık yeni yatırım tutarları azalış göstermiştir. 2009-2019 yılları arasında yenilenebilir enerjiye verilen teşviklerdeki ve teşvik politika uygulayan ülke sayısındaki artış dikkate alındığında, yenilenebilir enerji yatırımlarının hızlanmasında özellikle güneş ve rüzgâr enerjilerine verilen teşviklerin önemli payının olduğu söylenebilir.

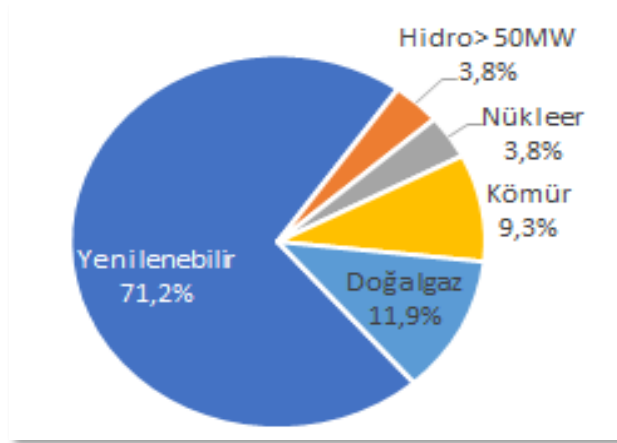
Tablo 1.5 Yenilenebilir Enerji İçin Yapılan Yeni Yatırımlar (milyar ABD Doları)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Teknolojik araştırma											
Kamu AR-GE	5,4	4,9	4,8	4,7	5,2	4,5	4,4	5,1	5,1	5,5	5,7
Özel sektör AR-GE	3,3	3,8	4,3	4,1	4	4,3	4,1	4,3	6,9	7,8	7,7
Risk sermayesi	1,6	2,6	2,6	2,4	0,8	1	1,4	0,8	0,8	0,2	1,2
Ölçeklendirme											
Kamu piyasası	11,7	10,6	9,9	3,8	9,8	14,9	12	6,2	5,6	6	6,6
Özel sektör sermaye geniş.	3	5,3	2,4	1,6	1,3	1,7	1,8	1,7	0,7	2,2	1,8
Projeler											
Varlık finansmanı	111,8	152,2	189,6	170,1	171,5	228,4	267,7	247,5	272,6	242	230,1

(yeniden yatırılan sermaye)	-3,7	-1,8	-2,1	-2,9	-1,2	-3,5	-6,7	-4,1	-2,9	-5,8	-3,4
Küçük ölçekli dağ.sermaye	34,7	60,9	75,1	69,9	40,2	36,7	32,6	32,5	42,5	38,2	52,1
Toplam yeni yatırım	167,8	238,5	286,6	253,7	231,7	288,1	317,3	293,9	331,4	296	301,7
Birleşme ve Devralma İşlemleri	61,5	57,3	75	65,7	67	88,8	108,1	133,9	146,2	151,5	100,7
Toplam işlemler	229,3	295,8	361,6	319,3	298,7	376,9	425,4	427,8	477,7	447,5	402,4
Teknoloji bazında yeni yatırımlar											
Rüzgâr	72,5	97,8	83,3	78,3	83,3	111,1	119,7	123,5	133,4	132,7	142,7
Güneş	63,6	102	160,1	144	120,4	147,8	176,6	145,9	180,8	143,5	141
Biyokütle	13,4	17,3	20,9	15,4	14,6	13,1	10,4	15,2	7,4	11,5	11,2
Biyoyakıt	9,4	10,1	10,5	7,7	5,1	5,5	3,6	2,1	3,3	3,3	3
Hidro (<50 MW)	6	8,2	7,7	6,3	5,7	7,4	4,2	4,3	4	2,3	2,5
Jeotermal	2,5	2,8	3,8	1,7	2,4	2,9	2,5	2,7	2,4	2,5	1,2
Dalga	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Toplam yeni yatırım	167,8	238,5	286,6	253,7	231,7	288,1	317,3	293,9	331,4	296	301,7

Kaynak: REN21, 2020:247.

Grafik 1.13'te görüleceği üzere 2019 yılında, yenilenebilir enerji teknolojileri kömür, doğalgaz veya nükleerden çok daha fazla yatırım çekmeye devam etmiştir. 2019 yılında enerji türleri için yapılan yeni yatırımların %71,2'si yenilenebilir enerji teknolojileri için gerçekleştirilmiştir.



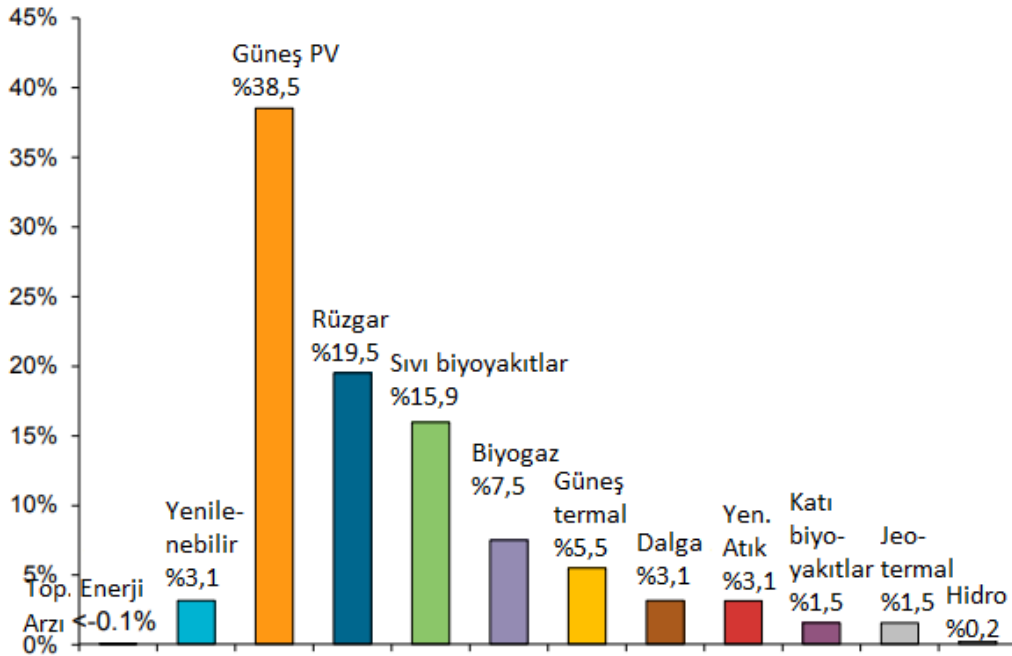
Grafik 1.13 Enerji Türleri İtibariyle Yeni Yatırımlar (2019)

Kaynak: Yazar tarafından IEA verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

1.2.3. OECD Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Piyasası Gelişmeleri

OECD ülkelerinde, yenilenebilir kaynaklardan toplam birincil enerji arzı 1990-2019 yılları arasında ortalama yıllık %2,6 artarak 272 Mtep'den 575 Mtep'e yükselmiştir. Aynı dönemde yenilenemez kaynaklardaki artış oranı yıllık %0,3 olarak gerçekleşmiştir. 2019

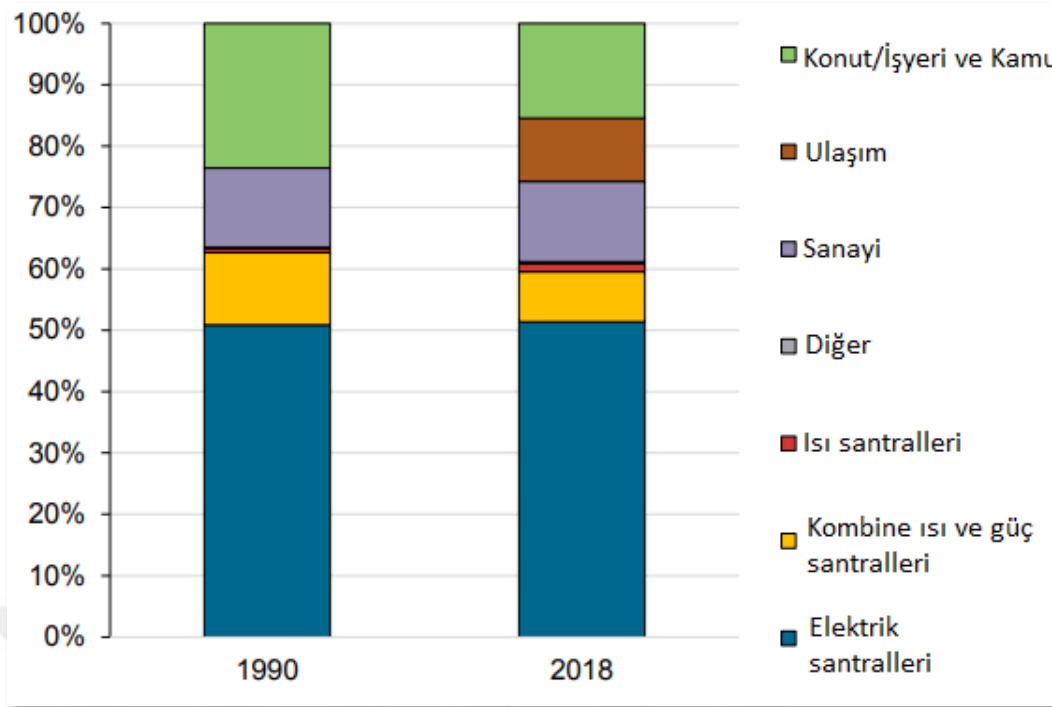
yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam OECD birincil enerji arzı içindeki payı ise %10,8'e yükselmiştir. OECD içinde yenilenebilir enerji payında en fazla artış, %16 ile OECD Avrupa'da olmuş, OECD Amerika ve OECD Asya/Okyanusya'da ise artış oranı sırasıyla %9,2 ve %5,9 olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir kaynakların yıllık ortalama büyüme hızı 1990-2000 döneminde %0,9 iken, 2000-2019 döneminde artış göstererek %3,1 seviyesinde seyretmiştir. Hidrolik kaynaklardaki artış hızı %0,2 gibi düşük seviyede kalırken; Güneş PV (%38,5), rüzgâr (%19,5), sıvı biyoyakıtlar (%15,9), biyogazlar (%7,5) ve güneş termal (%5,5) gibi “yeni” yenilenebilir kaynaklarda daha yüksek büyüme oranları görülmektedir. Katı biyoyakıt/odun kömürü ve jeotermalde ise %1,5 gibi daha düşük büyüme oranları görülmektedir (IEA, 2021f:13).



Grafik 1.14 2000-2019 Arası OECD Yenilenebilir Enerji Arzı Yıllık Ortalama Artış Hızı

Kaynak: IEA, 2021f:13.

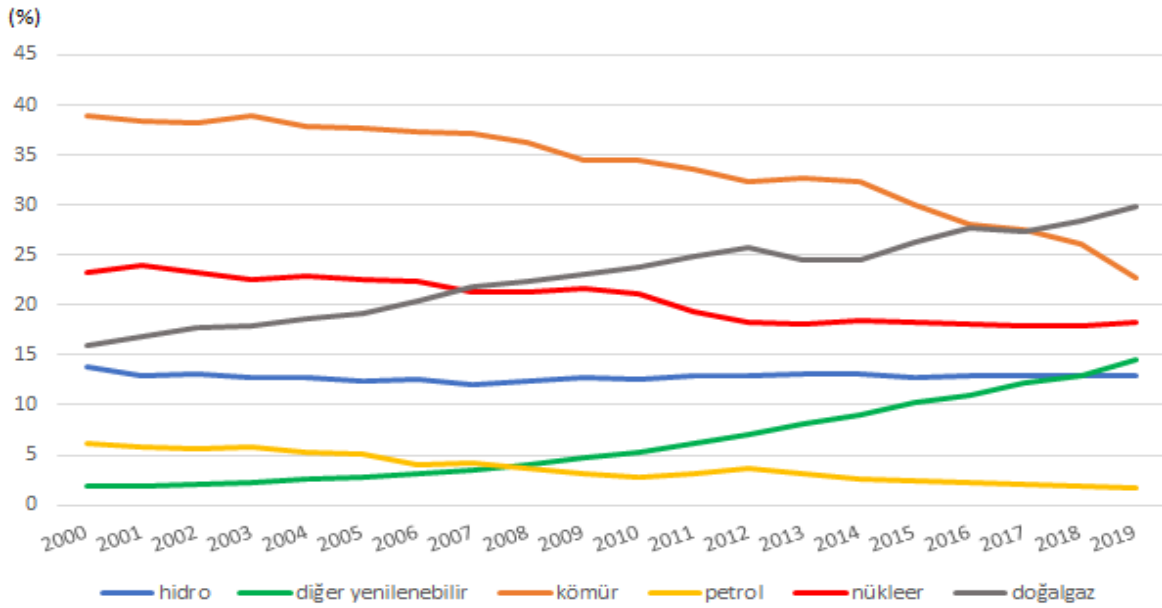
Son otuz yıl boyunca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında meydana gelen çeşitlilik, yenilenebilir kaynakların tüketiminin sektörel bileşiminde de değişikliklere neden olmaktadır (Grafik 1.15). En önemli değişim, ulaşım için kullanılan biyoyakıtlarda meydana gelmiştir. 1990'da ulaşım sektöründe %0,05'in altında, yani neredeyse sıfır olan biyoyakıt ve biyogaz tüketimi, 2018 yılında yenilenebilir kaynak tüketiminin %10,3'ünü oluşturmuştur. 1990'dan 2018'e kadar yenilenebilir kaynakların büyük çoğunluğu (%51) elektrik santrallerinde kullanılmakta olup, yaklaşık %12'si ise sanayi sektöründe kullanılmıştır (IEA, 2021f:16).



Grafik 1.15 OECD Yenilenebilir Kaynak Tüketimi Sektörel Dağılımı (1990, 2018)

Kaynak: IEA, 2021f:16.

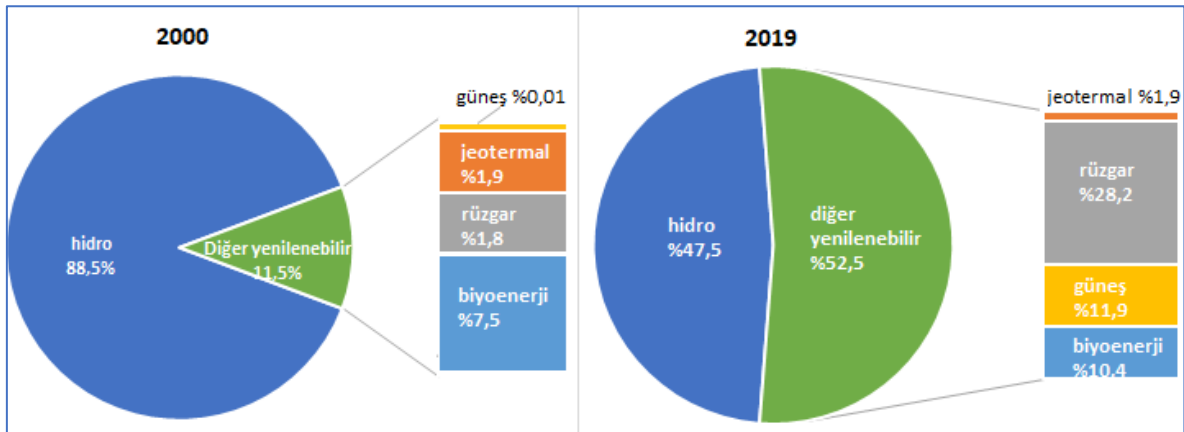
2000-2019 yılları arasında OECD elektrik üretiminde enerji kaynaklarının aldıkları paylar Grafik 1.16'da gösterilmiştir. 2000 yılında %39 ile elektrik üretiminde en fazla kullanılan enerji kaynağı olan kömürün payı azalarak 2019 yılında %22,6 olurken, 2000 yılında elektrik üretimindeki payı %16 olan doğalgaz ise istikrarlı şekilde artarak 2019 yılında %29,9 pay almıştır. Dolayısıyla kömürün payındaki azalış karşısında yıllar içinde payını artıran doğalgaz, 2019 yılı itibariyle en çok kullanılan enerji kaynağı haline gelmiştir. Petrolün payı da aynı dönem aralığında %6'dan %2 düzeyine gerilemiştir. Nükleer üretimin payı bir miktar düşerek 2019 yılında %18,2 olurken, hidroelektrik dönem boyunca yatay bir seyir izleyerek %13 seviyelerinde kalmıştır. Hidro dışı diğer yenilenebilir enerji ise 2000 yılında %1,8 seviyelerinde iken hızlı bir artışla 2019 yılı itibariyle %14,8'e yükselmiştir.



Grafik 1.16 OECD Ülkeleri Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payları (2000-2019)

Kaynak: Yazar tarafından IEA veri tabanındaki bilgiler kullanılarak oluşturulmuştur.

OECD'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi 2019 yılında bir önceki yıla göre %3,7 artarak 2 964,2 TWh'ye ulaşmış olup, toplam OECD elektrik üretiminin dörtte birinden fazlasını (%27) karşılayarak kömürü geride bırakmıştır. 2000-2019 yılları arasında OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin kaynaklara göre dağılımının oldukça değiştiği görülmektedir. Hidrodışı kaynakların yenilenebilir elektrik üretiminden aldığı pay 2000 yılında sadece %11,5 iken 2019 itibariyle %52,5 olmuştur. Bu artışın en büyük kaynağı, yenilenebilir elektrik içindeki payları 2000 yılında %1,8 olan rüzgâr ve neredeyse hiç olmayan güneş PV'nin, 2019 itibariyle sırasıyla %28,2 ve %11,9 seviyelerine yükselmeleri olmuştur. Bir diğer artış da biyoenerjide yaşanmış, yenilenebilir üretimdeki payı %7,5'ten %10,4'e yükselmiştir. Jeotermal ise %1,9 olan seviyesini korumuştur.



Grafik 1.17 OECD Ülkeleri Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretim Payları (2000-2019)

Kaynak: Yazar tarafından IEA veri tabanındaki bilgiler kullanılarak oluşturulmuştur.

Hidroelektrik, çoğu OECD ülkesinde potansiyel kapasite sınırına yaklaşmaktadır. 2000-2019 arasında, hidroelektrik santrallerinden (pompaj depolamalı tesisler hariç) üretilen elektrik, OECD’de yıllık ortalama %1 artışla 1.341 TWh’den 1.410 TWh’ye yükselmiştir. OECD ülkeleri içinde 2019 yılında en fazla hidroelektrik üreten ülkeler Kanada, ABD ve Norveç olup, hidroelektrik güce en fazla bağımlı olan ülkeler, 2019 yılında hidroelektrik üretimin toplam elektrik içindeki payının sırasıyla %95, %69,7 ve %59,3 olduğu Norveç, İzlanda ve Yeni Zelanda olmuştur.

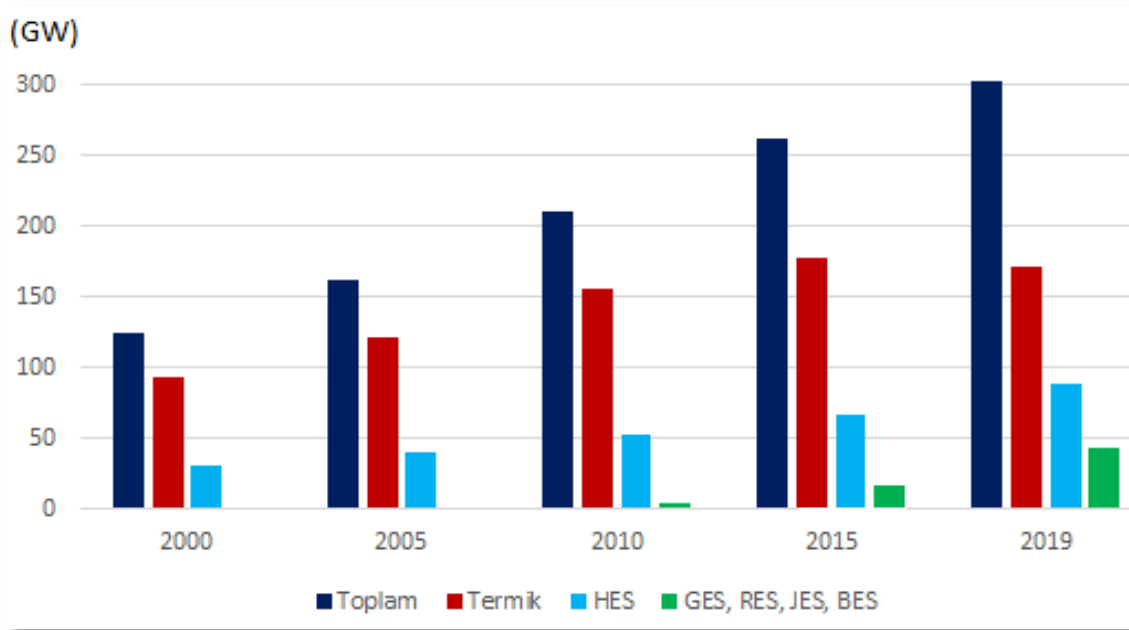
OECD, 2019 yılında toplam yenilenebilir elektrik üretiminin %11,9’unu güneş PV’den elde etmiş olup, OECD’deki en büyük beş güneş PV elektrik üreticisi sırasıyla ABD, Japonya, Almanya, İtalya ve İngiltere’dir. Bu beş ülke toplamda OECD’deki Güneş PV elektriğinin %75’ini üretmişlerdir. Güneş PV, 2000-2019 arasında yıllık ortalama %34’lük büyüme oranıyla tüm yenilenebilir elektrik teknolojilerinin en hızlısı olmuştur.

2019 yılında OECD’deki üretilen yenilenebilir elektriğin %28,2’sini oluşturan rüzgâr enerjisi, 2000-2019 arasında yıllık ortalama %20 büyüme oranı ile yenilenebilir elektrikte güneş PV’den sonra en hızlı ikinci büyüme oranına sahip olmuştur. OECD-Avrupa bölgesindeki rüzgâr elektriği üretimi, 2019’deki toplam OECD üretiminin %52,8’ini oluşturmaktadır. ABD, Almanya ve Birleşik Krallık OECD içerisinde rüzgârdaki en büyük elektrik üreticileridir. Önümüzdeki yıllarda OECD ülkelerinde önemli bir büyüme kat etmesi beklenen denizüstü (offshore) rüzgâr enerjisinin 2019 yılında toplam rüzgâr üretimindeki payı %7 olmuştur.

Biyoyakıtlardan elektrik üretimi, 2000-2019 yılları arasında yıllık ortalama %5,4 büyüyerek 2019 yılı itibariyle yenilenebilir elektrik üretiminin %10,4’ünü oluşturmuştur. Jeotermal elektrik üretimi ise 2000-2019 yılları arasında önemli bir büyüme yaşamamıştır. OECD ülkelerinde yıllık ortalama %3,5 oranında büyüyen jeotermal elektriğin en büyük üreticileri ABD, Yeni Zelanda ve Türkiye’dir. İzlanda ısıtma talebinin %90’ından fazlasını jeotermal enerjiden sağlamaktadır. Güneş enerjisi termal üretimi ise 1980’li ve 90’lı yıllarda hızlı bir büyüme yaşayarak 1998’de 887 GWh’ye ulaşmış, ancak sonraki yıllarda durgunlaşmış, 2007’den itibaren İspanya ve ABD’de artış göstermiştir. İspanya ve ABD 2019 yılında güneş termal elektrik üretiminin yaklaşık %100’ünü karşılamışlardır. Diğer bir yenilenebilir kaynak olan dalga (gel-git) ise elektrik üretiminden çok az bir pay almış olup, bu kaynaktan elektrik üreten ülkeler Fransa, Güney Kore, Kanada ve Birleşik Krallık olmuştur (IRENA, 2021m).

1.2.4. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Piyasası Gelişmeleri

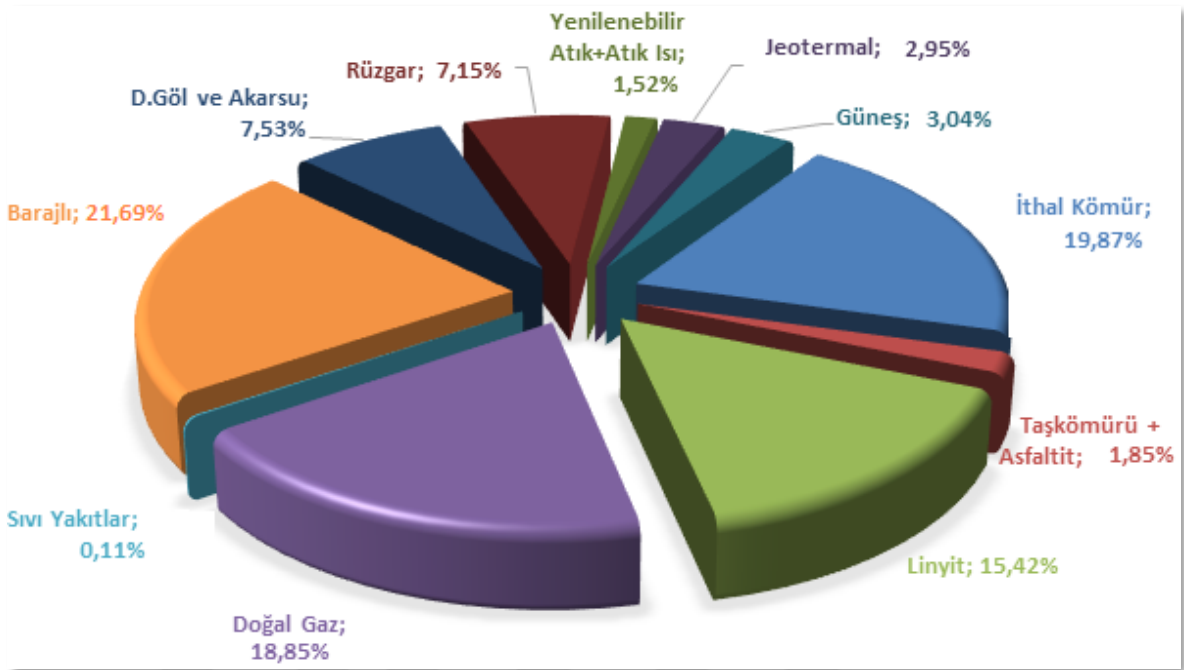
Türkiye’de yenilenebilir enerji üretiminin neredeyse tamamı uzun yıllar hidroenerji kaynaklarından sağlanmıştır. Hidroelektrik, aynı dönemde toplam elektrik üretiminde diğer enerji türleri içinde de en yüksek payı alan enerji kaynağı olmuştur. 2000’li yıllara gelindiğinde ise 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu (2001) ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun (2005) gibi enerji piyasasına ilişkin yürürlüğe sokulan düzenlemeler ile Türkiye’deki enerji piyasasında ve özellikle yenilenebilir enerjinin yapısında dönüşüm yaşanmıştır.



Grafik 1.18 Türkiye’de Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Üretimi (2000-2019)

Kaynak: Yazar tarafından TEİAŞ Elektrik İstatistikleri kullanılarak oluşturulmuştur.

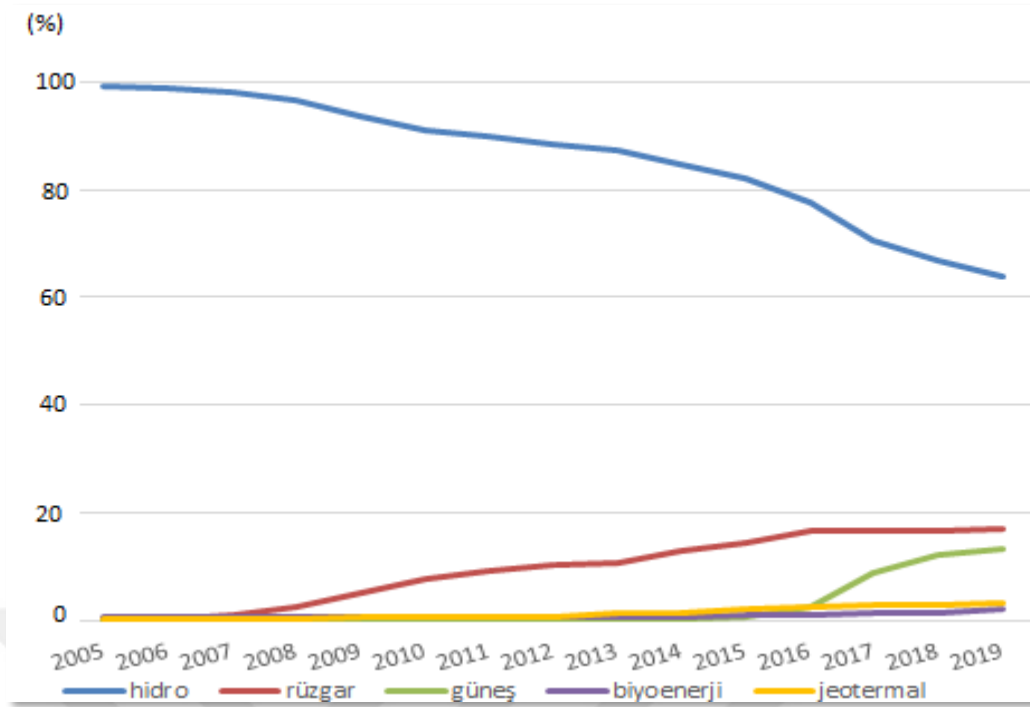
2000-2019 yılları arasında Türkiye’nin elektrik üretiminin enerji kaynakları arasındaki dağılımı Grafik 1.18’de gösterilmiştir. 2010 yılına kadar son derece az miktarda olan hidro dışı yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi, 2010 yılından itibaren rüzgâr ve güneş enerjisinde görülen hızlı artışla birlikte toplam elektrik arzına önemli bir katkı sağlamıştır. Grafik 1.18’e bakıldığında Türkiye’de elektrik üretimi, artan talebe paralel olarak yıllar itibariyle düzenli olarak artmaktadır. Türkiye’de 2019 yılı itibariyle 303.897 GWh elektrik üretilirken 303.320 GWh elektrik tüketilmiştir. 2019 yılı itibariyle Türkiye’de üretilen elektriğin %57,6’sı termik, %42,4’ü yenilenebilir enerji santrallerinden elde edilmiştir. Grafik 1.19’da görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin payları hidrolik için %29,2, rüzgâr için %7,15, güneş için %3,04, jeotermal için %2,95’tir.



Grafik 1.19 Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2019)

Kaynak: TEİAŞ, 2021.

Türkiye’de 2005 yılında 13.025 MW olan toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi, 2019 yılı itibariyle neredeyse 3,5 kat artarak 44.587 MW seviyesine gelmiştir. 2005 yılına kadar hidroelektrik tesislerinin toplam yenilenebilir enerji kapasitesindeki payı %99 seviyesindeyken, 2006’dan sonra rüzgâr, 2012’den sonra jeotermal, 2015’ten sonra güneş enerjisi kurulu kapasitesindeki artışlar neticesinde 2019 yılı itibariyle %64’e gerilemiştir. 2019 yılı itibariyle hidro dışı yenilenebilir kaynaklardan en yüksek kapasiteye %17 payla rüzgâr enerjisi sahip olurken, onu %13,5 ile güneş PV, %3,4 ile jeotermal, %2,2 ile biyoenerji takip etmektedir. 2019 yılı itibariyle güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi toplamı (13.587 MW), 2005 yılındaki toplam yenilenebilir enerji kapasitesini (13.025 MW) aşmıştır.



Grafik 1.20 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kurulu Kapasite Oranları (2005-2019)

Kaynak: Yazar tarafından TEİAŞ Elektrik İstatistikleri kullanılarak oluşturulmuştur.

2010 yılına kadar dünyadaki güneş enerji kapasitesinin tamamına yakınına OECD ülkeleri sahipken, sonraki yıllarda OECD dışı ülkelerde de güneş enerjisi konusunda ciddi gelişmeler olmuş ve 2019 yılı itibariyle toplam kapasiteden yarıya yakın bir pay almışlardır. Son yıllarda dünyada olduğu gibi Türkiye’de de her geçen yıl güneş enerjisine ilginin arttığı görülmektedir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741,07 saat olup, ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Türkiye’de de 2010 yılında sadece 6 MW olan güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu kapasitesi, Aralık 2020 sonu itibariyle 6.667 MW olmuş, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı ise %3,6 olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2021d). Buna rağmen Ek-1’de gösterilen Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlasında da görüleceği üzere güneş açısından oldukça zengin bir kaynağa sahip olunmasına rağmen kurulu kapasite düzeyi oldukça azdır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerine başta OECD ülkeleri olmak üzere dünyada son yıllarda artan ilgiye rağmen Türkiye bu teknoloji için bir ilerleme kaydetmemiştir.

Türkiye’de hidro dışı en yüksek kapasiteye sahip yenilenebilir kaynak olan rüzgârda ise sahip olunan potansiyel henüz tam olarak kullanılamamaktadır. Rüzgâr enerjisinde yatırımların ekonomik olması için RES kurulan bölgeler 7 m/s üzeri hızlarda rüzgâra sahip olmalıdır. Ek-2’deki Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyel atlasında rüzgâr santrali için en

elverişli bölgeler sarı ve turuncu renkte gösterilmiştir. Türkiye’de kurulabilecek rüzgâr elektrik santrallerinin toplam kapasitesi, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası verilerine göre 47.849,44 MW düzeyindedir. Türkiye’de 2010 yılında 1.320 MW olan rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi, Aralık 2020 sonu itibariyle 8.832 MW’ye çıkmış, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %8,09 olarak gerçekleşmiştir. Bölgesel olarak bakıldığında, Marmara ve Ege bölgelerindeki illerde rüzgâr potansiyelinden ortalama %15 düzeylerinde faydalandığı, ancak özellikle Karadeniz bölgesinde %1-2 gibi düşük oranlarda kaldığı görülmektedir (ETKB, 2021e).

Türkiye’nin üç tarafı denizlerle çevrili olmasına rağmen henüz bir offshore santrali bulunmamaktadır. Bununla birlikte potansiyel offshore rüzgâr santrali kurma alanları üzerinde birtakım çalışmalar da yapılmaktadır. Bu konu üzerinde Argın ve Yerci (2015) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre, ilk olarak Gökçeada, Bozcaada, Samandağ, Amasra ve İnebolu bölgelerinin bu santraller için uygun olabileceği belirlenmiştir. Ancak, bu bölgelerdeki olası bir tesis yerinin deniz derinliği, deniz taban yapısı, karaya uzaklığı ve bu bölgelerdeki olası bir tesis yerinin en yakın trafo istasyonuna olan uzaklığının dikkatli bir şekilde analiz edilmesi, ayrıca uzun vadeli rüzgâr hızı ve denizdeki yüksek irtifa rüzgâr enerjisi potansiyelinin kesin karar vermeden önce gözlemlenmesi gerektiği belirtilmiştir (Argın ve Yerci, 2015:969). Bununla birlikte Türkiye offshore rüzgâr santralleri konusunda son zamanlarda attığı adımlarla bu potansiyelden uzun vadeli olarak yararlanmak istemektedir. Offshore YEKA RES çalışması kapsamında 3 adet Aday YEKA [Saros, Gelibolu-Şarköy ve Kıyıköy] belirlenerek yarışma ilanı yayımlanmasına rağmen herhangi bir başvuru olmamıştır (ETKB, 2018:71). Son olarak açık deniz rüzgâr enerjisinde dünyada ilerlemiş ülkelerden biri olan Danimarka ile önemli bir anlaşma imzalanarak, beraber çalışılması üzerinde anlaşma sağlanmıştır.

Türkiye, 2019 yılı itibariyle 28.503 MW değerindeki hidroelektrik kurulu gücü ile dünyada 9.sırada yer almaktadır. Hidrolik kaynakların teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh, teknik potansiyeli 216 milyar kWh, ekonomik potansiyeli ise 160 milyar kWh/yıl’dır. Hidroenerjinin yenilenebilir enerji içindeki payı gitgide düşse de toplam elektrik üretimindeki %20 düzeyindeki payı ile önemini korumaktadır. Türkiye’deki hidroelektrik santrallerinin tamamı geleneksel HES olup, henüz pompaj depolamalı HES bulunmamaktadır. Bununla birlikte Enerji İşleri Genel Müdürlüğü’nün çabaları sonucunda Japon uzmanlar eşliğinde yapılan çalışmalarla çeşitli kriterlere göre pompaj depolamalı HES için uygun yerler tespit edilmeye çalışılmış, yapılan elemeler sonucunda alt rezervuarları Gökçekaya Barajı ve

HES olan Gökçekaya Pompajlı HES (1400 MW) ve Altınkaya Pompajlı HES'in (1800 MW) kavramsal tasarımı yapılmıştır (ETKB, 2021g).

Türkiye jeotermal enerjide önemli bir ülke konumunda olup, dünya jeotermal kapasitesinin %10'una, OECD kapasitesinin yaklaşık %17'sine sahiptir. Türkiye konum olarak bulunduğu aktif tektonik kuşak ve sahip olduğu 1.000 adet doğal sıcaklık kaynakları nedeniyle jeotermal açıdan dünyada önemli bir yerde bulunmaktadır. Ek 3'te gösterildiği üzere jeotermal potansiyele sahip alanların %78'i Batı Anadolu, %9'u İç Anadolu, %7'si Marmara Bölgesi, %5'i Doğu Anadolu Bölgesinde, kalan %1'i diğer bölgelerde bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan jeotermal kaynaklar %90 oranında düşük ve orta sıcaklığa sahip olduğundan termal turizm, ısıtma ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için uygunken, sadece %10 oranında jeotermal kaynak elektrik enerjisi üretimine uygundur. 2004 sonu itibari ile kullanılabilir ısı kapasitesi 3.100 MWt iken Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'nun 2008 yılında yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de bu alandaki çalışmaları ile birlikte Türkiye'nin toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35.500 MWt düzeyine yükselmiştir. Yapılan tahminlere göre, Türkiye'nin jeotermal ısı potansiyeli 31.500 MWt olup, elektrik üretimi için potansiyeli 2000 MWe düzeyindedir (ETKB, 2021h).

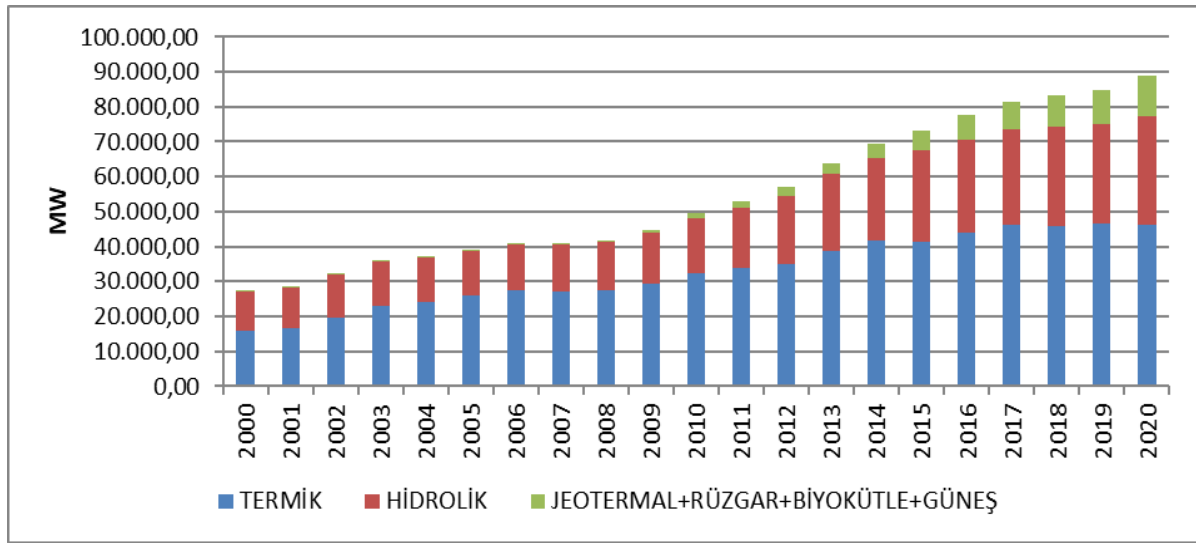
IEA/IRENA verilerine göre dünya ve OECD ülkelerinde 2000 yılından 2020 yılına kadar geçen sürede jeotermal enerji kapasitesi yaklaşık %50 oranında artmıştır. Türkiye'de ise 2010 yılında 18 MW olan jeotermal kapasitesi, hızlı bir yükseliş göstererek 2020 yılı itibariyle 1.515 MW seviyesine gelmiş, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %3,25 olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye'de 2000 yılında hidroenerjiden sonra en yüksek kapasiteye sahip yenilenebilir kaynak olan biyoenerjinin yenilenebilir kaynaklar içindeki payı 2018 yılı itibariyle %0,7'den %1,4'e çıkmış olmasına rağmen, diğer hidro dışı yenilenebilir kaynaklar kadar hızlı bir artış göstermemiştir. Bununla birlikte biyoenerjinin yapısı değişmiş olup, 2000 yılındaki kapasitenin tamamına yakını katı biyoyakıtlardan oluşurken, 2018 itibariyle %80'in üzerinde biyogaz üretme kapasitesine sahip olunmuştur. Türkiye'nin biyokütle atık potansiyeli ve biyogaz miktarının yaklaşık olarak sırasıyla 8,6 Mtep ve 1,5-2 Mtep olduğu düşünülmektedir (ETKB, 2021f).

Dalga (gel-git) enerjisinde Türkiye'de deneme amaçlı yapılan birkaç tesis dışında henüz kayda değer bir üretim bulunmamaktadır. Türkiye için yapılan çalışmalarda, dalga enerjisi denemeleri için en uygun yerlerin Batı Karadeniz bölgesi, İstanbul Boğazı'nın kuzey kısmı ve Ege Denizi'nin güneybatı kısımları olabileceği değerlendirilmiştir. Dalga gücü yoğunluğunun 6,6-7,6 kW/m arasında olduğu, dalga yüksekliklerinin yılın büyük bölümünde

1,21 m., dalga periyotlarının 6,09 sn. ulaştığı başta Kalkan olmak üzere Marmaris-Finike arasında yer alan bölge dalga enerjisi açısından değerlendirilebilecek bölgelerdir (Sağlam ve Uyar, 2005:5).

Türkiye’de lisanslı kurulu gücün 2000 yılından itibaren kaynak bazında gelişimi Grafik 1.21’de verilmiştir. 2000-2020 yılları arasında biyokütle, güneş, rüzgâr ve jeotermal gibi hidro dışı yenilenebilir kaynakların toplam kurulu güç içerisindeki payının her geçen yıl arttığı görülmektedir. 2020 yılı itibariyle lisanslı kurulu güç içinde yenilenebilir kaynakların payı rüzgâr için %9,84, jeotermal için %1,81, güneş için %0,46, hidrolik için %34,8’dir (EPDK, 2021a:33).



Grafik 1.21 Türkiye Lisanslı Kurulu Güç Gelişimi (2000-2020)

Kaynak: EPDK, 2021:29.

Türkiye’nin 2020 yılında sahip olduğu lisanssız kurulu güç, bir önceki yıla oranla %8,15 artarak 6.823,47 MWe olurken, bu miktarın %91,71’i güneş PV enerjisine dayalı santrallerden oluşmaktadır. Ayrıca, lisanssız üretim miktarı 2020 yılında bir önceki yıla oranla %14,41 artış göstererek 11.245,4 GWh olmuş, bunun %96,27’si güneşten, %2,43’ü biyokütleden, %1,30’u rüzgâr ve hidrolikten elde edilmiştir (EPDK, 2021a:36).

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK POLİTİKALARI

Tez çalışmasının ikinci bölümünde öncelikle yenilenebilir enerjinin önemi, dünyada çevre sorunlarına ilişkin düzenlemeler ve anlaşmalar, yenilenebilir enerji konusunda AB’de yaşanan gelişmeler ve yenilenebilir enerjide önemli uluslararası kuruluşlar gibi yenilenebilir enerjinin teşvikinde önemli görülen hususlar açıklandıktan sonra yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşmasının önündeki engeller ele alınmıştır. Daha sonra ise OECD ülkeleri ve Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikaları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1. Yenilenebilir Enerji Teşvikinde Önemli Hususlar

2.1.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi

2.1.1.1. Enerji-Büyüme İlişkisi

1970’lerde yaşanan petrol krizleri ve bunun sonucunda gerçekleşen petrol fiyatlarındaki artışlar, dünya genelinde ülkelerin ekonomik büyümesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle 1970’lerin sonlarından itibaren ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki ekonomistlerin en çok ilgi duyduğu konulardan birisi olmuştur. Literatürde enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişki genel olarak büyüme, geribildirim, koruma ve yansızlık olmak üzere 4 ana grupta ele alınmıştır. Enerji tüketiminin ekonomik büyümede önemli bir rol oynadığını varsayan büyüme hipotezine göre, enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Yapılan ampirik çalışmalar da %80 oranında bu hipotezi desteklemektedir. Bu durumda, enerji tüketimini azaltan enerji tasarrufu politikaları ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyecektir. Geribildirim hipotezi ise enerji tüketimi ile büyüme arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğunu varsaymaktadır. Buna göre, ekonomik büyüme enerji tüketimini artırmakta, enerji tüketimi de ekonomik büyümeyi etkilemektedir. Ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik varsa koruma hipotezi desteklenmektedir. Son olarak, tarafsızlık hipotezi, enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını belirtmektedir (Aslan vd. 2013:281).

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik ampirik sonuçlar, enerjinin ekonomik büyümeyi etkilediğini varsayan büyüme ve geribildirim hipotezlerini desteklemektedir. Çünkü üretim; ana akım büyüme modellerinin sunduğu gibi yalnızca emek ve sermayenin değil, aynı zamanda enerjinin de bir fonksiyonudur. Hem teori hem de zaman

serisi sonuçları bunu desteklemektedir (Stern, 2010:38) Enerji, hemen hemen tüm mal ve hizmetler için girdi olmasının yanı sıra üretilen enerjinin ihracı yoluyla da ekonomik büyümeyi etkilemektedir. Dünyada enerji kaynaklarına yoğun şekilde sahip olan ülkeler ile en çok enerji tüketen ülkelerin sahip oldukları yüksek gelir seviyeleri, enerji ile büyüme arasında önemli bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan enerji, elde edilmesinde, transferinde ve dağıtımında iş imkânları yaratarak ekonomik büyümeyi etkiler. Enerji fiyatları da ekonomiyi çeşitli mekanizmalar yoluyla doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. İlk olarak, ithalat, ihracat ve enflasyon üzerinde etkide bulunarak ticaret dengesini, cari dengeyi ve dolayısıyla ekonomik büyümeyi etkiler. İkinci olarak, kamu borcu, harcamalar ve vergiler üzerinde etkide bulunarak bütçe açığını ve dolayısıyla ekonomik büyümeyi etkiler. Son olarak, enerji fiyatları üretim maliyetini etkileyerek, ihracatın rekabetçiliğini, ekonomik faaliyetleri ve dolayısıyla ekonomik büyümeyi etkiler (Samawi, 2017:195).

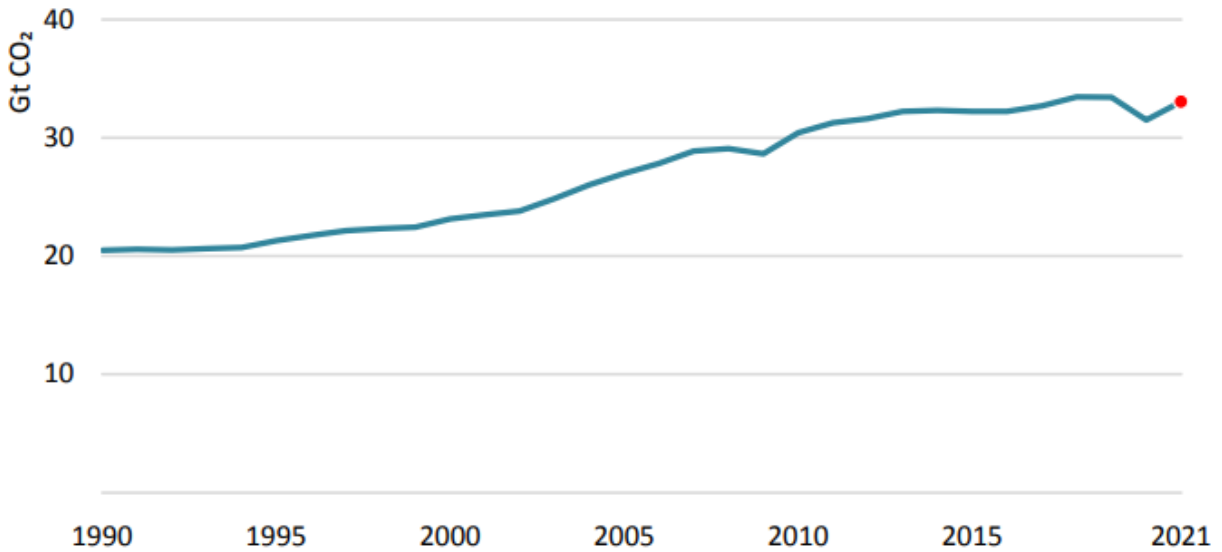
Ekonomik büyüme ile önemli bir ilişkisi olan enerjinin hangi kaynaktan elde edildiği çevresel ve ekonomik etkileri açısından önemlidir. IEA'nın yayınladığı 2018 yılı verilerine göre dünya toplam birincil enerji arzı, %80'den fazla oranda petrol, kömür, doğalgaz gibi hidrokarbon içeren fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Son yıllarda yapılan bir takım ampirik çalışmalarda (Özbek ve Apaydın, 2020; Shahbaz vd., 2020) fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçilmesinin büyüme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmalar yenilenebilir enerjiye geçiş hızı ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönde bir nedensellik olduğunu ortaya koymaktadır.

2.1.1.2. Hava Kirliliği ve Küresel Isınma

Yenilenebilir enerjiye ihtiyaç duyulmasının en önemli sebeplerinden birisi dünyada enerji ihtiyacı için hâkim şekilde kullanılan fosil yakıtların sebep olduğu hava kirliliği ve küresel ısınmadır. Hava kirliliği çeşitli sağlıklı sorunlarına yol açarak her yıl yaklaşık yedi milyon erken ölüme neden olmaktadır. DSÖ verileri, her 10 kişiden 9'unun yüksek düzeyde kirlenici içeren hava soluduğunu göstermektedir (WHO, 2019). Hava kirlenici emisyonlarının en yaygınlarından birisi kükürtdioksit (SO₂)'tir. Egzoz emisyonlarının içinde bulunan kükürt yakıtın yoğunluğu ile doğru orantılı olarak değişir. Bir diğer kirlenici madde olan azotoksitler, çoğunlukla karayollarındaki araçların egzozundan ve sabit yakma tesislerinden salınırlar. Karbonmonoksit (CO) ise, yakıtlar tam olarak yanmadığı zaman oluşan, rengi ve kokusu olmayan bir gaz olarak atmosferde kolay yok olmayan bir gazdır. Yanma esnasında yeterli hava değerine ulaşamayan yakıtın eksik yanması sonucu CO emisyon seviyesi yükselir. Bir diğer kirlenici gaz olan karbondioksit (CO₂) gazı da çoğunlukla motorlu taşıt egzozlarının yanı

sıra bitki ve diğer canlıların gerçekleştirdikleri solunumlar ve enerji üretim tesislerindeki yanmış gaz şeklinde atmosfere salınırlar (İlkılıç ve Behçet, 2006:66-70).

Güneşten dünyaya gelen radyasyon büyük oranda yer yüzeyi tarafından emilmesine karşın, bir bölümü atmosfere yansır. Diğer taraftan yeryüzü tarafından emilen güneş ışınları ısıya dönüşerek, kızılötesi ışıma neden olur. Oksijen ve azot gazı tarafından emilemeyen bu kızılötesi ışımlar, havadaki CO₂ ve CFC (kloroflorokarbon) gazları tarafından emilerek, atmosfer dışına çıkması engellenir. Bu olayın sonucunda, atmosferde ısınma meydana gelir. Dünya'daki yaşamı sürdürmeye yarayan bu etki, sera etkisi olarak adlandırılır (Çelik vd., 2008:5). Diğer taraftan atmosferdeki sera gazı miktarının artması sera etkisi sonucu oluşacak ısı miktarını da artırır. Küresel yüzey sıcaklıklarında 1906-2005 arası dönem için ortalama olarak 0,74 °C artış gözlemlenmiş olup, yapılan tahminlere göre 1990-2100 arası dönem için 2-4,5 °C arasında bir artış olacağı öngörülmektedir. Küresel ısınma sonucunda, hidrolojik döngünün değişmesi, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, bazı bölgelerde yüksek yağışlar görülürken bazı bölgelerde ise kuraklık oluşması gibi, ekolojik sistemleri ve dünyadaki yaşamı derinden etkileyecek değişiklikler beklenmektedir (Türkeş, 2008:1-3).



Grafik 22 Dünya CO₂ Emisyon Oranları (1990-2021)

Kaynak: IEA, 2021a:11.

Düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş, hem dış mekân hem de evsel hava kirliliğini azaltarak hava kalitesini iyileştirmede önemli bir rol oynar. Talep tarafında enerji verimliliği önlemleri ve arz tarafında yenilenebilir enerjilere geçiş dâhil olmak üzere, kullanılan fosil yakıtların toplam miktarını azaltan düşük karbonlu önlemler, hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin azaltılmasının acil bir konu olduğu ülkelerde, sağlıkla ilgili bu etkilerin

üstesinden gelme noktasında eylem planlarının önemli bir parçası konumundadır. Bununla birlikte Grafik 2.1’de görüldüğü üzere Dünya’daki CO₂ emisyonları, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşmasına rağmen giderek artmaktadır. Bugün dünyanın karşı karşıya kaldığı küresel ısınma ve hava kirliliği ile mücadeleye, çevreye minimum düzeyde zararı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasıyla önemli bir katkı sağlanacağı herkes tarafından kabul edilmektedir (IEA, 2021a:11).

2.1.1.3. Enerjiye Erişim

Modern enerjiye erişim; temiz su, temizlik ve sağlık hizmetlerinin sağlanması, güvenilir ve verimli aydınlatma, ısıtma, ısınma, pişirme, mekanik güç, ulaşım ve telekomünikasyon hizmetlerinin sağlanması için gereklidir. Enerjiye evrensel erişim bir gelişme şartıdır. Enerji, kalkınmanın katalizörü ve kolaylaştırıcısıdır. Toplumlar, güvenilir, yeterli ve uygun fiyatlı enerji hizmetleri olmadan gelişemezler. Onlarca yıllık ulusal ve uluslararası çaba, modern enerjiye erişimde etkileyici kazanımlar sağlamıştır (IRENA, 2021g).

Bununla birlikte, günümüzde dünya çapında, 1,1 milyardan fazla insan elektriğe erişimden mahrum kalmaktadır. Tahminler, 600 milyon civarında insanın 2040 yılına kadar elektriğe erişemeyeceğini göstermektedir. Bu durum, insanları enerji ihtiyaçlarını karşılamak için pahalı ve çevresel olarak tehlikeli olan dizel veya petrole yönelmeye zorlamaktadır. Bu arada, 2,9 milyar insan hala yemek pişirmek ve ısınmak için odun, hayvan pisliği ve kömür gibi katı yakıtlara bağlıdır. Bu durum da yüksek düzeyde iç mekân kirliliği, ciddi sağlık sorunları ve çevresel bozulmaya yol açmaktadır (UNDP, 2019).

BM üyesi tüm ülkeler tarafından kabul edilen ve Ocak 2016’da yürürlüğe giren ‘Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’ isimli dokümanda, evrensel enerjiye erişime ilişkin olarak, modern enerjiye erişimi olmayan insanların sayısının 2030 yılı itibariyle sıfıra kadar düşürülmesi hedeflenmektedir. Böylece ilk kez herkes için uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerji sağlama hedefi sunularak modern enerji hizmetlerine erişimin önemi konusunda yeni bir siyasi anlaşmanın altı çizilmiştir. Bu konudaki tartışmaya diğer önemli bir katkı, IEA tarafından hazırlanan ‘Dünya Enerji Görünümü (WEO) 2017’nin parçası olan ‘Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu’ ve gelişmekte olan ülkelerde enerji erişiminin durumu ve 2030’a kadar evrensel modern enerji erişimine ulaşma umutları hakkında ayrıntılı analiz sağlayan ‘Enerji Erişimi Görünümü 2017’dir. Son olarak WEO 2019’un özel odaklanmış olduğu ‘Afrika Enerji Görünümü 2019’ raporunda da, Afrika’da enerji hizmetlerine erişimin mevcut durumu detaylı olarak analiz edilmiştir (IEA, 2021g).

Teknolojilerdeki gelişmeler, enerji erişiminde belirlenen hedeflere ulaşmak için yeni fırsatlar sunmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin azalan maliyeti, uygun maliyetli ve enerji tasarruflu cihazlar ve dijital ve mobil özellikli platformlardan yararlanan yeni iş modelleri elektrik erişimi olmayanlara yönelik mevcut çözümlerin sayısını artırmaktadır. Bununla birlikte, özellikle yemek pişirmede temiz enerjiye erişim için birçok zorluk devam etmektedir (IEA, 2021g).

Dağıtılmış yenilenebilir enerji kaynakları (DREA) sistemleri dünyanın kırsal ve uzak bölgelerinde yaşayan milyonlarca insanın geçim kaynaklarını iyileştirmede ve enerji ihtiyaçlarını karşılamada kilit bir rol oynayabilir. DREA sistemleri, merkezi bir elektrik şebekesinden bağımsız olarak enerji üretebilen ve dağıtabilen yenilenebilir enerji tabanlı mikro veya mini sistemlerdir. Bu sistemler, gelişmekte olan dünyanın hem kentsel hem de kırsal alanlarında aydınlatma, elektrik, yemek pişirme, ısıtma ve soğutma dâhil olmak üzere çok çeşitli hizmetler sunmaktadır. Hâlihazırda, Afrika'daki nüfusun %5'i ve Asya'daki nüfusun %2'si - ya da bu iki bölgedeki yaklaşık 150 milyon insan - şebeke dışı güneş enerjisi sistemleri yoluyla enerji erişimi elde etmektedirler (REN21, 2019:133).

2.1.1.4. Enerji Güvenliği

Toplumları fosil yakıt kullanımından yenilenebilir enerji kaynaklarına geçirmek, enerji güvenliğinin sağlanması açısından son derece önemlidir. IEA tarafından, uygun bir fiyata enerji kaynaklarının kesintisiz kullanılabilirliği olarak tanımlanan enerji güvenliği, çok çeşitli ekonomik ve teknik faktörlerden etkilenmektedir. Bunlar, ithalat bağımlılığı, erişilebilirlik, sosyal kabul edilebilirlik, altyapı ve yönetişimdir. Enerji güvenliği uzun vadede temel olarak ekonomik gelişmeler ve çevresel ihtiyaçlar doğrultusunda enerji tedarik etmek için zamanında yapılan yatırımlarla ilgilenirken, kısa vadede, enerji sisteminin arz-talep dengesindeki ani değişikliklere derhal tepki verme yeteneğine odaklanmaktadır (IEA, 2021h).

Temel enerji kaynaklarına güvenli erişim, devletlerin ekonomik ve teknolojik gelişimleri ile toplum refahının kesintisiz şekilde sürdürülebilmesi ve devletlerin ulusal güvenliklerini sağlamalarında hayati bir öneme sahip olmuştur. Enerji güvenliğinin fiziksel ve ekonomik olmak üzere iki boyutu bulunur. Fiziksel açıdan, belirli bir bölgede bulunan enerjinin, üzerinde denetim sağlanması ve dünya piyasalarına güvenle ulaştırılmasıdır. Ekonomik açısından ise, enerji maliyet olarak düşük ve fiyat olarak karşılanabilir olmalıdır. Fiziksel ve ekonomik olarak enerji güvenliğinin sağlanmasında bölge ve kaynak çeşitliliği yoluyla tek bir enerji kaynağına ve bölgeye bağımlı olunmaması, yerel ve alternatif

kaynaklara yatırım yapılması, acil durumlar için stratejik rezerv olarak enerji kaynaklarının depolanması konuları önem kazanır (Özkul, 2010:51).

Enerji arz güvenliği, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ekonomilerin karşı karşıya olduğu büyük bir zorluktur. Enerji arz güvenliği ekonomik büyümeyle ilgili diğer hedeflere ulaşmaları açısından, hükümetlerin kilit bir hedefi olmalıdır. Güvenlik riskleri, artan yük talebini karşılayacak elektrik altyapı sisteminin yetersizliği; merkezi enerji üretim yapılarına, iletim ve dağıtım şebekelerine veya gaz boru hatlarına bir saldırı tehdidi veya siyasi eylemlerden kaynaklanan küresel petrol tedarik kısıtlamalarını içerir. Petrol ve doğalgaz piyasalarındaki aşırı oynaklık bir güvenlik riski oluşturabilir (IEA, 2019i). Petrol rezervlerinin yaklaşık %80'inin OPEC üyesi ülkelerin kontrolünde olması ve bu ülkelerde yaşanan siyasi ve ekonomik istikrarsızlıklar petrol fiyatlarında dünya ekonomisini de derinden etkileyen dalgalanmalara sebebiyet vermektedir (Elmas, 2019:35).

Yenilenebilir enerji sistemleri, enerji arzının istikrarındaki bozulma riskini ve birçok ülkenin ithal yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak için önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları yaygın olarak dağıtılmış olup, pek çok yerde elektrik, ısı ve ulaştırma yakıtları üretmek için alternatif seçenekler sağlamaktadır (Ölz vd., 2007:64). Elektrik açısından enerji güvenliği, iyi işleyen modern toplumlar ve ekonomiler için hayati öneme sahiptir. Dijital teknolojiler, iletişim altyapısı ve endüstriyel operasyonların hepsi güvenilir ve verimli bir elektrik tedarikine bağlıdır. Ülkeler elektrik üretimi için daha az karbon yoğunluğu olan kaynaklara geçtikçe, sistem operatörleri bir dizi devam eden zorluklarla karşı karşıya kalırlar. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen enerjinin genellikle kesintili olması nedeniyle bunları telafi etmek için şebekede yüksek derecede esneklik gerekmektedir. Bu nedenle hükümetlerin, mevcut piyasaların ve düzenleyici çerçevelerin güvenilir, uygun maliyetli ve verimli bir elektrik arzı sağlamaya devam etme yeteneği konusunda endişeleri giderek artmaktadır (IEA, 2021i).

AB ülkeleri arasında üye ülkelerin enerji güvenlik skorlarının hesaplamak için kullanılan RESI endeksi, ülkelerin ulusal enerji talebini karşılamada yeterliliği ve elektrik üretiminde yenilenebilir teknolojilerin payına dayanarak hesaplanmaktadır. En yüksek skorun '1' olduğu endekste, 28 AB ülke ortalaması 0,25 olup, Avusturya 0,7 puanla ilk sırada yer almakta, onu İsveç ve Portekiz izlemektedir. Fosil yakıt ve nükleer elektrik üretimindeki payının %60'larda yer aldığı İspanya RESI puanı olarak 0,36 alırken, 2050 hedeflerinde fosil ve nükleer payını %23'e düşürme hedefini gerçekleştirmesi halinde puanı 0,65'e çıkacaktır (García-Gusano, 2017:892).

IEA Elektrik Güvenliği Eylem Planı (ESAP) 2011 Bakanlar toplantısında IEA Üyesi ülkelerden gelen bakanlar tarafından onaylanmıştır. Bu çalışma, düşük karbonlu enerji sistemine kritik geçiş sırasında elektrik güvenliğindeki zorluklara odaklanmıştır. Mayıs 2015'te, G7 ülkeleri enerji bakanları, IEA'dan güç sistemi esnekliğini artırmak gibi elektrik güvenliğini artırmak için en iyi yöntemleri belirlemesine yardımcı olmasını istemiştir (IEA, 2021j).

2.1.1.5. Enerjinin Sürdürülebilirliği

Enerji açısından kaygı duyulan bir diğer konu da enerjinin sürdürülebilirliğidir. Bugünün enerji ihtiyacı karşılanırken gelecek nesiller için gerekli olan kaynakların korunması anlamına gelen enerji sürdürülebilirliği, yenilenebilir enerji ile yakından ilgilidir. Ekolojik dengenin korunması için enerji kaynaklarının yenilenebilir olmasının yanı sıra sürdürülebilir olması da gerekmektedir. Bazı kaynaklar sürekli ve yenilenebilir olmasına rağmen yaşamın sürdürülebilir olmasını engelleyebilmektedir. Sürdürülebilir olmayan enerji üretimi ve tüketimi, insan sağlığını ve yaşam kalitesini tehdit etmesinin yanında, ekosistemleri derinden etkileyerek iklim değişikliğine katkıda bulunur. Bununla birlikte, sürdürülebilir enerji yalnızca bu zorlukların üstesinden gelmekle kalmaz, aynı zamanda yoksulluğu azaltma, sosyal ilerleme, eşitlik, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik için bir motor görevi görür (UNDP, 2019; Aykal vd., 2009:78).

2.1.1.6. Sürdürülebilir Kalkınma ve İstihdam

Sürdürülebilir kalkınma, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme imkanından ödün vermeden günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir kalkınma modeli ortaya koyar. “Sürdürülebilirlik”, ülkeler tarafından ekonomik ve sosyal gelişme hedeflerinde ortak payda olarak belirlenir (SBB, 2021). Bu kavramın ilk kez kullanıldığı 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca hazırlanan Brundtland Raporu'nda, sürdürülebilir kalkınma ilkesi ile yoksulluğun ortadan kaldırılması, doğal kaynaklardan elde edilen yararın dağılımında eşitliğin sağlanması, nüfus kontrolü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi doğrudan ilişkilendirilmiştir (MFA, 2021).

Sürdürülebilir kalkınma yolunda ilerlemek ve ekonomik, sosyal ve çevresel politika hedeflere ulaşmak için yeşil büyümeye yönelik yatırımın önemli ölçüde artırılması gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın başarılması, hükümetler tarafından iklim değişikliği için referans kabul edilen 2°C düzeyindeki hedefin altında kalmayı, iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamayı, kirliliği azaltmayı, biyolojik çeşitliliğin

korunmasını ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmeyi ve ekosistem hizmetlerinin faydalarının evrensel olarak kullanılabilirliğinin sağlanmasını içermektedir. Yeşil büyüme “Doğal varlıkların, toplumsal refahın dayandığı kaynakları ve çevresel hizmetleri sunmaya devam etmesi sağlanırken, aynı zamanda ekonomik büyüme ve kalkınmayı teşvik etmek” anlamına gelir. Bunu yapabilmek için bir ekonominin, yoksulluğu azaltma ve sosyal eşitlik hususlarını ele alırken doğal kaynaklarla ilgili daha sürdürülebilir bir iddiada bulunan yeni teknolojilere, hizmetlere ve altyapıya olan yatırımları ve yeniliği tetikleyen bir büyüme dinamiğini desteklemesi gerekir (OECD, 2015:127).

Sürdürülebilir kalkınma ile yenilenebilir enerji arasında güçlü bir ilişki vardır. Birleşmiş Milletler’in sürdürülebilir kalkınma için ortaya koyduğu 17 amaçtan özellikle erişilebilir ve temiz enerji, sağlık ve kaliteli yaşam, sürdürülebilir şehirler ve topluluklar, iklim eylemi ve karasal yaşam yenilenebilir enerjiyle yakından ilgilidir.

Yenilenebilir enerjinin çevre, insan sağlığı ve enerji erişimi üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra özellikle son yıllarda istihdama olan katkısı da dikkate değerdir. Yenilenebilir enerji, her yıl dünya çapında önemli ve artan sayıda iş sağlamaktadır. IRENA’nın tahminlerine göre, yenilenebilir enerji sektöründe, 2017 yılında dünya çapında artan yatırımların etkisiyle 10,3 milyon kişi istihdam edilmiştir (IRENA, 2021h).

2.1.2. Dünyada Çevre Sorunlarına İlişkin Düzenlemeler ve Anlaşmalar

Dünyada yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması, büyük oranda fosil yakıtların sebep olduğu hava kirliliği, iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarına karşı uluslararası düzeyde oluşan farkındalık ve alınan önemli kararlar ve düzenlemeler sayesinde hız kazanmıştır. Bu alanda Birleşmiş Milletler (BM), uluslararası düzeyde öncülük ederek birçok çevresel anlaşmanın imzalanmasında aktif bir görev üstlenmiştir. 1970’lerin sonundan itibaren BM’nin öncülüğünde başlayan çevre sorunlarına ilişkin uluslararası çözüm çabaları, günümüzde dünya devletlerinin tamamına yakını tarafından desteklenmektedir.

2.1.2.1. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü

1977 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü işbirliği ile ozon incelmesini periyodik olarak değerlendirmek üzere “Ozon Tabakası Koordinasyon Komitesi” oluşturulmuştur. UNEP tarafından organize edilen konferans neticesinde 1985 yılında dünyada çevre ile ilgili ilk uluslararası sözleşme niteliğinde olan, ozon tabakasını incelten maddelerin azaltılmasına ilişkin “Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi” kabul edilmiştir. Viyana Sözleşmesi, ozon tabakasının sistematik gözlenmesi, araştırma, kloroflorokarbon (CFC) üretiminin izlenmesi, bilgi değişimi, teknoloji

transferi ve toplumsal bilgilendirmeyi öngörmektedir. Hükümetler arası işbirliğini teşvik eden bu çerçeve sözleşmede UNEP aracı bir rol üstlenmektedir (Kayhan, 2013:63-73).

Viyana Sözleşmesi'nin hemen ardından Mayıs 1985'te, İngiliz araştırma grubu tarafından Antarktika'da ozon tabakasının hasar görmesinin farkına varılması ve NASA'nın Antarktika bölgesine ilişkin yayınladığı fotoğraflar ozon tabakası meselesini kamuoyunda yeniden gündeme getirmiştir. Uluslararası boyutta bağlayıcılığı olan bir protokol hazırlanması Viyana görüşmelerinde öngörülmekteydi. Bu amaçla Montreal'de bir araya gelen, 24 ülke ve Avrupa Topluluğu Komisyonu tarafından, 16 Eylül 1987'de "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü" imzalanmıştır. Protokole göre devletlerin beş tür CFC kullanımının 1989'a kadar 1986 düzeyinde dondurulması, 1993'e kadar %20, 1998'e kadar da %30 oranında indirime gidilmesi, yani taraf devletleri 1998'e kadar CFC kullanımlarını yarı yarıya azaltmaları öngörülmüştür. Aynı koşullara uymak için gelişmekte olan ülkelere 10 yıl süre verilmiştir. Protokole göre, bilimsel ve teknik sorunlar doğrultusunda protokolün yeniden gözden geçirilebileceği öngörülmüştür. Yapılan yeniden gözden geçirmeler kapsamında; Londra'da (1990), Kopenhag'da (1992), Montreal'de (1997) ve Pekin'de (1999) değişiklikler yapılmıştır (Duru, 2014:308). 2007'de Montreal'de bir değişiklik daha yapılmış olup, son olarak 2016'da Kigali'de yapılan değişiklik ile 2040'ların sonundan itibaren, taraflarca hidroflorokarbonların %80-85 oranında azaltılması kararlaştırılarak, ülke gruplarının azaltım takvimlerine yönelik belirlemeler yapılmıştır. Türkiye Montreal Protokolü'ne 19 Aralık 1991'de taraf olmuş ve Protokole getirilen tüm değişiklikleri kabul etmiştir (MFA, 2019a).

2.1.2.2. BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1992'de düzenlenen "Rio Dünya Zirvesi" nde 'BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi' ve 'Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi' ile birlikte kabul edilen üç sözleşmeden biridir. Sözleşmenin 2 nci maddesinde sözleşmenin nihai hedefi sera gazı konsantrasyonlarını "iklim sistemine tehlikeli antropojenik (insan kaynaklı) etkileşimi önleyecek bir düzeyde" stabilize etmek olarak ifade edilmiştir. Sözleşme, "Böyle bir seviyenin, ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal olarak uyum sağlamasına izin vermek, gıda üretiminin tehdit edilmemesini sağlamak ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir bir şekilde ilerlemesini sağlamak için yeterli bir zaman dilimi içinde ulaşılabileceği" belirtmektedir (UNFCCC, 2019).

BMİDÇS ile henüz yeterli bilimsel kanıtların bulunmadığı 1994 yılında bu sorunun varlığının kabul ettirilmiş olması son derece önemli bir kazanım olmuştur. BMİDÇS,

Montreal Protokolü gibi üye devletleri bilimsel belirsizlik karşısında bile insan güvenliği yararına hareket etmeye zorlamaktadır. Ayrıca sözleşme, sera gazı emisyonlarının kaynağı olan sanayileşmiş ülkelere, kendi ürettikleri emisyonları azaltmak için sorumluluklar yüklemiştir. Ek I ülkeleri denilen bu grup, OECD ülkeleri ve “geçiş ekonomileri” olan 12 Doğu ve Orta Avrupa ülkesini içermektedir. Ek I ülkelerinden 2000 yılına kadar emisyonlarını 1990 seviyelerine düşürmesi beklenmiştir. Ayrıca sanayileşmiş ülkelerin, iklim değişikliği politikaları ve önlemleri hakkında düzenli olarak rapor verme zorunlulukları bulunmaktadır. Sözleşme çerçevesinde gelişmekte olan ülkelerdeki iklim değişikliği faaliyetlerine de yeni fonlar yönlendirilmiştir (UNFCCC, 2019).

Sözleşmede, iklim değişikliği sorununun üstesinden gelecek başarılı politikaların bir parçası olarak sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmaya değinilerek, iklim değişikliğiyle ilgili politika ve önlemlerin mümkün olduğu kadar çok küresel yararı en düşük maliyet ile sağlaması gerektiğine vurgu yapılmıştır (REC Türkiye, 2008:32). 21 Mart 1994’te yürürlüğe giren BMİDÇS’ye, Türkiye 24 Mayıs 2004 tarihinde katılmış olup, toplam 196 ülke ve AB taraftır.

2.1.2.3. Kyoto Protokolü

1995 yılında Berlin’de, 1996 yılında Cenevre’de yapılan 1. ve 2. Taraflar Konferanslarında çeşitli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, hazırlanan bildirgelerin sorunun çözümüne ilişkin ilkeler çerçevesinde oluşturulmadığına yönelik eleştiriler yöneltmiştir. Yapılan görüşmelerin devamı olarak 1-11 Aralık 1997 tarihlerinde 170 ülke ve binlerce katılımcının bir araya geldiği 3. Taraflar Konferansı Kyoto’da gerçekleştirilmiştir. Konferansın sonucunda, 11 Aralık 1997 tarihinde BMİDÇS’nin uygulama koşullarını düzenleyen bir belge olan Kyoto Protokolü taraflarca kabul edilmiştir. Kyoto Protokolü ile ilk defa sera etkisi yaratan gazların salımına ilişkin bağlayıcı hükümler kabul edilmiştir. Uluslararası alanda sera etkisinin azaltımına ilişkin kabul edilen önceki belgeler ise yalnızca gönüllü hedefler içermekteydi. Kyoto Protokolü 2005 yılında yürürlüğe girmiş olup, halen 191 ülke ve AB taraf olduğu Protokole Türkiye 2009 yılında taraf olmuştur (Duru, 2014:314).

Kyoto Protokolü’nün uluslararası çevre hukuku açısından taşıdığı önem, daha önce uygulanmamış, kapsamlı bir uygunluk mekanizmasına yer vermiş olmasıdır. Kyoto Protokolü’ne uygunluk usulleri ve mekanizmaları açısından sağlayıcı ve zorlayıcı olarak iki ayrı dalda oluşturulan Uygunluk Komitesi 2006 yılından itibaren çalışmalarına başlamıştır. Sağlayıcı dalın işlevleri açısından, Montreal Protokolü için oluşturulmuş uygunluk mekanizmasına benzer bir model benimsenmiştir. Zorlayıcı dal olarak kullanılacak yetkiler

bağlamında ise, çok taraflı çevre antlaşmalarında benzerine rastlanmayan, yargı benzeri özellikler taşıyan, kendine özgü bir mekanizma oluşturulmuştur (Anlar, 2011:71)

Kyoto Protokolü, Birinci Yükümlülük dönemi olan 2008-2012 yılları arasında BMİDÇS Ek-I ülkeleri olan sanayileşmiş ülkeler, sera gazı emisyonlarını ortalama %5,2 oranında azaltmaları için kendilerini bağlamışlardır. Protokole göre, ülkelerin emisyon azaltım yükümlülüğü paylaştırılarak, emisyonlarını hangi oranlarda azaltacakları Protokolün Ek-B'sinde tespit edilmiştir. AB'nin azaltım hedefi %8, ABD'nin %7, Japonya'nın %6 olarak belirlenirken Norveç ve Avustralya gibi bazı sanayileşmiş ülkelerin 1990 seviyelerini hafifçe artırmasına izin verilmiştir. Çin ve Hindistan da dâhil olmak üzere gelişmekte olan ülkelere ise herhangi bir yükümlülük getirilmemiştir. Protokol kabul edildiği tarihte Türkiye BMİDÇS'ye taraf ülke olmadığından emisyon azaltım taahhüdü bulunmamaktadır (Korhola, 2014:50).

Kyoto Protokolü için 2012 sonrasına ilişkin müzakereler için 2007 yılında Bali'de 'Bali Yol Haritası' oluşturulmuştur. 2009 yılında yasal olarak bağlayıcı olmasa da müzakerelere yön verecek bir siyasi uzlaşma belgesi olarak kabul edilen 'Kopenhag Uzlaşma Metni' imzalanmıştır. Son olarak, 2012 yılında Doha'da yapılan Konferansta varılan uzlaşma sonucu oluşturan 'Doha Değişikliği' ile Ek-B listesinde bulunan tarafların emisyonlarını 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararlaştırılmıştır. Bununla birlikte yürürlüğe girebilmesi için, 144 taraf ülke tarafından kabul edilmesi gereken Doha Değişikliği, 21 Şubat 2019 tarihi itibarıyla, 126 ülke tarafından kabul edilmiştir. İkinci taahhüt döneminde ABD, Japonya, Rusya ve Yeni Zelanda gibi önemli ekonomiler yer almamış; iklim değişikliğiyle mücadele, AB ile bazı küçük gelişmiş ülkelerin emisyon azaltımı konusundaki taahhütlerine bırakılmıştır (MFA, 2019b).

2.1.2.4. Paris Anlaşması

1997 Kyoto Protokolünden sonra iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturacak küresel ölçekte yeni bir anlaşma sağlamaya yönelik çalışmalar sonuç vermiş ve 12 Aralık 2015 tarihli Paris İklim Zirvesi tüm tarafların kabul ettiği 'Paris Anlaşması' ile sonuçlanmıştır. BM çatısı altında, farklı ekonomik ve sosyal yapıdaki 195 ülke, kendilerine yükümlülük ve maliyet getiren, ayrıca bağlayıcı nitelikteki böyle bir Anlaşma üzerinde uzlaşmışlardır. Kyoto Protokolü'ne göre sadece gelişmiş ülkelerin sera gazı azaltım yükümlülüğü bulunmaktaydı. Bununla birlikte ABD protokolü imzalamamış olup, çevre açısından en büyük kirlenmeye sebep olan Çin'in azaltım yükümlülüğü bulunmuyordu. Japonya, Kanada ve Rusya da 2. Kyoto Protokolü uygulamasından çıkmışlardı. Dolayısıyla

Kyoto Protokolü kapsamında toplam sera gazı salımlarının %14'ünü karşılayan ülkeler için yükümlülük söz konusuydu. Paris Anlaşmasında ise 196 ülkenin uzlaşmaya varmış, 187 ülke azaltım planı sunmuş olup, toplam küresel emisyonların %96'sından fazlasını kapsamaktadır. Paris Anlaşmasının yürürlüğe girmesi için toplam sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 ülkenin şu temel esasları onaylaması gerekmektedir (Karakaya, 2016:3).

-Gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeler emisyon azaltımı konusunda yükümlülük alacaklardır. Burada gelişmiş ülkelerin daha fazla azaltım taahhüdünde bulunmaları istenmekte, 2050 sonrası için sıfır emisyon sağlayacak (carbon neutral) konuma gelmeleri hedeflenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin ise mevcut kapasitelerine göre bir azaltım yapacaklardır.

- Sanayi devriminden bugüne kadar 1°C dereceye ulaşan küresel ısınmadaki artışın 2°C derecenin altında (mümkün oldukça 1,5°C seviyelerinde) tutulmasına karar verilmiştir.

- Gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere, iklim finansmanı, teknoloji ve kapasite geliştirme desteği sağlamaları gerekmektedir.

- Emisyon azaltımları konusunda ülkelerin geliştirdikleri politikalar, almış oldukları hedefler ve ilerleme durumları şeffaf şekilde gözden geçirmeye tabi olacaktır.

Anlaşma onay koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle Paris Anlaşması yürürlüğe girmiştir. Türkiye, 22 Nisan 2016 tarihinde New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte gelişmekte olan bir ülke vurgusuyla Paris Anlaşması'nı imzalamıştır (MFA, 2019c).

2.1.3. Yenilenebilir Enerji Konusunda AB'de Yaşanan Gelişmeler

OECD üyesi 36 ülkenin 22' sinin AB üyesi olduğu dikkate alındığında OECD ülkelerindeki politikaları analiz edebilmek için AB'nin yenilenebilir enerji politikalarının gelişiminin dikkate alınması gerekir. Avrupa Birliği enerji politikası, iklim değişikliği hedeflerini piyasalara entegre etmek için yeni ve yenilenebilir enerji biçimlerinin geliştirilmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. AB'de, yenilenebilir enerji ile ilgili eylemler genel olarak direktifler ile yönlendirmektedir. Tablo 2.1'de AB'de yenilenebilir enerji politikasına yön veren önemli politika eylemleri gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Politikasının Gelişimi

Düzenleme Yılı	Düzenleme
1996	Yeşil Kitap
1997	Beyaz Kitap
2001	Direktif (2001/77/EC)
2003	Direktif (2003/30/EC)
2007	Yenilenebilir Enerji Yol Haritası
2008	Daha İyi Bir Çevre İçin Kamu Alımları Tebliği
2009	Yenilenebilir Enerji Direktifi (2009/28/EC)
2011	Enerji Yol Haritası 2050
2015	Enerji Birliği
2015	Direktif (2015/1513)
2016	Yenilenebilir Enerji Direktifi Önerisi
2018	Revize Edilmiş Yenilenebilir Enerji Direktifi (2018/2001/EU)
2018	Revize Edilmiş Enerji Verimliliği Direktifi (2018/2002/EU)
2019	Avrupa Yeşil Mutabakatı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

20 Kasım 1996 tarihinde Avrupa Birliği Komisyonu tarafından hazırlanan ‘Gelecek İçin Enerji’ konulu ‘Yeşil Kitap’ta, ulusal destek mekanizmalarının dağınık ve değişken yapısı eleştirilerek, yenilenebilir enerji teknolojilerinin piyasaya daha hızlı nüfuz etmesinin sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynakları için AB çapında istikrarlı bir çerçeve uygulanması gerektiği savunulmuştur. Ayrıca, düzenleyici politikaların aşamalı olarak kaldırılması ve değiştirilmesi gerektiğinin altı çizilerek kota tabanlı destek araçlarının tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Jacobs, 2016:29). Bu doküman, yenilenebilir enerji kaynaklarının Avrupa’daki mevcut durumunu tanımlayarak, 2010 yılına kadar Avrupa enerji dengesine katkısını %6’dan %12 seviyesine çıkarmak amacıyla bir Avrupa stratejisinin geliştirilmesi için birkaç ilke önermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda AB çapında bir stratejiye duyulan ihtiyaç; enerji güvenliği, enerji bağımlılığının azaltılması, çevrenin korunması (sera gazı emisyonlarının azaltılması gibi), yenilenebilir enerji endüstrisinin iş ve istihdam fırsatları yaratması ve bölgesel kalkınma yoluyla Topluluk içinde daha fazla sosyal ve ekonomik uyumun sağlanması gibi pek çok AB politika hedefi ile de uyum göstermektedir. 1997 yılında Komisyon, ‘Yeşil Kitap’taki görüş ve önerilere dayanarak yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bir ‘Beyaz Kitap’ sunmuştur. ‘Beyaz Kitap’, yenilenebilir enerjinin 2010 yılına kadar AB brüt enerji tüketimindeki payının %12 olacağı hedefini desteklemektedir. Ayrıca, üye ülkelerin 2005 ve 2010’a kadar kendi hedeflerini belirlemelerini ve Birliğin stratejisi ile ilgili olarak kendi eylem planlarını önermelerini belirtmektedir (Lovinfosse, 2008:71).

1997-2000 yılları arasında yenilenebilir enerji konusundaki ilerlemenin yetersiz olması, AB'yi ilk direktifi hazırlamaya yönlendirmiştir. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından, 27 Eylül 2001 tarihinde, iç elektrik piyasasında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin teşvik edilmesi hakkında 2001/77/EC sayılı Direktif yayınlanmıştır. Bu Direktifin amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payının artışı teşvik etmek ve yenilenebilir enerji konusunda Topluluk'un gelecek çerçevesi için bir temel oluşturmaktır. Direktife göre, ulusal olarak belirlenen gösterge hedefleri, yenilenebilir enerjinin 2010 yılına kadar enerji tüketimi içindeki payının %12, toplam Topluluk elektrik üretimi içindeki payının %22,1 olarak belirlendiği küresel gösterge hedefleri ile tutarlı olmalıdır.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından, 8 Mayıs 2003 tarihinde ulaşımda biyoyakıt veya diğer yenilenebilir yakıtların kullanımının teşvik edilmesi hakkında bir direktif daha (2003/30/EC) yayınlanmıştır. Bu Direktife göre üye devletler, ulaşım alanında piyasalarında arz ettikleri tüm benzinli ve dizel yakıtların enerji içeriğinde en az belirlenen oranda biyoyakıt ve diğer yenilenebilir yakıtların yer almasını sağlamalı ve bu amaçla ulusal gösterge niteliğinde hedefler belirlemelidir. Üye devletler tarafından 31 Aralık 2005 tarihine kadar %2, 31 Aralık 2010 tarihine kadar %5,75 değerleri referans değer olarak alınacaktır.

Direktifler sayesinde yenilenebilir enerjide kayda değer bir ilerleme sağlanmasına rağmen, 2010 yılı için hedeflenen değerlerin pek çok ülke tarafından başaramayacağını ortaya çıkmaya başlaması üzerine AB Komisyonu 10 Ocak 2007 tarihinde 'Yenilenebilir Enerji Yol Haritası, 21. Yüzyılda Yenilenebilir Enerji: Daha sürdürülebilir bir gelecek inşa etmek' başlıklı bir doküman yayınlamıştır. 'Yol Haritası'nda, Komisyon 2020 yılına kadar yenilenebilir enerjinin AB enerji tüketimindeki payı için %20, biyoyakıtlar için minimum %10 oranında zorunlu bir hedef belirlemeyi ve yenilenebilir enerjinin tanıtımını ve kullanımını artırmak için yeni bir yasal çerçeve oluşturulmasını önermiştir.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından, daha önce yayınlanan 2001/77/EC ve 2003/30/ EC sayılı Direktiflerde değişiklik yapılması ve yürürlükten kaldırılması hakkındaki 2009/28/EC sayılı Direktif ile, yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımının teşvik edilmesi, sera gazı (GHG) emisyonlarının sınırlandırılması ve daha temiz bir taşımacılığı teşvik etmek için ortak bir çerçeve oluşturulmaktadır. Direktif bu yönüyle AB yenilenebilir enerji politikaları için önemli bir kaldırım taşı olmuştur. Direktif, 2020 yılına kadar yenilebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin toplam tüketilen enerji içindeki payının %20, ulaşım sektöründeki payının %10 olması gibi iddialı ve tüm AB ülkeleri için ulusal bağlayıcı hedefler belirlemektedir. Her AB ülkesi, belirlenen 2020 hedeflerine ulaşmak için ulusal eylem

planları yapacaktır. Ayrıca bu ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik, ısıtma ve soğutmanın kaynağını garanti edebilmeli, ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak için gerekli altyapıyı oluşturmaktadır.

Daha iyi bir çevre için kamunun alımlarının da çevre sorunlarını dikkate alacak şekilde yapılması gerektiği Avrupa Komisyonu tarafından önem verilen bir konudur. Yeşil Kamu Alımları, gönüllü bir araç olmasına rağmen Avrupa'daki mal ve hizmetlere yönelik kamu sektörü harcamalarının önemi göz önüne alındığında iklim değişikliği, kaynak kullanımı ve sürdürülebilir tüketim ve üretimle ilgili çevresel politika hedeflerine ulaşmak için önemli bir araç olarak görülmektedir. Yeşil Kamu Alımları, 2008 yılında Avrupa Komisyonunun yayınladığı Daha İyi Bir Çevre İçin Kamu Alımları Tebliğinde “kamu makamlarının aynı temel işleve sahip olan mal, hizmet ve işler arasında faydalı ömürleri boyunca daha az çevresel etkiye sahip olanları satın almaya çalıştıkları bir süreç” olarak ilk defa hukuksal bir çerçevede tanımlanmıştır. 2010 yılında yayımlanan Avrupa 2020 Stratejisinde, yeşil kamu alımlarının yaygınlaştırılması gerektiğine vurgu yapılmıştır (Avrupa Komisyonu, 2016:4).

Avrupa Komisyonun 2011 yılında yayınladığı Enerji Yol Haritası 2050 adlı kılavuzda; düşük karbonlu bir Avrupa için 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerinin %80-95'ine indirmenin teknik ve ekonomik fizibilitesini araştırmanın yanı sıra enerji arzı ve rekabet gücünün güvenliğini sağlama ile ilgili analizler ve öngörüler yer almaktadır. Avrupa Komisyonu, Şubat 2015'te, ileriye dönük bir iklim değişikliği politikası olan esnek bir Enerji Birliği için yeni bir strateji başlatmıştır. Enerji Birliği'nin hedefi AB tüketicilerine - hanehalklarına ve işletmelere - güvenli, sürdürülebilir, rekabetçi ve uygun fiyatlı enerji vermektir. Bu hedefe ulaşmak, Avrupa'nın enerji sisteminin temel bir dönüşümünü gerektirecektir. Enerji Birliği Stratejisi, daha fazla enerji güvenliği, sürdürülebilirlik ve rekabet gücü sağlamak için tasarlanmış birbiriyle yakından ilişkili ve karşılıklı olarak birbirini destekleyen beş boyuttan oluşmaktadır. Bunlar; enerji güvenliği, tam entegre bir iç enerji pazarı, enerji verimliliği, ekonominin karbondan arındırılması ve araştırma, yenilik ve rekabet gücüdür. Düşük karbonlu, güvenli ve rekabetçi bir ekonomiye geçişi sağlamak için Enerji Birliği Çerçeve Stratejisi'nin kabul edilmesinden bu yana kaydedilen ilerlemeyi görmek için, her yıl kaydedilen ilerleme izlenerek daha fazla dikkat edilmesi gereken konular vurgulanmaktadır (EC, 2019a).

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından yayınlanan 2015/1513 sayılı Direktif ile benzin ve dizel yakıtların kalitesi hakkındaki 2009/28/EC ve 98/70/EC sayılı AB Direktifleri değiştirilmiştir. Bu Direktif ile geleneksel (birinci nesil) biyoyakıtlardan, önemli miktarda sera gazı azaltımı sağlayan gelişmiş (ikinci nesil) biyoyakıtlara geçişi başlatmak

hedeflenmiştir. 2020 yılına kadar ulaşımda nihai enerji tüketimi için kabul edilen %10 yenilenebilir enerji kaynaklı olma hedefine ulaşmada, gıda bazlı geleneksel biyoyakıtlara %7’lik bir sınır getirilmiştir. Avrupa Komisyonunun 30 Kasım 2016’da yayınladığı yeni ‘Temiz Enerji’ paketinin bir parçası olan “Yenilenebilir Enerji Direktifi Önerisi” ise, AB’nin elektrik, ulaşım ve ısıtma-soğutma sektörlerinde nihai enerji tüketimindeki yenilenebilir enerjinin payının maliyet etkin bir şekilde 2030 yılına kadar en az %27’ye ulaşmasını toplu ve sürekli olarak sağlayabileceği ilkeleri ortaya koymaktadır.

Aralık 2018’de, AB’nin Paris Anlaşması’ndaki emisyon azaltma taahhütlerini yerine getirmesine yardımcı olma ve AB’yi yenilenebilir kaynaklarda küresel bir lider haline getirmeyi amaçlayan revize edilmiş yenilenebilir enerji direktifi (2018/2001/EU) yürürlüğe girmiştir. Genel olarak yeni direktif, 2030 için AB için en az %32’lik yeni bir bağlayıcı yenilenebilir enerji hedefi oluşturmaktadır. 2018/2002 sayılı Gözden geçirilmiş Enerji Verimliliği Direktifi ile 2023’te olası bir yukarı revizyonla 2030 için hedef %32,5 olarak revize edilmiştir (EC, 2019b).

AB, yenilenebilir enerji vizyonu kapsamında son olarak 11 Aralık 2019 tarihinde ‘Avrupa Yeşil Mutabakatı’ adlı yol haritasını kabul etmiştir. AB Komisyonu Başkanı tarafından ‘Avrupa’nın aya insan göndermesi ile eş değer’ olarak tanıtılan bu belge, önümüzdeki süreçte AB’nin çevre, iklim ve yenilenebilir enerjideki temel yönergesi olacaktır. ‘Avrupa Yeşil Mutabakatı’; tür kaybının durdurulması, atıkların azaltılması ve doğal kaynakların daha iyi kullanılması gibi hedefler, kilit sektörler için eylem planları ile özel sektör yatırımlarını teşvik etmeye yönelik teşviklerin yanı sıra 2030 yılına kadar 1990 seviyelerine kıyasla emisyonlarda %50-%55’lik bir azalma, 2050 yılına kadar AB çapında net sıfır karbon emisyonu hedefi gibi açık ve kapsamlı hedefler belirleyen bir düzenleme ve mevzuat çerçevesinde çalışacaktır (The Guardian, 2020).

Avrupa Yeşil Mutabakatı’nın geçiş aşamaları tarih sırasıyla şu şekilde gerçekleşecektir (EC, 2020):

- 14 Ocak 2020: “Adil Geçiş Mekanizması” adlı programla, en çok etkilenen bölgelerde 2021-2027 döneminde en az 100 milyar € seferber etmeye yardımcı olunacaktır. AB, yeşil ekonomiye geçişten en çok etkilenen bireylere, işletmelere ve bölgelere yardımcı olmak için finansal destek ve teknik yardım sağlayacaktır.

- 4 Mart 2020: 2050 yılına kadar iklim açısından nötr bir Avrupa Birliği sağlamak için ‘Avrupa İklim Yasası’ önerilmiştir. Ayrıca ‘Avrupa İklim Paketi’, bölgeleri, yerel toplulukları, sivil toplum kuruluşlarını, iş dünyasını ve okulları bir araya getirerek, 27 Mayıs 2020’ye kadar halkın katılımına açılmıştır.

- 10 Mart 2020: Geleceğe hazır bir ekonomi planı olan ‘Avrupa Sanayi Stratejisi’ kabul edilmiştir.

- 11 Mart 2020: Sürdürülebilir kaynak kullanımına odaklanan bir ‘Döngüsel Ekonomi Eylem Planı’ önerisi kabul edilmiştir.

- 20 Mayıs 2020:

- Gezegelimizdeki kırılgan doğal kaynakları korumak için 2030 için AB Biyoçeşitlilik Stratejisinin sunumu,

- Gıda sistemlerini daha sürdürülebilir hale getirmek için “Tarladan sofraya stratejisi” sunumu.

- 08 Temmuz 2020: Tamamen karbondan arındırılmış, daha verimli ve birbirine bağlı bir enerji sektörüne giden yolu açmak için enerji sistemi entegrasyonu ve hidrojene yönelik AB stratejilerinin benimsenmesi.

- 17 Eylül 2020: 2030 İklim Hedef Planı Sunumu

- 14 Ekim 2020:

- Yenileme dalgası

- Metan Stratejisi

- Sürdürülebilirlik için kimyasallar stratejisi

- 19 Kasım 2020: Açık deniz yenilenebilir enerji

- 9 Aralık 2020: Avrupa İklim Paketi

- 10 Aralık 2020: Avrupa Batarya İttifakı

- 18 Ocak 2021: Yeni Avrupa Bauhaus.

2.1.4. Yenilenebilir Enerjide Önemli Uluslararası Kuruluşlar

Özellikle 1970’lerde yaşanan petrol krizi sonrasında, enerjide benzer şekilde yaşanabilecek arz şoklarının önüne geçebilmek ve Paris Anlaşması’nın “küresel ortalama sıcaklıktaki artışı 2°C’nin çok altında (mümkünse 1,5°C seviyesinde) sınırlandırma” hedefine ulaşmak için, enerji sektöründe fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişin sağlanması, Birleşmiş Milletler, OECD, AB gibi en üst uluslararası organizasyonların gündemindeki en önemli başlıklardan olmuş, bünyelerinde temiz, güvenli ve sürdürülebilir bir enerji geleceği için program ve planlamalar hayata geçirmek üzere çeşitli ajans ve birlikler oluşturmuşlardır. Dünya çapında yenilenebilir enerji alanında pek çok kurum ve organizasyon bulunmakla birlikte yenilenebilir enerji türleri itibarıyla güncel verilere ve istatistiklere dayalı çalışmaları ve ülke ve ülke gruplarına izleyecekleri politikalarda yön göstermeleri açısından

en etkili olanları Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), IEA, IRENA ve REN21 olarak sayılabilir.

2.1.4.1. Birleşmiş Milletler Çevre Programı

Küresel çevre sorunlarına uluslararası alanda ilk olarak 1972 yılında Stockholm’de düzenlenen konferansta yayınlanan ‘Stockholm Bildirisi’ ile dikkat çekilmiştir. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Bildiriyi takiben 1972 yılında Birleşmiş Milletler nezdinde çevre sorunlarına yardımcı olacak Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) oluşturulmuştur. UNEP takip eden yıllarda uluslararası çevre hukuku alanında faaliyetlerini artırarak önemli bir görev üstlenmiştir. Kurulduğu günden bu yana pek çok çok taraflı çevre sözleşmesinin gelişiminde etkin rol oynayan UNEP, çevre konusunda küresel düzeyde farkındalık oluşturulması ve çevre politikaları ve hukuku alanında ilerleme sağlanması için uğraşmaktadır. UNEP, uluslararası düzeyde çevre politikalarına yön verme misyonunun gereği olarak, emisyon salımı ve küresel ısınma sorunlarının çözümü için enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımını desteklemekte, bu konudaki çalışmalarında dört alana odaklanmaktadır (UNEP, 2019).

- Bilimsel anlayışı geliştirmek,
- Hükümetlere sağlıklı politika tavsiyeleri sunmak,
- Temiz enerji için kamu ve özel finans faaliyetlerini hızlandırmak,
- Temiz enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasını desteklemek.

UNEP’in gerçekleştirdiği çalışmalar, ‘Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’, ‘BM İklim Değişikliği Sözleşmesi’ ve ‘Herkes İçin Sürdürülebilir Enerji Girişimi’ gibi kilit BM süreçlerine katkıda bulunmaktadır. Küresel bir ortaklık içinde gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeler için acil bir eylem çağrısı olan ‘Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’, 2015 yılında tüm Birleşmiş Milletler Üye Devletleri tarafından kabul edilmiştir. Bu hedeflerden özellikle “Herkes için uygun fiyatlı, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişimin sağlanması” ve “İklim değişikliği ve etkileriyle mücadele için acil önlemler alınması” hedefleri yenilebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşmasıyla ilgilidir (UNEP, 2019).

UNEP tarafından 2013 yılında, Danimarka Hükümeti ve Danimarka Teknik Üniversitesi arasındaki bir ortaklık yoluyla, ‘Herkes İçin Sürdürülebilir Enerji’nin enerji verimliliği merkezi olarak Kopenhag Enerji Verimliliği Merkezi kurulmuştur. Merkez aynı zamanda Küresel Enerji Verimliliği Hızlandırıcı Platformu sekretaryası olarak da görev yapmaktadır. UNEP aynı zamanda, ‘Lima-Paris Eylem Gündemi’ kapsamında Paris

Anlaşmasında belirlenen küresel ısınmanın 2°C'nin altına kadar sınırlandırılma hedefine katkıda bulunan 'Küresel Binalar ve İnşaat Birliği'ne de ev sahipliği yapmaktadır (UNEP, 2019).

2.1.4.2. IEA

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 1974 yılında petrol arzında yaşanacak büyük aksaklıklara karşı müşterek bir müdahaleyi koordine etmek için oluşturulmuştur. IEA; enerji arz güvenliği, uzun vadeli enerji politikaları, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, AR-GE ve uluslararası enerji ilişkileri gibi konularda temel uluslararası kuruluştur. IEA, 2015 yılından itibaren yeni modernizasyon stratejisi kapsamında gelişmekte olan ekonomilerle daha yakın ilişki kurarak daha kapsayıcı ve gerçekten küresel bir ajans yaratmaya odaklanmaktadır. IEA'nın modernizasyonu üç ana sütun altında yapılandırılmıştır (IEA, 2021k):

- IEA'nın enerji güvenliğine ait yetkilerini, petrolün yanı sıra doğal gaz ve elektriği de kapsayacak şekilde genişletmek ve güçlendirmek;
- IEA'nın gelişmekte olan büyük ekonomilerle ilişkilerini derinleştirmek; enerji verimliliği de dâhil olmak üzere temiz enerji teknolojisine daha fazla odaklanmak,
- IEA'yı küresel bir temiz enerji merkezine dönüştürmek.

IEA, 30 üye ülkeden oluşmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelere yönelik başarılı açık kapı politikası, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Fas, Tayland, Singapur ve Güney Afrika olmak üzere sekiz yeni ülke ile işbirliğini derinleştirmesine olanak sağlamıştır. Bu sayede IEA ailesi 2015 yılında %40 olan küresel enerji tüketiminin şu anda yaklaşık %75'ini temsil etmektedir. IEA'ya aday olan ülke OECD'ye üye bir ülke olmanın yanı sıra özellikle petrol rezervleri ve talebi konusunda da birtakım taahhütler vermesi gerekmektedir. IEA'nın ana karar organı olan Yönetim Kurulu, her üye ülkenin enerji bakanları veya üst düzey temsilcilerinden oluşur. İki yılda bir gerçekleşen IEA Bakanlar Toplantısı aracılığıyla, IEA için geniş stratejik öncelikler belirlenmektedir (IEA, 2021k).

Güvenli ve sürdürülebilir enerji politikalarını şekillendirmek üzere dünyadaki ülkelerle ve endüstrilerle birlikte çalışma misyonunu yüklenen IEA, kuruluşundan bu yana önemli ölçüde gelişmiş ve genişlemiştir. IEA'nın bugün yetkisi dâhilinde çalıştığı alanlar şunlardır (IEA, 2021l):

- Enerji verimliliğini artırma: Hükümetlere verimlilik politikalarının geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin ölçülmesi konusunda tavsiyelerde bulunur.
- Uluslararası işbirlikleri: Güvenli, uygun fiyatlı ve sürdürülebilir enerji sistemleri sağlamak için çok çeşitli uluslararası kuruluşlar ve forumlarla çalışır.

- Veri ve istatistikler: Enerji verilerinin toplanması ve yayınlanması IEA'nın çalışmalarının merkezindedir.
- Eğitim: Sürekli kapasite geliştirme için katılımcı ülkelerle sürekli çalışma ilişkileri kurulur.
- Teknoloji işbirliği: Enerji teknolojilerinin araştırılması, geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi için işbirliği yapılır.
- Enerji güvenliği: Enerji kaynaklarının uygun bir fiyata kesintisiz kullanılabilirliğini sağlama amacındadır.
- Global katılım: Enerjide uluslararası işbirliği amaçlanır.
- Endüstri katılımı: Politikaların reel olarak yatırımları ve eylemleri nasıl şekillendirdiğiyle ilgili bilgiler paylaşılır.
- Programlar ve ortaklıklar: Ulaşım sektöründe 'Mobilite Modeli', 'Temiz Enerji Geçişleri Programı', 'Elektrikli Araçlar Girişimi' gibi program ve ortaklıklar hayata geçirilmiştir.

IEA tarafından yayınlanan Dünya Enerji Görünümü Raporu (WEO), Dünyanın en yetkili enerji piyasası analiz ve projeksiyon kaynağıdır. İlk sayısı 1977'de yayınlanan WEO, 1998'den beri yıllık bir yayın olmuştur. Yıllık olarak güncellenen enerji veri tabanları, yatırım ihtiyaçları tahminleri ve planlamaları, küresel enerji kullanımı ve karbondioksit (CO₂) emisyonu içeren anahtar sayısal analizler ile uluslararası toplumun dikkatini fosil yakıtların olumsuz etkileri, sürdürülebilir kalkınma, enerji erişimi, enerji verimliliği gibi konulara çekmektedir. WEO, enerji geleceği hakkında farklı enerji politikası ve yatırım seçimlerinin sonuçlarını gösteren ayrıntılı senaryolar sunmaktadır (IEA, 2021m).

WEO 2017'de, iklim değişikliği, hava kalitesi ve modern enerjiye evrensel erişim konusunda uluslararası olarak kabul edilmiş hedeflere ulaşmak için entegre bir yaklaşımın ana hatlarını çizen yeni ve önemli bir senaryo olan 'Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu' tanıtılmıştır. Raporda yapılan tahminlere göre SDS, küresel net-negatif CO₂ emisyonlarına güvenmeden %66 olasılıkla sıcaklık artışını 1,8°C'nin altında tutma potansiyeline sahiptir. Bu durum sıcaklık artışını %50 olasılıkla 1,65°C'ye sınırlamakla eşdeğerdir. 2019 WEO raporunda yer alan SDS ile 2018'de 33 milyar ton olan küresel CO₂ emisyonlarının 2050 itibariyle 10 milyar tonun altına düşürülmesi, 2070 yılı itibariyle de net sıfır emisyon elde edilmesi planlanmıştır (IEA, 2021m).

2.1.4.3. IRENA

Yenilenebilir enerjiye adanmış uluslararası bir ajans için ilk teklif 1981 yılında Kenya Nairobi’de düzenlenen Birleşmiş Milletler Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Konferansı’nda yapılmıştır. Konu, uluslararası düzeyde düzenlenen pek çok zirve, konferans ve oturumlarda tartışılmış ve son olarak 2004 Bonn Uluslararası Yenilenebilir Enerji Konferansında, yenilenebilir enerjiyi teşvik edecek hükümetlerarası bir örgüt kurulmasına destek verilmesi kararı alınmıştır. İlerleyen yıllarda, alınan bu karara göre gereken adımlar atılarak, 26 Ocak 2009 tarihinde Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA), Almanya’nın Bonn şehrinde resmi olarak kurulmuştur. IRENA, bugün 180’den fazla ülkede aktif olarak faaliyette bulunmaktadır (IRENA, 2021i).

IRENA, yenilenebilir enerji politika, teknoloji, kaynak ve finansal bilgi deposu olarak hizmet veren, ülkeleri sürdürülebilir enerji geleceğine geçişlerinde destekleyen ve uluslararası işbirliği için temel platform olan hükümetlerarası bir kuruluştur. IRENA yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını ve sürdürülebilir kullanımını teşvik etmektedir (IRENA, 2021i). IRENA, yenilenebilir enerji ile ilgili amaçları doğrultusunda; yenilenebilir enerji istatistikleri, yenilenebilir enerji maliyeti çalışmaları, yenilenebilir kaynakları haritalayan ‘Global Atlas’, yenilenebilir enerji kullanımı için bir yol haritası olan ‘Remap’ gibi çok çeşitli ürün ve hizmetler sunmaktadır (IRENA, 2021j).

IRENA, ‘Temiz Enerji Koridoru’ ile, uygun maliyetli yenilenebilir enerji seçeneklerinin ulusal sistemlere entegrasyonunu desteklemeyi, sınır ötesi ticaretini teşvik etmeyi ve yenilenebilir enerji için bölgesel pazarların oluşturulmasını desteklemeyi amaçlamaktadır. Her bir koridor bölgesinin özel ihtiyaçlarına ve önceliklerine göre uyarlanan bu uygulama, kaynak değerlendirmesi, ulusal ve bölgesel planlama, yatırım imkânı sağlayan çerçevelerin yanı sıra kapasite geliştirme, kamuoyu bilinci ile ilgili faaliyetler ve siyasi destek gibi temellere dayanmaktadır. Temiz Enerji Koridoru girişimleri Orta, Doğu ve Güney Afrika ve Orta Amerika olmak üzere dört alt bölgeye yayılmıştır (IRENA, 2021k).

2.1.4.4. REN21

REN21; bilim insanları, hükümetler, STK’lar ve endüstri aktörlerinin bir araya geldiği küresel bir yenilenebilir enerji topluluğu olarak 2004 yılında Bonn Uluslararası Yenilenebilir Enerji Konferansı’nın bir sonucu olarak kurulmuştur. Bu gönüllü koalisyon, yenilenebilir enerjinin gelişimini desteklemek ve karar vericilerin bir an önce yenilenebilir enerjiye geçiş yapmalarını sağlamak hedefiyle bir araya gelmiştir. REN21’in görevi, yenilenebilir enerji

alanında gerçek zamanlı olarak neler olduğu hakkında net ve güvenilir bilgi sağlamak için çok sayıda yenilenebilir enerji verisini toplamak, birleştirmek ve sentezlemektir (REN21, 2021).

REN21 üyeleri, önerilen üç yıllık çalışma planını gözden geçirmek ve bir REN21 Yönlendirme Komitesi seçmek için üç yılda bir toplanır. Bu Yönlendirme Komitesi, REN21'in çalışma programına stratejik yön veren REN21 topluluğunu temsil eder. REN21, yenilenebilir enerji sektöründe güncel olarak neler olduğu ve son trendlerin gelecekteki gelişmeleri nasıl etkileyeceği hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca, bir diğer önemli faaliyeti yenilenebilir enerji geleceğinin sektörler ve disiplinler arasında nasıl gerçekleşeceğini enerji sektörü içindeki ve dışındaki aktörlerle tartışmaktır (REN21, 2021).

REN21, her yıl dünya çapındaki gelişmelere ilişkin olarak, Yenilenebilir Küresel Durum Raporu ve Küresel Vadeli İşlemler Raporu yayınlarken, özel odaklandığı konularla ilgili 'Şehirlerdeki Yenilenebilir Kaynaklar Küresel Durum Raporu', bölgesel durum raporları ve tematik raporlar da yayınlamaktadır. İlk kez 2005 yılında yayımlanan 'Yenilenebilir Küresel Durum Raporu', belirli bir yıl için yenilenebilir enerjinin küresel durumunu sunduğu sağlıklı verilerle en başarılı şekilde gösteren, yenilenebilir enerji piyasasına ilişkin yaptığı yetkin analizlerle, endüstri ve politika trendleri hakkında en sık başvurulanan rapordur (REN21, 2021).

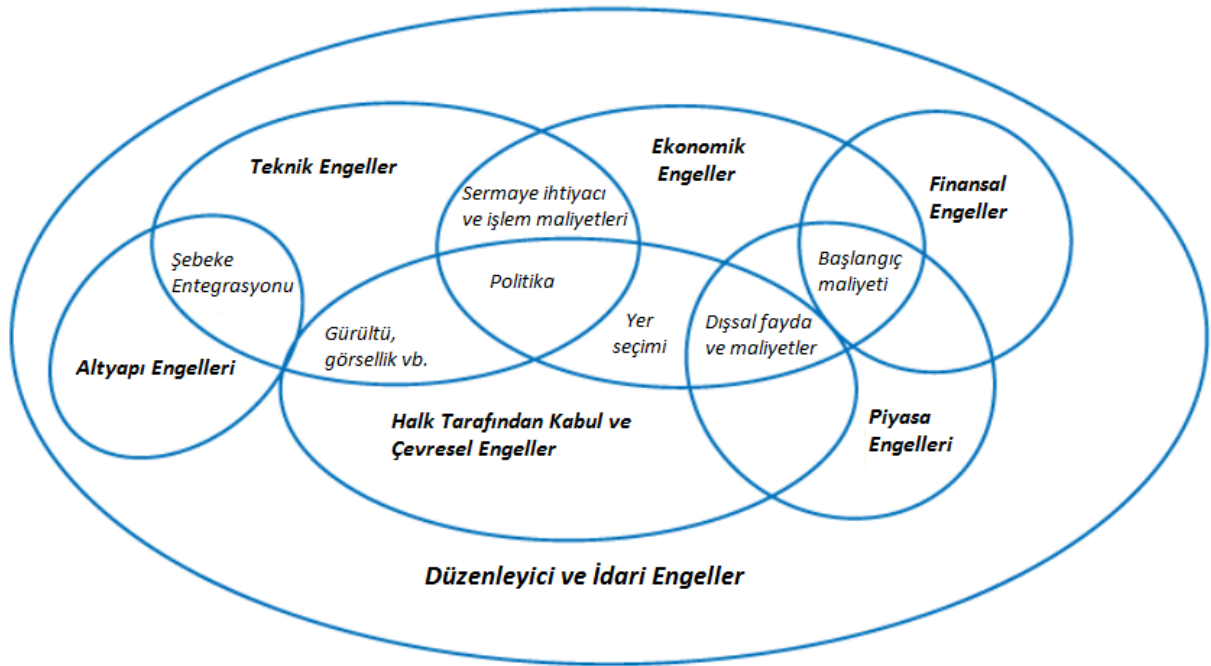
REN21'in en önemli etkinliklerinden birisi Uluslararası Yenilenebilir Enerji Konferansı (IREC)'dir. Bu uluslararası üst düzey politika etkinliğinde, toplum liderleri, politikalar ve deneyimlerle tanışma ve tartışma fırsatı bulmaktadır. Konferansın odak noktası, yenilenebilir enerjileri uluslararası, ulusal ve ulus altı düzeylerde ilerletmek için kolektif bilgi birikimi oluşturmaktır. IREC'in katılımcıları, küresel enerjide yenilenebilir enerjiye geçişi ilerletmek amacıyla, müzakere ve tartışmalara katılan iş dünyası, hükümetler, sivil toplum, bilim ve akademi temsilcilerinden oluşmaktadır. İki yılda bir düzenlenen IREC'e, ulusal bir hükümet ev sahipliği yapmaktadır (REN21, 2021).

2.1.5. Yenilenebilir Enerjinin Önündeki Engeller

Paris Anlaşması'nın "küresel ortalama sıcaklıktaki artışı endüstriyelleşme öncesi döneme kıyasen 2°C'nin çok altında (mümkünse 1,5°C seviyesinde) sınırlandırma" hedefine ulaşmak için, küresel sera gazı (GHG) emisyonlarının en büyük kaynağı olan enerji sektöründe fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş büyük önem taşımaktadır. Hedeflenen seviyelere ulaşmak için önümüzdeki 15 yıl içinde düşük karbonlu enerji altyapısında toplam yatırım hacimlerinde %29'luk bir artış gerekmektedir. Bununla birlikte gerek gelişmiş gerek gelişmekte olan ekonomiler açısından, yenilenebilir enerjinin gelişimi ve

yaygınlaşmasının önünde pek çok engeller bulunmaktadır. Bu nedenle enerji sektöründe yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar “2°C’nin çok altında” hedefini ulaşılabilir kılmak için yeterince hızlı büyüyememektedir.

Bazı AB ülkelerinde olduğu gibi yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve yayılmasına ilişkin geçmiş başarı öyküleri, hedeflenen politika eylemleriyle engellerin aşılabileceği düşüncesini desteklemektedir. Yenilenebilir enerji projeleriyle ilişkili riskler, hem temel ekonomik faktörlerden hem de ekonomik olmayan nitelikteki engellerden kaynaklanmaktadır. Modern yenilenebilir enerji dönüşüm teknolojilerinin uygulanması birçok ülkede nispeten yeni olduğu için, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için yapılan geçmiş girişimler büyük ölçüde ekonomik faktörlere odaklanmıştır. Belirli bir teknolojinin maliyeti, en uygun pazar koşullarında bile rakip alternatiflerin maliyetinin üzerinde ise ekonomik bir engel söz konusudur. Bununla birlikte, piyasa ve altyapı engelleri, halk tarafından benimsenme ve çevresel engeller, düzenleyici ve idari engeller gibi ekonomik olmayan engellerin de yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetini şekillendirmede önemli bir rolü vardır. Bu engelleri farklı kategorilere ayırmak mümkün olduğu gibi, farklı türdeki engeller de Şekil 2.1’de gösterildiği gibi birbiriyle yakından ilişkilidir (OECD/IEA, 2011:32).



Şekil 2.1 Yenilenebilir Enerjinin Önündeki Engeller

Kaynak: OECD/IEA, 2011:33.

2.1.5.1. Ekonomik ve Finansal Engeller

Mevcut piyasa yapısı göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyeti çoğu durumda geleneksel alternatiflerin maliyetinin üzerindedir. Bunun piyasadaki

çarpıklıklardan mı kaynaklandığı yoksa gerçek bir ekonomik engeli mi yansıttığı, iklim değişikliğinin etkilerine bağlı belirsizlikler ve CO₂ emisyonlarının gerçek maliyetinin bilinmemesi nedeniyle kesin olarak söylenemez. Geleneksel enerji teknolojileri 150 yılı aşkın bir süredir sistematik araştırma ve öğrenme sürecine girmiştir. Bu süre yenilenebilir enerji alanındaki araştırma seviyesinden çok daha fazladır. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyeti son zamanlarda hızlı bir şekilde düşmüştür (OECD/IEA, 2011:34).

Fosil yakıtların gelecekte de enerji tedarikinde baskın bir oyuncu olmaya devam edeceği öngörülmektedir. IEA tarafından hazırlanan International Energy Outlook (2016) raporunda, fosil yakıtların (petrol, doğalgaz ve kömür) 2040 yılında kullanılan küresel enerjinin %78'ini karşılaması beklenmektedir. Kömür, bol olarak bulunması ve fiyatının ucuz ve istikrarlı olması nedeniyle çoğu ülkede hala hâkim enerji kaynağı özelliğini korumaktadır. 2014 yazından bu yana enerji fiyatlarında büyük değişiklikler olmaktadır. Haziran 2014'te 115,71 ABD Doları/varil olarak fiyatlanan Brent ham petrol, 20 Ocak 2016'da %76'lık büyük bir düşüşle 27,10 ABD Doları/varil düzeyine düşmüştür. Benzer şekilde, ARA kömür sözleşmesine göre kömür fiyatları Nisan 2014'te 84 ABD Doları/ton'dan Şubat 2016'da 36,30 ABD Doları/ton'a düşmüş, Haziran 2014'te 4,50 ABD Doları/MMBtu seviyesinden Şubat 2016 ortasında 1,91 ABD Doları/MMBtu'ya gerileyen doğalgaz fiyatlarında da büyük bir düşüş yaşanmıştır. Fosil yakıtlar, yenilenebilir enerjiye göre hala daha ucuz olması nedeniyle yenilenebilir enerji projelerine karşı sıkı şekilde rekabet edebilmektedir. Bunun yanı sıra geleneksel enerjiye sağlanan devlet sübvansiyonlarının miktarı, yenilenebilir enerjiye verilen sübvansiyonlardan çok daha fazladır (Seetharaman, 2019:5).

Yenilenebilir enerji, düşük yakıt ve işletme maliyetleri dikkate alındığında tüm faydalı ömür bazında geleneksel enerji ile karşılaştırılabilir düzeyde olsa da, daha yüksek başlangıç maliyetlerine sahip olması nedeniyle, geleneksel enerji kaynaklarına göre yatırım açısından birim başına daha az kurulu kapasite sağlamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji yatırımları genellikle aynı kapasite için daha yüksek miktarda finansman gerektirir. Geleneksel enerji yatırımlarına göre daha riskli görülmesi nedeniyle sermaye piyasalarında yenilenebilir enerji projelerinin finansmanı için kredi faizlerinde ilave primler talep edilebilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji teknolojileri yüksek vergiler ve ithalat vergileriyle de karşı karşıya kalabilir. Bu vergiler, diğer teknoloji ve yakıtlara göre yüksek olan başlangıç maliyetlerini daha da kötüleştirebilir (Beck ve Martinot, 2004:366).

Bir diğer ekonomik bariyer olarak değerlendirilmesi gereken konu da dışsallıklardır. Hemen hemen tüm ülkelerde, toplam yakıt maliyeti içinde arama, üretim, dağıtım ve kullanım maliyetleri dikkate alınırken çevreye ve topluma verilen zararın maliyeti dikkate

alınmamaktadır. Sağlık ve atmosfer üzerindeki ciddi etkilerine rağmen, geleneksel yakıtlarla bağlantılı görünmeyen maliyetler (dışsallıklar) fiyatlara dâhil edilmemektedir. Bu etkileri dikkate almak, enerji üretiminde fosil yakıt kullanımının gerçek maliyetini değerlendirmek için son derece önemli ve gereklidir (Seetharaman, 2019:6).

2.1.5.2. Teknik ve Altyapı Engelleri

Yenilenebilir enerjinin yaygın biçimde dağıtımında, altyapının sınırlı kullanılabilirliği, operasyon ve bakım konusunda yetersiz bilgi, yetersiz araştırma ve geliştirme girişimleri, standart eksikliği ve enerji depolamadaki teknik zorluklar gibi birçok teknolojik engel bulunmaktadır (Seetharaman, 2019:6).

Altyapı engelleri esas olarak enerji sistemlerinin, özellikle şebekelerin yenilenebilir enerjiye entegre edilmesine ilişkin esnekliğiyle ilgilidir (OECD/IEA, 2011:33). Enerjinin iletimi ve dağıtımı için eski ve yetersiz altyapı (şebeke kayıpları, yeterli şebeke bağlantısının olmaması ve yenilenebilir elektrik üretimi için gerçek zamanlı ölçümün olmaması), yenilenebilir enerji projeleri cazip olsa bile çevresel ve ekonomik verimliliği engellemektedir. Teknik engeller genel olarak yetersiz teknoloji ve teknolojiyi destekleyecek altyapı eksikliklerini içerir. Yetersiz kapasite nedeniyle güç sisteminin yeni yenilenebilir enerji üretim tesislerini entegre edememesi operasyonel sorunlara neden olmaktadır (IRENA, 2021g).

Stratejik programları yürütmek için yasal mevzuat ve standartların yanı sıra gerekli analizleri sağlamak için akredite laboratuvarların eksik ve yetersiz olması nedeniyle yatırımcılar dış yardım almak zorunda kalmaktadır (IRENA, 2013:3). Ayrıca bazı yenilenebilir enerji teknolojileri henüz yaygın olarak kullanılmaya hazır olmayıp, yeterli güvenilirlik ve maliyet etkinliği düzeylerine ulaşmadan önce önemli ölçüde tanıtım gerektirmektedir (UNCTAD, 2019:5).

2.1.5.3. Halk Tarafından Kabul, Kalifiye Personel Eksikliği ve Çevresel Engeller

Yenilenebilir enerji teknolojileri önemli ilerlemeler kat etmesine rağmen, bu ilerleme her zaman halkın algılarına yansımamaktadır. Maliyetler ve yatırımların geri ödeme süreleri hakkındaki eksik ya da güncel olmayan bilgiler, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasında halkın desteğini engelleyebilmektedir. Kamu desteğindeki bu eksiklik, politika yapıcıların yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek için güçlü yasalar çıkarmalarını daha az çekici kılmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, güneş ve rüzgâr teknolojisinin önceki modellerine ilişkin geçmiş deneyimler bu teknolojilere karşı bir önyargıya yol açmıştır. Yenilenebilir enerji alanında yeterli sayıda vasıflı işçi bulunmaması da gelişimine ciddi bir engel oluşturmaktadır.

Bir diğ er çevresel engel de özellikle r zg ar türbinleri gibi yenilenebilir enerji santrallerinin, işletilmesi esnasında ortaya çıkardığı gürültü ve ku  türleri için bir engel olması nedeniyle yaban hayatı üzerinde ortaya çıkardığı olumsuz etkilerdir (OECD/IEA, 2011:38). Diğ er taraftan jeotermal enerji santralleri de suyun kirlenmesine yol açtığı ve çevreyi kirlettiği  ne sürülerek halk tarafından istenmeyebilmektedir.

2.1.5.4. Piyasa Engelleri

Tutarsız fiyatlandırma yapıları, asimetrik bilgi, piyasa gücü, fosil yakıtlara yönelik sübvansiyonlar ve sosyal ve çevresel maliyetleri içeren maliyetlendirme yöntemlerinin başarısızlığı gibi piyasa engelleri, yenilenebilir enerjiyi diğ er enerji kaynaklarına göre dezavantajlı hale getirmektedir (OECD/IEA, 2011:32).

Enerji piyasaları için yenilenebilir enerji ticaretini kolaylaştıracak yasal ve düzenleyici bir  er eve, maliyet yansıtıcı bir enerji fiyatı oluşturacak rekabetçi bir entegre enerji pazarının gelişimi için gereklidir. Şeffaf ilke ve koşullara dayalı rekabetçi ve entegre bir enerji piyasasının eksikliği bağımsız yatırımcıları yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapma konusunda daha az hevesli yapacaktır (IRENA, 2013:2).

2.1.5.5. Düzenleyici ve İdari Engeller

Yenilenebilir enerji projelerine yönelik  oğ u zaman, gerekli ya da gereksiz prosedürler ve yasal düzenlemelerden kaynaklanan engeller bulunmaktadır. Aşırı bürokratik işlemler ve yüksek işlem maliyetleri, kurumlararası işbirliğinde yaşanan sorunlar, getirilen gereksiz teknik zorunluluklar, standart ve sertifikaların eksikliği ve yenilenebilir enerji projelerinin yer seçimine ilişkin sorunlar bu projelere yatırımları caydırıcı ya da geciktirici bir rol oynamaktadır.

Yeni yenilenebilir enerji projeleri için genelde uzun, karmaşık ve hantal yetkilendirme prosedürleri bulunur. Gerekli tüm belgelerin alınması son derece uzun zaman alabilir. Sorumlu makamların başvurulara derhal yanıt verme zorunluluğ  da genelde bulunmaz. Diğ er taraftan yenilenebilir enerji projeleri için ulusal ve yerel birçok makamdan izin almak gereklidir. Tüm bu izinlerin alınmasının getireceği maliyet, projeleri uygulamaya koymak için zaten yüksek olan masrafları daha da artırır. Ayrıca enerji politikasına dâhil olan farklı bakanlıklar ve ajanslar ile ulusal ve yerel düzeydeki yetkililer arasında işbirliği eksikliği ve çeşitli mevzuat hükümleri arasındaki farklı terminoloji de karı ıklığ , ek maliyetlere ve gecikmelere neden olur (IRENA, 2013:7).

Yenilenebilir enerji projeleri için, çevresel, ulusal ve bölgesel politika hedeflerini gerçekleştirmek için gerekli olan ihtiyaçlar yerine, riskten kaçınma ilkelerine dayanılarak

getirilen gereksiz teknik zorunluluklar, ek maliyetlere ve gecikmelere neden olur. Ayrıca getirilen yasalar, ulusal enerji stratejisi veya inşaat, madencilik veya akarsu yönetimi düzenlemeleri ile uyumlu olmadığı için bazı teknolojilerin kullanımı sınırlı olabilir (IRENA, 2013:7).

Yurtdışından tedarik edilen ekipman ve parçaların ithalatçı şirketin standartlarına uygun olmasını sağlamak için standartlar ve sertifikalar gereklidir. Bu standartların yokluğu kafa karışıklığı yaratır ve enerji üreticileri gereksiz zorluklarla karşılaşmak zorunda kalırlar (Seetharaman, 2019:8).

Yenilenebilir enerji projelerinin yerleşim yeri seçimi ve imarında da birtakım sorunlar yaşanabilir. Örneğin kamu ihale süreçlerinin verimsiz kullanımı sonucunda, yenilenebilir enerji projeleri için en iyi yerleşim alanı bulunmadan ya da hazırlıkları tam olarak yapılmadan açık artırma yapılabilir. Diğer taraftan yenilenebilir enerji üretimi ve iletim altyapısı projelerinin çeşitli ulusal ve yerel yasalara uyması zorunludur. Ancak merkezi ve yerel yönetimlerin farklı düzeylerinde geliştirilen ulusal, bölgesel ve yerel imar planları genellikle yetersiz koordine edilmektedir. Ayrıntılı imar planları pek çok belediyede bulunmamakta olup, izin ve onay alma sürecini önemli ölçüde uzatmaktadır. Yerel düzeyde projeyi desteklemek için genellikle yenilenebilir enerji projesiyle doğrudan ilişkili olmayan yollara, köprülere veya diğer altyapılara yatırım gerekmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji projeleri için arazi edinilmesi; parçalı arazi mülkiyeti, tapu sicilineki eski bilgiler ve belirsiz mülkiyet hakları nedeniyle karmaşık olabilmektedir. Sahipleri araziye yatırımcıya satmayı kabul etmiyorsa, gerekli iletim ve dağıtım koridorları için arazinin kamulaştırılması gerekebilir (IRENA, 2013:7).

2.1.5.6. Engellerin Üstesinden Gelme

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması, sadece enerji taleplerini karşılama açısından değil, aynı zamanda iklim değişikliği ile ilgili endişeleri ele alma açısından da oldukça önemlidir. Bununla birlikte, bu sektörde mevcut olan engeller yenilenebilir enerjinin küresel olarak gelişmesini ve yaygınlaşmasını engellemektedir. Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasının önündeki bu engellerin üstesinden gelmek için (Seetharaman, 2019:9; IRENA, 2013:7);

- Kullanıcı dostu prosedürler uygulanarak, yatırımcıları ve girişimcileri yenilenebilir enerji piyasasına girme ve yatırım yapma motivasyonlarını kıran aşırı karmaşık idari prosedürler basit ve anlaşılır hale getirilmeli, ulusal ve yerel düzeyinde uyumlu olmayan hükümet politikaları uyumlaştırılmalı ve kurumlar arasında koordinasyon sağlanmalı,

- Kamu sektörü yatırımlarında (okul, hastane gibi) yenilenebilir enerji kullanımının artırılması neticesinde yenilenebilir enerji proje altyapılarının tasarımı, inşası, işletilmesi ve bakımında daha fazla iş yaratılması sayesinde elde edilen ölçek ekonomilerinin etkisiyle düşen maliyetler ve nihai tüketiciler için belirlenen fiyat yoluyla yenilenebilir enerji projeleri cazip hale getirilerek daha yüksek paydaş memnuniyeti sağlanmalı,

- Daha düşük maliyetlerle etkili bir şekilde yenilenebilir enerji üretmek, depolamak ve dağıtmak için başarılı araştırma ve geliştirme girişimleri desteklenmeli,

- Yenilenebilir enerjinin düşük maliyetli fosil yakıtlardan elde edilen enerjiyle rekabetinde karşılaştığı en büyük zorluk olan yüksek maliyetlerinin nedeni olan uygun arazi ve finansal sermaye bulma ve verimsiz enerji depolamadan kaynaklanan güç kaybı sorunları en aza indirilerek maliyet tasarrufu sağlanmalı,

- Finans kurumlarını kredi dağıtmaya teşvik ederek gerek mini şebekeler gerek büyük çaplı tesisler için uzun vadeli, özel ve uygun fiyatlı finansmana erişim sağlanmalı,

-Yenilenebilir enerji projelerini planlamak, finanse etmek, yönetmek, işletmek ve bakımını yapmak için gerekli becerilerin geliştirilmesi ve sürdürülmesi için insan kaynakları bu yönde inşa edilmelidir.

2.2. Yenilenebilir Enerjide Uygulanan Teşvik Politikaları

Yenilenebilir enerjinin önündeki engellerin üstesinden gelmek, kullanım alanları olan elektrik üretimi, ulaşım ve ısıtma/soğutma sektörlerinde doğru ve yerinde uygulanacak teşvik politikalarıyla mümkün olabilir. Bu nedenle yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması için devlet teşvikleri uzun zamandır dünyanın çeşitli ülkelerinde uygulanmaktadır. Teknolojik ilerlemeler ve tecrübe kazanımları nedeniyle her geçen gün yenilenebilir teknoloji maliyetleri düşmekte, uygulanan teşvik politikaları da bu gelişime uyum sağlamaya devam etmektedir. Özellikle elektrik üretimindeki teşvikler son yıllarda ulaşım ve ısıtma/soğutma alanlarındaki teşviklere göre daha hızlı ilerlemiş, daha iddialı hedefler ortaya konulmuştur.

Yenilenebilir enerjideki devlet teşviklerinin ve uygulanan politikaların hedefleri; çevre kirliliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılması, rekabetin güçlendirilmesi, arz güvenliğinin artırılması, sosyal faydaların sağlanması, sürdürülebilirlik ve istihdamın artırılması olarak sıralanabilir.

Bütün ülkelerde hükümet hedefleri ve politikaları yenilenebilir enerjiyi yaygınlaştırma çabalarına öncülük etmiştir. Hedefler, destek politikalarının ve önlemlerinin birçoğunun temelini oluşturarak, piyasadaki çeşitli aktörlerin yenilenebilir enerjiye yatırım yapmalarını cesaretlendirme konusunda yüksek seviyede bir işaret sağlar. Hedeflerin somut eylemlere

dönüştürülmesini sağlayan temel politikalar arasında zorunluluklar, piyasa temelli yaklaşımlar, finans mekanizmaları ve gönüllü bireysel ve kurumsal programlar yer alır (IRENA, 2018:60). 2019 itibarıyla ısıtma-soğutma için 49, ulaşım için 46, elektrik için 166 ülke tarafından yenilenebilir enerji hedefleri benimsenmiştir.

Yenilenebilir enerjiyi teşvik etmeyi hedefleyen politikalar Beck ve Martinot (2004) tarafından üç ana kategoriye ayrılmıştır (2004:370):

- (a) Fiyat belirleme ve miktar kotası gibi zorlayıcı politikalar,
- (b) Yatırım maliyetini düşürme politikaları,
- (c) Piyasa engellerini azaltan, yenilenebilir enerji piyasalarını kolaylaştıran veya hızlandıran piyasaya yönelik politikalar.

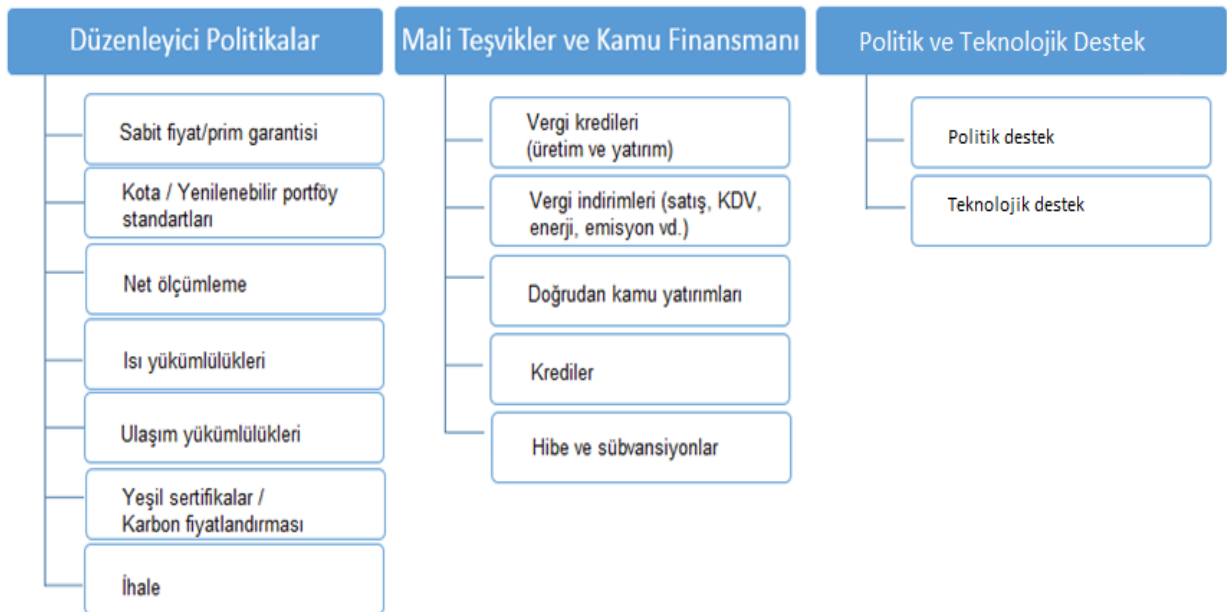
İlk uygulandığı yıllarda hükümetler bu politikaları mümkün olduğunca amaca özgü bir şekilde yürürlüğe koymuşlardır. Yenilenebilir enerjinin gelişimi ve edinilen tecrübelerle birlikte, ulusal ya da topluluk düzeyinde belirlenen yenilenebilir enerji hedefleri çerçevesinde, bütün kategorilerden belirli politika kombinasyonları oluşturularak teşvik politikaları uygulanmaktadır. Belirlenen hedefler, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek toplam birincil enerjiyi ve/veya elektrik üretimi içindeki minimum yenilenebilir enerji paylarını belirleyebilmektedir (Beck ve Martinot, 2004:370).

Enerji alanındaki hızlı değişim, yenilenebilir enerji politikalarında yeni bir sınıflandırmayı da gerektirmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji politikaları; doğrudan uygulanan politikalar, bütünleştirici politikalar ve etkinleştirici politikalar şeklinde bir ayrım da ele alınabilmektedir. Bu sınıflandırma, yenilenebilir enerji politikalarını daha geniş anlamda büyüme ve kalkınma hedefleriyle ilişkilendirmeye çalışmaktadır (IRENA, 2018:102).

Doğrudan politikalar ve araçlar, hem genel anlamda hem de elektriğe ve diğer temiz enerji türlerine erişimi genişletme bağlamında yenilenebilir enerji teknolojisi ve ürünlerinin geliştirilmesini ve uygulanmasını desteklemek için kullanılır. Bunlar genellikle itici politikalar, çekici politikalar ve mali ve finansal politikalar olarak sınıflandırılır. İtici politikalar; elektrik kotaları, ısı ve biyoyakıt yükümlülükleri gibi zorlayıcı politikalardan oluşurken, çekici politikalar; fiyatlandırma veya düzenleme gibi yollarla belirli eylemleri teşvik ederler. Mali ve finansal politika araçları ise vergi teşviklerini ve hibe ve sübvansiyonları içerir. Bütünleştirici politikalar; ısıtma ve soğutma, ulaşım ve elektrik alt sektörlerindeki yenilenebilir enerji kullanımını ve enerji verimliliğini, ekonomik sistemin geneline ve tüketicilerin günlük yaşamlarına dâhil etmektedir. Bu kategori, ihtiyaç duyulan altyapının (örn. iletim ve dağıtım ağları, elektrikli araçlar için şarj istasyonları, bölgesel ısıtma

altyapısı) geliştirilmesini sağlayacak politikaları, sistem esnekliğini artırmaya yönelik politikaları (örn. enerji depolama alanlarını destekleme), sektörlerin birbirleriyle bağlantılarını teşvik etmeyi ve araştırma ve geliştirmeyi desteklemeyi içermektedir. Etkinleştirici politikalar ise yenilenebilir enerji gelişimi için daha geniş bir ortama katkıda bulunan, paydaşlara net sinyaller veren, teknolojinin güvenilirliğini sağlayan, uygun fiyatlı finansmana erişimi kolaylaştıran, işgücü piyasasının ihtiyaçlarını destekleyen teknik standartlar, sertifikalar, karbon fiyatlandırma politikaları, eğitim gibi kolaylaştırıcı politikaları içerir. Yurtiçi sanayinin gelişmesi için yerel kapasiteyi kullanmayı teşvik eden sanayi politikaları ve ihracatı teşvik eden politikalar uygulanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre ve iklim politikaları ve düzenlemeleri ile de desteklenebilir (IRENA, 2018:102).

REN21, yenilenebilir enerjideki teşvik politikalarını, literatürdeki sınıflandırmaları dikkate alarak “Düzenleyici Politikalar”, “Mali Teşvikler ve Kamu Finansmanı” ve “Politik ve Teknolojik Destek” olarak Şekil 2.2’de gösterildiği gibi sınıflandırmıştır (REN21, 2020:76).



Şekil 2.2 Yenilenebilir Enerji Teşvik Mekanizmalarının Sınıflandırılması

Kaynak: REN21, 2020.

Hiçbir ülke tek bir politika aracı uygulayarak tüm enerji hedeflerini yerine getiremez. Bu nedenle politikalar özenle seçilerek, ulusal ve yerel koşulları yansıtacak şekilde tasarlanmalı ve uyarlanmalıdır. Hedeflerin ve politikaların uzun vadeli istikrarı, yatırımcı güvenini ve büyümeyi sürdürmenin anahtarıdır. Aynı zamanda, daha fazla maliyet-rekabet gücü ve yenilenebilir enerjilerin sisteme daha iyi entegrasyonu için politikaların sürekli değişen piyasa koşullarına uyum sağlaması gerekmektedir. Enerji geçişinin hızlanmasını

sağlamak için toplum, kurumlar, finansman, mülkiyet yapıları ve genel anlamda ekonomi üzerindeki etkisini dikkate almak, tüm paydaşların etkin katılımını sağlamak gerekmektedir (IRENA, 2018:102).

2018-2019 yılları itibarıyla dünya genelinde yenilenebilir enerji hedefleri belirleyen ve belirli politikaları uygulayan ülke sayıları Tablo 2.2’de gösterilmiştir (REN21, 2020). Elektrik üretiminde %100 yenilenebilir enerji hedefine sahip ülke sayısı 2019 yılı itibarıyla 61’e yükselmiştir. Danimarka toplam enerji üretiminde %100 yenilenebilir enerji hedefi belirleyen tek ülkedir. Dünya genelinde en yaygın olarak uygulanan politika ise 2019 yılı itibarıyla 113 ülkede uygulanan sabit fiyat/prim garantisi politikalarıdır.

Tablo 2.2 Yenilenebilir Enerji Politikası Uygulayan ve Hedefi Olan Ülkeler

Politikalar ve hedefler	2018	2019
Yenilenebilir enerji hedefleri olan ülkeler	169	172
Yenilenebilir enerji politikalarına sahip ülkeler	158	161
Elektrik için yenilenebilir enerji hedefi olan ülkeler	162	166
Ulaşım için yenilenebilir enerji hedefi olan ülkeler	45	46
Isıtma-soğutma için yenilenebilir enerji hedefi olan ülkeler	47	49
Elektrik üretiminde %100 yenilenebilir enerji hedefine sahip ülkeler	57	61
Isı yükümlülük politikalarına sahip ülkeler	23	23
Biyoyakıt harmanlama yetkisine sahip ülkeler	70	70
Sabit fiyat garantisi politikasına sahip ülkeler (mevcut)	87	87
Sabit fiyat garantisi politikasına sahip ülkeler (kümülatif)	111	113
İhale yöntemi uygulayan ülkeler (yıl içinde yapılmış)	48	41
İhale yöntemi uygulayan ülkeler (kümülatif)	98	109
Net ölçümleme politikası uygulayan ülkeler	66	70

Kaynak: REN21, 2019; REN21, 2020.

2.2.1. Düzenleyici Politikalar

2.2.1.1. Sabit Fiyat/Prim Garantisi

Sabit fiyat/prim garantisi, elektrik üreten yenilenebilir enerji jeneratörlerine şebekeye verdikleri elektrik için genellikle sabit bir süre boyunca (15-25 yıllık) uzun vadeli sözleşmelerle birim başına ödeme (örn. kWh başına ABD Doları) belirleyen bir politikadır. Sabit fiyat garantisi (Feed-in Tariff), yenilenebilir enerji üreticilerine kWh başına sabit bir fiyattan, ürettikleri elektriğin satın alma garantisinin verildiği bir teşvik mekanizmasıdır. Prim garantisi (Feed-in Premium) politikasında ise, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik için piyasa fiyatının bir miktar üzerinde belirlenen bir prim garantisi sağlanmaktadır. Bu prim piyasa fiyatından bağımsız ya da piyasa fiyatına entegre şekilde sabit olarak belirlenebileceği gibi, alt ve üst sınır içerecek şekilde değişken de olabilmektedir (REN21, 2019:244).

İlk sabit fiyat garantisi politikası, ABD’de 1978 tarihli Kamu Hizmetlerini Düzenleme Politikaları Yasası (PURPA) olarak kabul edilmektedir. Bu yasa, elektrik şirketlerini fosil yakıtlar gibi diğer enerji kaynaklarını kullanarak elektrik ürettiklerinde, kWh başına önceden belirlenmiş bir fiyatla yenilenebilir enerji tesislerinden elektrik satın almasını zorunlu kılıyordu. Avrupa’da ise 1990 yılında Almanya, perakende elektrik fiyatının belirli bir yüzdesinde RES’den üretilen elektriği satın almasını gerektiren politikayı benimseyen ilk ülke olmuştur. Almanya’nın ardından 1991’de İsviçre, 1992’de İtalya ve 1993’te Danimarka ve Hindistan da sabit fiyat garantisi politikası izlemeye başlamıştır. Sabit fiyat garantisi ödeme planı 1994’te İspanya’da ve 2003’te Kıbrıs’ta kabul edilmiştir (Pyrgou vd., 2016:95).

Sabit fiyat/prim garantisi mekanizmasının avantajları şu şekilde özetlenebilir;

- Şebekeye daha fazla yenilenebilir elektrik verilmesini teşvik etmek için yenilenebilir elektrik üreticilerine daha yüksek bir fiyat sağlanması,
- Küçük ve orta ölçekli işletmeleri çekebilecek şekilde, yatırımlar için daha kısa bir geri ödeme süresi sağlanması,
- Küçük yatırımcılar için piyasaya giriş engellerini kaldırarak büyük şirketlerin pazar tekeline kaçınılması
- Belirli bir süre sonra, gerekirse farklı yenilenebilir enerji teknolojileri, piyasa yapıları, uygulama yerleri ve fiyat ayarlamalarına göre tasarlanabilen esnek bir sistem olması,
- Yatırımcılar için uzun vadeli, güvenli, projeler için riskleri azaltan bir getiri sağlaması.

Sabit fiyat/prim garantisi politikaları, söz konusu avantajları nedeniyle dünya çapında yenilenebilir enerji proje yatırımlarını cesaretlendirmiştir. 2005 yılında 34 ülkede uygulanmakta olan bu politikalar, 2019 yılı itibarıyla 113 ülke tarafından kabul edilmiştir (REN21, 2020:35). Bu politikaların uygulanmasındaki temel zorluk, tarife veya prim seviyesinin tam olarak doğru seçilmesi ve gerektiği gibi ayarlanmasında yaşanmaktadır. Örneğin, verimsiz ve doğru seçilmemiş bir tarife, girişimcileri çekmek için çok düşük bir fiyatla veya potansiyel olarak yüksek tüketici tarifelerine, aşırı üretici kârlarına veya hükümet bütçesinde bir baskıya yol açacak çok yüksek bir fiyatla sonuçlanabilir. Dağıtım oranlarının yüksek olduğu yerlerde, verimsiz olarak belirlenmiş bir tarife seviyesinin etkileri artar. Ayrıca, enerji sektöründeki bilgi asimetrisi nedeniyle politika yapıcılar bilinçli kararlar vermek için ihtiyaç duydukları endüstri bilgilerine erişemeyebilir. Yeni bilgiler ortaya çıktıkça, tarifeler buna göre ayarlanmalı, revizyonlar aynı zamanda piyasalardaki gelişmeleri ve teknolojik gelişmeleri de yansıtmalıdır (IRENA, 2018:62).

2.2.1.2. Kota Yükümlülükleri/ Yenilenebilir Enerji Portföy Standartları

Yenilenebilir portföy standardı (YPS) mekanizması, elektrik üretim ve iletim şirketlerine, ürettikleri veya sattıkları elektriğin önceden belirlenmiş bir kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiş olması yükümlülüğü getirmektedir (REN21, 2019:247). YPS yükümlülüklerinin uygulandığı elektrik tedarik şirketleri, sorumlu tutuldukları yenilenebilir gücü kendileri üretemedikleri durumlarda, dışarıdan satın alabildikleri gibi eşdeğer miktarda yeşil sertifika ile de telafi edebilirler. Belirli bir tarihe kadar sabit bir kapasite belirleyen kapasite tabanlı standartlar ve yenilenebilir enerjiden elde edilmesi gereken belirli bir elektrik üretim yüzdesini zorunlu kılan üretim tabanlı standartlar olmak üzere iki tür YPS standardı ortaya çıkmıştır (Beck ve Martinot, 2004:372).

İlk YPS 1983 yılında Alternatif Enerji Üretimi yasası olarak adlandırılan yasa ile Iowa'da uygulanmıştır. Iowa'daki iki elektrik şirketine, 100 MW'den daha fazla yenilenebilir enerji üretim kapasitesi yaratmasını gerektiren bu YPS oldukça başarılı olmuştur. Iowa bugün 5000 MW'tan fazla rüzgâr enerjisi kapasitesine ev sahipliği yapmakta olup, elektrik üretiminin dörtte birinden fazlasını rüzgârdan elde etmektedir. ABD'de 2017 itibarıyla 29 eyalette ve Columbia Bölgesinde YPS uygulanmaktadır (Upton ve Snyder, 2017:206).

Kota yükümlülüklerinin etkinliği, uygulandıkları yerdeki şartlara ve uygunsuzluğu izlemek ve cezalandırmak için sağlam bir çerçevenin varlığına bağlıdır. Şirketler açısından bu standartlara uyum maliyetinden daha yüksek uygunsuzluk cezaları olmadıkça, yenilenebilir yükümlülük politikaları etkili olmayabilir (IRENA, 2018:61).

2.2.1.3. Yenilenebilir Enerji Sertifikaları

Kota yükümlülüğü olan çoğu ülke, programı ticaret edilebilir yenilenebilir enerji sertifikaları ile desteklemektedir. Bu uygulamada, üretilen her MWh yenilenebilir enerji için üreticiye bir sertifika verilir. Tedarikçiler veya üreticiler gibi piyasa katılımcıları, bu sertifikalardan satın alarak, yıl için belirlenen zorunlu kotaları karşılama yoluna gidebilirler. Sertifikalar, yükümlülükleri yerine getirmenin yanı sıra katılımcılar arasında bir ticaret aracı olduğu için de biriktirilebilir. Yenilenebilir enerji sertifikalarını kabul eden ülke sayısı 2005 yılında 16 iken, 2017 yılında 30'a yükselmiştir. Çoğu durumda, yenilenebilir elektrik sertifikaları, kotalar ve zorlayıcı yükümlülükler ile birlikte kabul edilmiştir (IRENA, 2018:62).

Avustralya örneğinde, hükümetin Haziran 2015'te açıkladığı yeni yenilenebilir enerji hedefleri, sertifika ticaretine destek verdikten sonra yenilenebilir enerji sertifika piyasası rekor seviyelere ulaşmıştır. Bununla birlikte, bu yeni hedefler yenilenebilir enerjilere yapılan

yatırımın canlandırılmasına yardımcı olurken, arzda öngörülen açık nedeniyle 2016 yılında büyük ölçekli üretim sertifikalarının fiyatının yaklaşık %50 oranında yükselmesine neden olmuştur (IRENA, 2018:61).

Yenilenebilir enerji sertifikası ticareti, daha fazla yenilenebilir kaynaklara sahip bölgelerde yenilenebilir enerji dağıtımını ve kullanımını teşvik ederek, bir yandan YPS hedeflerine ulaşmanın toplam maliyetini azaltabilirken, diğer yandan daha az yenilenebilir kaynaklara sahip bölgelerdeki nüfusu yenilenebilir elektrik tüketme hakkından yoksun bırakabilir. Bu nedenle, maliyet etkinliği ve bölgesel yenilenebilir enerji tüketimi dağılımının hakkaniyeti arasındaki dengeyi sağlayabilecek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. İlk akla gelen yöntem, başlangıç YPS hedefinin her bölgeye yeniden tahsis edilmesi olabilir. Bununla birlikte, eğer sertifika ticareti piyasası mükemmel bir rekabet gücüne sahipse ve işlem maliyeti yoksa, YPS hedeflerinin başlangıç tahsisi, yenilenebilir elektrik tüketiminin nihai dağılımını etkilemeyecektir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji sertifikası ticareti ile ilgili bölgelerarası ticareti sınırlamak için ithalat vergisi veya ithalat kotaları gibi düzeltici düzenlemeler daha uygun görünmektedir (Wang vd., 2019:971).

Hindistan örneğinde görüldüğü gibi, ticarete konu yenilenebilir enerji sertifikalarının etkinliği büyük ölçüde ulusal hedeflerle uyumlu ve zorlayıcı uygulamalar ile desteklenen bağlayıcı alt hedeflerin tanımlanmasına bağlıdır. Ayrıca, ticari sertifikalar için dinamik ve verimli bir piyasanın bulunması, olumlu sonuçların elde edilmesinde etkilidir. Her yıl yasal olarak gerekli sayıda sertifikanın altında kalan katılımcılar için ceza bulunmadığı takdirde, sertifikaların piyasada bir değeri olmayacak ve daha fazla dağıtım gerektirmeyecektir. Sertifika talebini sağlamak için, cezalar sertifikaların piyasa fiyatından daha yüksek olmalıdır. Aksi takdirde işletmeler cezaları ödemeyi ve hedefleri tamamen göz ardı etmeyi seçebilir. Bu hususa ilave olarak ticari sertifikaların piyasada tek alıcı olduğu modellerde uygulanamaması nedeniyle, birçok gelişmekte olan piyasada uygulanamamıştır (IRENA, 2018:62).

ABD ve Kanada'da REC, AB'de GO, AB dışı pek çok ülkede I-REC olarak isimlendirilen standardize edilmiş sertifikalar elektriğin kaynağını belgeler ve eko-etiketler de bu belgelere eklenen kalite sembolü görevini görür. Tüketicilerin bu sertifikaları almak için sertifikaları satan bir firmaya giderek istedikleri yenilenebilir enerji türünde, MWh üzerinden tüketim miktarı kadar sayıda sertifikayı alırlar. Üreticilerin ise I-REC veri tabanına belli bir ücret ödeyerek kayıt yaptırarak üretime dair bilgilerinin düzenli olarak bu veri tabanına girilmesi gerekir. Türkiye'de 2020 yılı itibarıyla 12 santral I-REC veri tabanına kayıtlıdır (Özcan, 2020).

Öte yandan AB'de Yeşil Mutabakat ve karbon sınır vergisi uygulamasına ilişkin süreç AB kamuoyunda görüşülmekte olup, AB ithal ettiği ürünleri karbon salımlarına bağlı olarak fazladan vergilendirmeye tabi tutabilecektir. Türkiye açısından AB standardına uyumlu bir yeşil sertifika sistemi geliştirmek amacıyla uluslararası örnekler incelenerek yapılan çalışmalar sonucunda tüketicilerin kullandığı elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğini garanti eden Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti (YEK-G) Sistemi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) Kurul onayından 2020 yılı itibariyle geçmiş bulunmaktadır. YEK-G sistemi ve piyasasının 2021 yılı içinde devreye alınması planlanmaktadır (EPDK, 2021b).

2.2.1.4. İhale Yöntemi

İhale yöntemi (açık artırma), yenilenebilir enerji arzının veya kapasitesinin, kabul etmek istedikleri en düşük fiyattan teklifler sunan satıcılardan rekabetçi bir şekilde talep edildiği bir tedarik mekanizmasıdır. Teklifler hem fiyat hem de fiyat dışı faktörler üzerinden değerlendirilebilir (REN21, 2019:248).

Bir ihale programı kapsamında, düzenleyici otorite, belirli bir teknolojinin veya teknoloji paketinin belirli bir kapasitesini kurmak istediğini açıklar. Açık artırmaya katılan proje geliştiricileri genellikle projeyi gerçekleştirebilecekleri birim elektrik başına fiyat ile bir teklif sunar. İhaleler genellikle yerli üretim payları, teknolojik özelliklerin ayrıntıları, birim enerji başına maksimum fiyat gibi spesifik gereklilikler içerir. En düşük teklif sahibi ile genellikle uzun vadeli bir enerji satın alma sözleşmesi imzalanır. İhaleler, garanti edilmiş bir talep sağladığından, teoride de olsa gelirlerin maliyeti karşılayacak olması sebebiyle ekonomik engellerin üstesinden gelmek için etkili bir yöntemdir (IEA, 2011:35). İhale yöntemi şimdiye kadar dünya çapında 98 ülkede uygulanmış olup, 2018 yılı itibariyle hâlihazırda bu yöntemi kullanan 48 ülke bulunmaktadır. Giderek daha fazla sayıda ülke, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişmesini teşvik etmek için araç olarak ihale yöntemini uygulamaktadır (REN21, 2019:19).

Kural olarak, ihaleler uzun süreli (genellikle 20 yıl) garantili ücret ödeme tahsisi yapar. Yaygın olarak kullanılan sabit fiyat garantisi modellerinden temel farkı, rekabete dayalı fiyatlandırmanın kullanılmasıdır. Sabit fiyat garantisinde ise destek oranları idari düzenlemeler ile belirlenmiştir. Bu nedenle ihaleye dayalı bir destek programı sabit fiyat garantisine göre teorik olarak daha düşük destek ödeme oranı sağladığı gibi, yenilenebilir enerjide ilerlemelerin daha hassas bir şekilde yönlendirilmesine de imkân sağlar. Bununla birlikte, ihaleler yoluyla hedeflenen büyüme oranlarının gerçekten elde edilmesini sağlamak

neredeyse imkânsızdır. Ayrıca, orta vadede bulunan piyasa konsantrasyonu riski, piyasa gücüne ve rekabetçi aktörler için aşırı getiri oranlarına yol açabilir (Bayer, 2018:305).

Genel olarak açık artırma yönteminin temel avantajları; esneklik, gerçek fiyatı keşfetme potansiyeli, fiyat ve miktarı daha kesin sağlama yeteneği ve taahhütleri ve şeffaflığı garanti etme yeteneğidir (IRENA ve CEM, 2015:14).

- Esneklik: Açık artırmalar, geliştirme ve yaygınlaştırma hedeflerini karşılamak için farklı tasarım öğelerini birleştirme ve uyarlama imkânı sağlar. Bu nedenle, mekanizmanın güçlü yanlarından biri; ekonomik durumları, enerji sektörlerinin yapısı, güç piyasalarının olgunluğu ve yenilenebilir enerji yaygınlık seviyeleri farklı bölgelere hitap edebilmesidir.
- Gerçek fiyatı keşfetme: İyi bir açık artırma tasarımı; yapılandırılmış, şeffaf ve en önemlisi rekabetçi bir süreçte, açık artırma yapılan ürünün gerçek fiyatını ortaya çıkarır. Bu, düzenleyici kuruluş ve proje geliştiricileri arasındaki temel bilgi asimetrisi sorununa en etkili çözümdür.
- Fiyatlar ve miktarlar konusunda daha fazla kesinlik: Açık artırmalar, sabit fiyat garantisi yöntemine benzer şekilde, politika yapıcılarına proje geliştiricileri için istikrarlı bir gelir garantisi sağlayarak miktar ve fiyatı kontrol imkânı sağlarken, aynı zamanda kotalar ve yeşil sertifikalar gibi, yenilenebilir enerji üretim hedefinin daha kesin bir şekilde karşılanmasını temin eder. Bu nedenle, hem yatırımcılar hem de politika yapıcılar politikanın gelecekteki sonuçları konusunda daha emindirler.
- Taahhütler ve şeffaflık: Açık artırmaların bir diğer özelliği, iki taraf arasında her bir tarafın taahhütlerini ve yükümlülüklerini açıkça belirten bir sözleşme yapılmasıdır. Bu tür bir yapı, yatırımcılara daha fazla düzenleyici kesinlik sunarak, pazar ve politika manzaraları değişse bile ücretlerinin gelecekte sorgulanması olasılığını en aza indirebilir. Ayrıca, açık artırma şeffaf, adil, açık ve zamanında bir satın alma süreci sağlayarak pazarın bozulma riskini ve tüketicinin ürün için fazla ödeme yapma olasılığını en aza indirir.

Bununla birlikte ihale yöntemi birtakım zayıflıklar da içermektedir. İhaleye katılmak için gerekli idari prosedürlerle ilişkili nispeten yüksek işlem maliyetleri (örneğin, yeterlilik düzenlemeleri), özellikle küçük veya yeni yatırımcılar için ihaleye katılımın önünde potansiyel bir engel oluşturabilir ve böylece rekabeti azaltır. Açık artırmayı organize edenler açısından maruz kalınan işlem maliyetleri de zaman zaman bu programın zayıflığı olarak belirtilir. Açık artırmaların bir diğer potansiyel zayıflığı, düşük fiyatlı teklif ve inşaatlardaki gecikmeler ile ilgilidir. Açık artırmanın rekabetçi ortamında firmalar, teknolojik maliyetlerin evrimi konusundaki aşırı iyimserlik ve finansal sonuçları göz ardı etmeleri nedeniyle, aşırı

agresif teklif vermeleri neticesinde inşaatları gerektiği şekilde ve zamanında tamamlayamayabilirler (IRENA ve CEM, 2015:14).

2.2.1.5. Net Ölçümleme

Net ölçümleme, kendi elektriğinin bir kısmını veya tamamını üreten, elektrik jeneratörlerine sahip tüketicilerin fazla ürettikleri elektrik gücünü sonradan kullanmalarına imkân sağlayan bir elektrik faturalandırma mekanizmasıdır. Bu politikalar genellikle küçük ölçekli çatı güneş PV sistemlerinin, nadiren de küçük ölçekli rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesini teşvik etmek için benimsenir. Net ölçümleme altında, müşteriler genellikle perakende elektrik fiyatı seviyesinde kredi alarak, bunu tüketimlerinin üretimden fazla olduğu dönemlerde kullanırlar. Benzer bir yöntem olan net faturalandırma altında, fazla ürettikleri elektrik için genellikle perakende satış elektrik fiyatından daha düşük bir oranda kredi alırlar. Bununla birlikte yöntemler farklı bölgelerde farklı şekillerde uygulanabilir (REN21, 2019:61).

İlk olarak 1979 yılında ABD'nin Massachusetts eyaletinde bir girişimci, ihtiyacından daha fazla güneş enerjisi üretme kapasitesine sahip ve aşırı güç üretimini elektrik hizmet kuruluşuna geri vermek için özel olarak tasarlanmış bir güneş enerjisi evi inşa etmiştir. İlk olarak bu uygulama Minnesota'da, 1983 yılında kabul edilmiştir (Szmolyan, 2020:141).

Avrupa'da net ölçümleme, Danimarka, İtalya ve İspanya öncülüğünde yavaşça genişlemektedir. Diğer birçok ülkede de net ölçümleme kabul edilmiş olup, güneş enerjisi tesislerinin çoğu böyle bir plan altında çalışmaktadır. 2018 yılı sonu itibarıyla, net ölçümleme politikaları en az 66 ülkede uygulanmakta olup, sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde, 45 eyalet ve bölgede kabul edilmiştir (REN21, 2019:61).

Giderek daha fazla sayıda tüketicinin net ölçüm politikaları altında elektrik üretmesi, politik ve yasal zorluklara yol açmıştır. Bu zorluklar bazı durumlarda, düşen teknoloji maliyetlerine ayak uydurmak için şebekeye bağlanma ücretinin uyarlanması veya ortadan kaldırılmasıyla sonuçlanmıştır. AB, 2018 yılında 25 kW veya daha küçük sistemlere sahip tüm tüketicilerin bağlantı ücretlerine tabi olmadan şebeke ağlarına bağlanmasına izin verilmesini sağlamak için bir anlaşmaya varmıştır. Topluluk enerji projeleri de yerel yenilenebilir enerji üretimini arttırmaktadır. 2018'de Avrupa Komisyonu, enerji ortaklıklarına kendi elektrik dağıtım ağlarına sahip olmalarını, kiralamalarını veya satın almalarını sağlayarak AB içinde işletme hakkını garanti etmiştir. Diğer taraftan, ABD Michigan eyaleti, net ölçüm teşviklerini geri alarak şebekeye beslenen fazla üretimi için ödemeleri azaltmıştır (REN21, 2019:61).

Net ölçümleme ile ilgili olarak, kendi elektriğini üreten ve ekonomik açıdan daha iyi durumdaki kişilerden, bu imkana sahip olmayan daha kötü durumdaki kişilere maliyet kaymasına neden olacağı öne sürülmektedir. Bunun nedeni elektrik dağıtım ve iletim firmalarının faturalara yansıttığı bakım, personel gideri vb. sabit giderlerden daha az sayıda tüketiciye pay verilecek olmasıdır. Bununla birlikte bu fikrin tersi görüşünde olanlar, maliyet kaymasının bedelinin firmalara sağlanan sübvansiyonların topluma yüklediği yükten daha fazla olmadığını öne sürmektedirler (SEIA, 2021).

Net ölçümleme doğru uygulandığında gelişmekte olan ülkeler için etkili bir enerji çözümü olacaktır. Bu ülkelerin çoğu, güneş yönünden zengin olmalarına rağmen özellikle yoğun saatlerde yetersiz üretim kapasiteleri nedeniyle talebi karşılayamamaktadır. Bunu karşılamak için de enerji ithal etmek veya enerji hizmetini sınırlama yoluna giderler. Net ölçümleme, büyük bir yatırım yapmadan hem talebi azaltmayı hem de üretim kapasitesini güçlendirmeyi sağlar. Ancak, net ölçümle yöntemini uygulamada yaşanacak zorluklardan kaçınmak için öncelikle uygun bir düzenleme tanımlamak için piyasayı uygun bir şekilde değerlendirmek ve bu düzenlemeyi uygulamak için gerekli araçları/siyasi iradeyi oluşturmak gerekir. Net ölçümleme planı bir yandan, dağıtım şirketlerinin gelir kaybı korkusu dikkate alınarak hazırlanmalı, diğer yandan, yatırım kapasiteleri sınırlı olan müşterileri teşvik edecek kadar çekici olmalıdır (IEA, 2018:8).

2.2.1.6. Ulaşım Yükümlülükleri

2018 yılı sonu itibariyle, ulaşım için kullanılan yakıtlara biyoyakıt karışım zorunlulukları 70 ülkede ulusal ve/veya ulusal düzeyde mevcuttur. 2018 yılında biyoyakıt zorunluluğu getiren yeni bir ülke olmamasına rağmen, bazı ülkeler yeni yükümlülükler getirirken, bazıları da mevcut yükümlülükleri güçlendirmişlerdir. 2018 yılı itibariyle ulaşım alanında ulusal yenilenebilir enerji hedefi bulunan 45 ülke bulunmaktadır. AB, 2030 yılına kadar ulaşım yakıtlarının en az %14'ünün yenilenebilir kaynaklardan meydana gelmesi hedefinin bir parçası olarak, 2025 yılına kadar %1 ve 2030'a kadar %3,5 oranında ileri bir biyoyakıt ve biyogaz yükümlülüğü üzerinde geçici olarak anlaşmaya varmıştır. AB ayrıca nihai ulaşım enerji tüketiminde birinci nesil biyoyakıtların payına %7'lik bir sınır koymuştur.

Bununla birlikte tarım ürünlerinin biyoyakıt üretimi için kullanılması küresel beslenme yetersizliği sorununu derinleştirirken etik kaygıları da beraberinde getirmiştir. Artan biyoyakıt üretimi nedeniyle sektörde yükselen tarımsal hammadde talebi, gıda arzının daralmasını ve gıda fiyatlarının yükselmesini tetiklerken, gıda mı yakıt mı sorusunu da gündeme getirmiştir (Hatunoğlu, 2010:63). Bu nedenle biyoyakıtlarla ilgili yükümlülükler

getirilirken, artan biyodizel üretiminin küresel beslenmede ortaya çıkarabileceği sorunlar da göz ardı edilmemelidir.

Karayolu taşımacılığının artan elektrifikasyonu, bu sektörde yenilenebilir elektrik kullanımı için yeni fırsatlar da sunmaktadır. 2016 yılı itibariyle, dünya genelinde elektrikli araçlar tarafından tüketilen elektriğin %26'sı yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiştir (IEA, 2018:39). Elektrikli araçlar, taşımacılık sektöründe yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılmasında ve özellikle yenilenebilir elektriğin artan paylarıyla güçlendirildiğinde küresel karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynayabilir. Son yıllarda elektrikli araç kullanımını artırmak için çok sayıda önlem alınmış olmasına rağmen, yenilenebilir elektrik üretimini doğrudan bu kullanımla ilişkilendirmek veya elektrikli araç yenilenebilir enerjinin enerji kaynaklarına entegrasyonunu desteklemesini sağlamak için çok az çaba harcanmıştır. 2018 sonu itibariyle ulusal düzeyde yalnızca Avusturya'nın yenilenebilir enerjiyi elektrikli araçları doğrudan ilişkilendiren bir politikası vardır. Karayolu taşımacılığı sektörlerinin dönüşümünü teşvik etmek için özellikle İskandinavya gibi bazı bölgeler, tedbirler alma konusunda aktif olmakla birlikte küresel olarak, hafif ticari araçlar için yakıt ekonomisi politikaları 2018 sonu itibariyle sadece 40 ülkede mevcut olup, sadece beş ülke – Kanada, Çin, Hindistan, Japonya ve ABD – kamyonlar için yakıt ekonomisi standartlarına sahiptir (REN21, 2019:54-59).

2.2.1.7. Isıtma ve Soğutma (Isı) Yükümlülükleri

Isıtma ve soğutma sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik ulusal düzeyde politika ilgisi ve desteği, nihai enerji tüketimindeki büyük payına rağmen sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte, yerel yönetimler düzeyinde, giderek artan sayıda şehir ve bölgede, yetkililer binalar için yerel yükümlülükler ve politikalar ile kentsel bölge ağları yönetimi yoluyla yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek için düzenleyici ve satın alma yetkilerini kullanmaktadır. Isı sektörünün yerel doğası göz önüne alındığında, yerel yönetimler ısı için yenilenebilir enerji kullanımının büyümesinde kilit rol oynamaktadır (REN21, 2019:35).

Son yıllarda ısı talebini karşılamak için kullanılan yenilenebilir enerjilerin küresel payında yenilenebilir elektrikteki büyümeden çok daha yavaş, ancak istikrarlı bir büyüme olmuş ve 2018 yılı itibariyle %10'a ulaşmıştır. Yenilenebilir soğutma çözümleri daha az yaygındır. İklim değişikliği hedeflerini karşılamak ve hava kirliliği ve diğer sorunların ele alınmasına yardımcı olmak için hızlandırılmış dağıtım gereklidir. Isıtma ve soğutma için yenilenebilir kaynakların kullanımı birçok ekonomik ve ekonomik olmayan engellerle karşı

karşıyadır. Bu engelleri aşmak için politika müdahaleleri gereklidir ve bunlar belirli ulusal ve yerel koşulları yansıtacak şekilde dikkatle tasarlanmalıdır. Yenilenebilir ısı seçeneklerinin ucuz fosil yakıtlarla rekabet etmesi genellikle zordur. Karbon ve enerji vergilendirmesi bu sorunu çözmek için çok faydalı araçlardır. Atık ısıнын en aza indirilmesini sağlamak için yenilenebilir ısı ve enerji verimliliği politikaları uyumlu olmalıdır (IEA, 2019c).

Yenilenebilir ısı yayılımını desteklemek için, genellikle ısı yükümlülükleri, karbon/enerji vergileri, teşvikler gibi birkaç enstrümanın bir kombinasyonunu içeren paketler halinde çeşitli politikalar kullanılmaktadır. Uygulanan ısı yükümlülükleri genellikle güneş enerjili su ısıtıcıları gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını zorunlu hale getiren kurallardır. 1980 yılında İsrail, güneş kolektörlerini yeni konut binalarında zorunlu hale getiren ilk ülke olmuştur. Getirilen bu yükümlülük sonrasında, güneş enerjisi sistemleri artık İsrail su ısıtma piyasasında herhangi bir finansal destek olmadan ana teknoloji haline gelmiştir (OECD/IEA, 2011:36). Ancak bu yükümlülükler genelde sadece yeni binalara uygulanabildiğinden sınırlı bir kullanım alanı vardır. Enerji verimliliği için kullanılan bir araç olan bina kodları ile yenilenebilir kaynaklardan ısı elde etmek zorunlulukları getirilebilir. Ancak mevcut binalara nadiren uygulanan bu politika aracı çoğunlukla yeni binalar için uygulanabildiğinden ısı talebinin sınırlı bir kısmını kapsamaktadır (IRENA, 2018:37).

2.2.2. Mali Teşvikler

2.2.2.1. Vergi İndirim, İstisna ve Muafiyetleri

Vergi muafiyeti, vergilendirilmesi gereken kişi ya da grupların, istisna ise vergilendirilmesi öngörülen konuların, belli koşulların gerçekleşmesi halinde kısmen veya tamamen, devamlı veya geçici olarak vergi dışında bırakılmasına yöneliktir. Vergi indirimlerinde ise kişi ya da konular vergilendirme dışı bırakılmaz, ancak belirli şartlarla vergi matrahından indirim yapılır.

Vergi indirim, muafiyet ve istisnaları yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasında dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Vergi muafiyetleri veya indirimleri, özel kişileri ve şirketleri, yenilenebilir enerji projelerine yatırım yapmayı çekici bir finansal seçenek olarak görmeye teşvik edebilir. Örneğin, Almanya ve İsveç'te, rüzgâr projelerine yapılan yatırımlar şahıslar için gelir vergisine mahsup edilebilirken, İrlanda, Hollanda ve İspanya'da şirketler yenilenebilir enerji projelerine yatırım yaparlarsa kurumlar vergisi indirimi alabilirler. Yunanistan'da güneş enerjili termal su ısıtma sistemlerinin kurulumu ve güneş enerjili su ısıtıcıları gibi yenilenebilir enerji cihazları satın alan haneler vergi muafiyeti/istisnası ile teşvik edilmiştir (Abdmouleh vd. 2015:255).

Bazı Avrupa ülkeleri alternatif enerjinin geliştirilmesini teşvik etmek amacıyla, yenilenebilir enerji üretimi için kullanılan binalar, arsalar ve sabit varlıklara uygulanan vergi miktarının %100'üne kadar kısmını ortadan kaldırılabilen emlak vergisi indirimini kullanırlar. Emlak vergileri, özellikle rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi gibi sermaye yoğun teknolojiler için, daha az sermaye-yoğun konvansiyonel enerji teknolojilerine kıyasla kWh enerji üzerinde daha fazla vergi yüküne neden olmaktadır. Bu nedenle, emlak vergisinin azaltılması, alternatif ve geleneksel enerji teknolojileri arasında bir vergi paritesi yaratılmasına yardımcı olarak önemli bir teşvik olabilir (Ogunlana ve Goryunova, 2016:509).

Yenilebilir enerji malzemeleri ve ekipmanları alımı ve kurulumunda daha düşük ya da sıfırlanmış KDV uygulaması da özellikle hane halklarının konutlar için yenilebilir enerji talebini artırabilecektir. Örneğin Fransa'da konutlarda kurulu yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi için kullanılan ekipmana ilişkin %5,5 indirimli KDV oranı uygulanmaktadır (IEA, 2021n).

Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) ve Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) aracılığıyla sağlanan teşvik uygulamaları yenilenebilir enerjiye dayalı tüketimi fosil yakıtlar karşısında cazip hale getirmek için uygulanmaktadır. Biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen yakıtların ÖTV gibi diğer vergilerden muaf tutulması Almanya tarafından uygulanmış ve yenilenebilir kaynakların yüksek oranda vergilendirilmiş konvansiyonel dizel yakıtla rekabet gücünü arttırmıştır. Benzer bir politika elektrikli araçlara uygulanarak, bu araçlar beş yıl boyunca MTV'den muaf tutulmuşlardır (IEA, 2021n).

2.2.2.2. Vergi Kredileri

Vergi kredisi, vergi mükelleflerinin devletlerine borçlu oldukları vergilerden mahsup edebilecekleri bir miktar paradır. Vergiye tabi gelir miktarını azaltan kesintilerden ve muafiyetlerden farklı olarak, vergi kredileri borçların gerçek miktarını azaltır. Vergi kredileri, yenilenebilir enerjinin yatırım, üretim veya tüketim kısımlarında uygulanabilir. Üretim vergisi kredileri üretilen her kWh için vergiden belirli bir miktar mahsup sağlarken; yatırım vergi kredisinde ise, nitelikli bir varlığa veya gereksinimleri karşılayan diğer bir işletmeye yapılan yatırımın belirli bir yüzdesinin vergiden indirimi sağlanır. Üretim vergisi kredisi ilk olarak ABD'de, 1992 yılında kabul edilen Enerji Politikası Yasası'nın bir parçası olarak yürürlüğe girmiş ve o zamandan beri rüzgâr enerjisinin desteklenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Başlangıçta on yıl boyunca rüzgâr ve jeotermal için üretilen her kWh için 1,5 ABD Doları-sent sağlanmıştır. Ancak 2020 yılına kadar her yıl teşvik tutarı azaltılarak aşamalı olarak kaldırılmaktadır. Yatırım vergisi kredisi ise ilk olarak 2005 yılında kabul edilen Enerji

Politikası Yasası ile yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile güneş enerjisi projeleri için %30'luk bir indirim sağlanmış olup, bu oran 2022'ye kadar %10'a düşürülecektir (IRENA, 2018:71).

Yatırım vergisi kredileri genellikle imalatçı olmayan bireysel konut ve ticari binaların ısıtılması, aydınlatılması ve havalandırılması için kullanılan yenilenebilir enerji ekipmanlarının kurulumu için verilir. Yenilenebilir enerji tüketimini teşvik etmeyi amaçlayan bir ülkede, yenilenebilir enerjinin piyasaya girmesini kolaylaştırmak için yenilenebilir ekipman satın alımı ve kurulumuna yönelik olarak yatırım vergi kredileri uygulanabilir. Örneğin, Polonya'da özel ve kamu binalarında yenilenebilir bir ısı yükümlülüğü ve güneş enerjisi için özel müşterilere vergi kredisi sağlamak için bir yasa tasarısı getirilmiştir. Fransa'da da 1996 yılında giren bir düzenleme ile bireylerin evleri için enerji verimliliği iyileştirmesi yapmaları teşvik edilmiştir. Halen yürürlükte olan bu düzenleme ile bireylerin evlerine kuracakları yenilenebilir enerji ekipman ve malzemelerin maliyetini karşılamaya yönelik vergi kredisi teşviki uygulanmaktadır (IEA, 2021n).

Vergi kredilerinin rüzgâr ve güneş enerjisinin yaygınlaşmasında önemli bir etkisi olsa da bu politikanın piyasada bozulmaya yol açtığı konusunda çeşitli eleştiriler gelmektedir. Buna göre, özellikle üretim vergisi kredilerinin, zarardan daha fazla getiri sağlaması mümkün olabileceğinden, bu teşvikten faydalanan üreticileri enerjiyi maliyetinin altında satmaya itebileceği, bu durumda diğer enerji üreticilerini de fiyatlarını düşürmeye zorlayarak bu endüstrilere yatırımı caydırabileceği öne sürülmektedir (Doran, 2020).

2.2.2.3. Hızlandırılmış Amortisman

Hızlandırılmış amortisman, yeni edinilen varlıklar için ilk yıllarda, olağan amortisman miktarından çok daha büyük bir amortisman indirimi uygulanarak vergilendirilebilir gelirin azaltılmasını sağlayan bir teşviktir. Hızlandırılmış amortisman ilk kez 1994 yılında Hindistan'da rüzgâr için %100 amortisman oranı ile uygulanmış, bu oran 2002'de %80'e düşürülmüştür (IRENA, 2018:71). Hollanda'da, enerji tasarrufu projelerine (yenilenebilir enerji projeleri dahil) yatırım yapan şirketler ve işletmeler, bu tür projeler için ekipman yatırımının hızlandırılmış amortismanından yararlanabilirler (Abdmouleh vd., 2015:256).

Hindistan'da, hızlandırılmış amortisman rüzgâr enerjisinin dağıtımında önemli bir rol oynamış ve ekipman imalatı ve müttetik hizmetleri de dâhil olmak üzere yerli rüzgâr endüstrisinin gelişimini dolaylı olarak teşvik etmiştir. Bu uygulama ayrıca küçük ölçekli çatı üstü kurulumları da dâhil olmak üzere güneş enerjisini desteklemiştir. Bununla birlikte Hindistan'da uygulanan bu teşvikin, düşük performansın cezalandırılmasına yönelik bir hüküm olmaksızın proje sermaye maliyetiyle bağlantılı olması nedeniyle üretim verimliliğine

odaklanmadığı anlaşılmıştır. Sonuç olarak, üretim potansiyelin altında gerçekleşmiş verimsiz kurulumlar, kaynak bakımından en iyi yerlerden bazılarını işgal etmiştir. Ayrıca, politika Hindistan dâhilindeki işler için kullanılan varlıklara uygulandığından büyük bağımsız enerji üreticileri ve yabancı yatırımcılara da fayda sağlamamıştır (IRENA, 2018:71).

2.2.2.4. Karbon Vergileri ve Emisyon Ticareti

Karbon kirliliğine fiyat koyma fikri, emisyonları azaltmanın ve yatırımları daha temiz seçeneklere yönlendirmenin bir yolu olarak ülkeler ve iş dünyası arasındaki işbirliği sonucu oluşmuştur. Karbon üzerine konulan bir fiyat, karbon nedeniyle oluşan hasarın yükünü, bundan sorumlu olan ve bunu azaltabilme imkânı olanlara geri kaydırmaya yardımcı olmaktadır. Kimin nerede ve nasıl emisyon azaltması gerektiğini dikte etmek yerine, kirlenmeye sebep olanlar, emisyonları azaltıp azaltmayacakları veya kirlletmeye devam edip ödemeyecekleri konusunda kendileri karar verirler. Bu şekilde, genel çevresel amaca, topluma en esnek ve en düşük maliyetli yolla ulaşılır. Karbon fiyatı aynı zamanda temiz teknolojiyi ve pazardaki yeniliği teşvik ederek ekonomik büyümenin yeni, düşük karbonlu itici güçlerini de besler (WB, 2019).

Emisyon ticaret sistemleri (ETS) ve karbon vergileri olmak üzere iki temel karbon fiyatlandırması vardır. Emisyon ticaret sisteminde, sera gazı salımı yapan tesislerin toplam sera gazı emisyonlarına bir limit (veya üst sınır) belirlenir ve düşük emisyonu sahip endüstrilerin fazla ödeneklerini daha yüksek miktarlarda karbon salımı yapan firmalara satmaları sağlanır. ETS uygulaması, emisyon ödenekleri için arz ve talep yaratarak, sera gazı emisyonları için bir piyasa fiyatı belirler. Karbon vergisi ise, sera gazı emisyonları veya daha yaygın olarak fosil yakıtların karbon içeriği üzerinde bir vergi oranı tanımlayarak doğrudan karbon üzerinde bir fiyat belirler (Haites, 2018:956).

Dünya’da 40 ülke ve 20’den fazla şehir veya eyalet, karbon fiyatlandırma mekanizmalarını zaten kullanmakta ve gelecekte bunları uygulamak için daha fazla planlama yapmaktadır. Şu anda yürürlükte olan karbon fiyatlandırma programları, yürürlükte olan yerlerdeki emisyonların yaklaşık yarısını kapsamakta, bu da yıllık küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %13’üne denk gelmektedir. Karbon vergilerinin sera gazı emisyonları üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan çalışmalarda genellikle etkili olduğu ve ekonomi üzerindeki olumsuz etkinin oldukça az olduğu bulunmuştur (WB, 2019).

Aslında, çevre vergilerinin kullanımı çifte temettü olarak bilinen iki tür fayda sağlamaktadır. Yeşil temettü olarak adlandırılan ilk ve en doğrudan fayda, çevreyi korumaktır. Mavi temettü olarak adlandırılan ikincisi, işgücü vergilerini azaltan çevre

vergileriyle ilgili vergi reformu nedeniyle istihdam seviyeleri üzerindeki olumlu etki de dâhil olmak üzere çeşitli şekillerde elde edilebilir. Bu anlamda, çoğu OECD ülkesi, reformların da ek olumlu etkiler ürettiğinin farkında olarak, enerji tasarrufunu teşvik etmek ve çevreyi korumak için çevre vergileri belirlemiştir (Cansino, 2010:6001). Ayrıca vergi politikası, fosil yakıt tüketimini azaltmak ve yenilenebilir enerjiyi cazip hale getirmek için faydalı bir araç olarak da kullanılabilir. Hükümet tarafından uygulanan bir karbon vergisi, fosil yakıtların kullanımına yönelik yüksek bir maliyet yükü getirmekte, böylece yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımı artırmak için bir teşvik sağlamaktadır. Enerji talebi de farklı yakıt kullanmanın göreceli maliyeti yoluyla karbon vergisinden etkilenebilir.

Karbon vergisi ilk olarak 1990 yılında Finlandiya’da başlatılmış ve benzin, dizel, hafif yakıt ve ağır akaryakıt, jet yakıtı, havacılık benzini, kömür ve doğalgaza uygulanmıştır. 1990 yılında Hollanda, çevre vergisi sistemine karbon vergisi getirmiştir. Norveç, 1991 yılından bu yana yakıtların karbon içeriğine dayalı oranlarla petrol, madeni yakıt ve doğal gaz üzerindeki karbon vergisini artırmaktadır. 1992 yılında vergi, çimento ve hafif delikli kil üretiminde kullanılmayan kömür ve kok kömürünün bir kısmını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Deniz taşımacılığı, havacılık ve elektrik sektörlerinde vergi alınmamış, kâğıt hamuru ve kâğıt sektörleri için yarı yarıya indirilmiştir. Yine 1990-1992 yılları arasında Danimarka ve İsveç de karbon vergisine geçmişlerdir. İngiltere, Fransa, Almanya, İspanya gibi ülkeler ise Kyoto Protokolü’nün yürürlüğe girmesi ile 1997’den bu yana karbon vergilerini uygulamaktadırlar (Lin ve Li, 2011:5140).

Karbon vergisi genel olarak karayolu ulaşımına ilişkin olarak uygulanmakta olup, toplam üretilen emisyonun sadece %18’ini kapsamaktadır. Uluslararası havacılık, denizcilik ve emisyon üretilen diğer sektörler yani kalan %82’si vergi dışı bırakılmaktadır. Karayolunda uygulanan karbon vergisi genel olarak en az bir ton CO₂ başına 30 Avro olarak uygulanmaktadır. Sadece dört ülke (Danimarka, Hollanda, Norveç ve İsviçre), karayolu dışı emisyonları ortalama olarak ton başına 30 Avro’dan fazla vergilendirmektedir. Ancak ton başına belirlenen bu oranların düşük olması nedeniyle, çok sayıda firma düşük oranlı karbon vergisini ödemeyi seçmektedir. Bu durum Paris Anlaşması’nın hedeflerini karşılamak için yeterli olmayacaktır. Karbon vergisinin artırılması, bireyleri ve işletmeleri eylemlerinin maliyetlerini dikkate almaya teşvik edecektir. Böylece, daha az karbon yoğun mal ve hizmetler tüketilecek ve yavaş yavaş düşük veya sıfır karbon faaliyetlerine geçeceklerdir. Ayrıca, temiz teknoloji firmalarının kirletici firmalara karşı rekabet konumlarının iyileştiği görülecektir. Kömür yakıtlı elektrik santralleri gibi karbon yoğun varlıklara yapılan

yatırımları caydırmak, gelecekte yüksek ayarlama maliyetleri riskini de azaltacaktır (OECD, 2019:3).

2.2.2.5. Hibe ve Sübvansiyonlar

Hibeler, genellikle geri ödenmesi gerekmeyen, ancak belirlenmiş amaçlar için kullanılması gereken tutarlardır. Yenilenebilir enerji için hibeler normalde yerel yönetimler, kamu kuruluşları veya kâr amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından, fizibilite çalışmalarına, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine, sistem tanıtımı, kurulumu ve işletimine, iş geliştirme faaliyetlerine fon sağlamak için verilirler. Hibeler karma politikalarla, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğinin yaygınlaşmasını desteklemek için sübvansiyonlu kredilerle de birleştirilebilir.

Öte yandan sübvansiyonlar, hükümetlerin işletmelere işletme maliyetlerini uzun dönemde dengelemeleri için verdikleri doğrudan yardımları, vergi indirimlerini ve diğer özel yardımları ifade etmektedir. Sübvansiyon verilmesinin temel mantığı, işletmeler için çok pahalıya mal olacak yatırımları teşvik etmektir. Yenilenebilir enerjide sermaye sübvansiyonları, konvansiyonel enerji teknolojileriyle eşit bir oyun alanı oluşturulmasına ve başlangıçtaki sermaye maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olmak için kullanılabilir. Güneş PV kurulumları gibi çok spesifik teknolojileri ve nüfusun belirli kesimlerini hedeflemek için kullanılabilirler. Enerjiye erişim bağlamında, erişim vergileri düzeltilerek ve bölgesel ve küresel fonlama kuruluşlarıyla işbirliği yaparak sektöre ilgi çekilebilir. Hangi sübvansiyonlar kullanılırsa kullanılsın, teknolojilerin hangi niteliklere sahip oldukları veya ne zaman aşamalı olarak kaldırılacağı konusunda açık ve karışıklıktan uzak olmak önemlidir. Sermaye sübvansiyonları tipik olarak dağıtımın ilk aşamalarında piyasalarda kullanılır ve bundan sonra performansa dayalı sübvansiyonlarla değiştirilirler (IRENA, 2018:71-72).

Yenilebilir enerji lehine başarılı bir hibe ve sübvansiyon mekanizması için, sadece bu fonların verilmesi yeterli değildir. Aynı zamanda sürdürülebilirliğin sağlanması için maliyetleri kurtarma mekanizması aracılığıyla, bu fonları alanların finansal açıdan sağlıklı hale getirilmesinde de hükümette güçlü bir isteklilik olmalıdır. Böyle bir kurtarma sistemi kurulmamışsa, hibe ve sübvansiyonları alan kuruluşlar uzun vadede finansal açıdan kritik durumlara karşı savunmasız kalacak ve operasyonel verimliliklerini sürdüremeyeceklerdir. Ayrıca, yenilebilir enerjide istenen amaçlara ulaşmak için sübvansiyonlar uygun bir şekilde yönetilmeli, kaynaklar doğru yerlere aktarılmalıdır (Abdmouleh vd., 2015:258).

Bazı ülkeler ve ABD eyaletleri yenilenebilir enerjiyi üretim ödemeleri veya indirimler yoluyla sübvansiyon etmişlerdir. İndirimler, bir teknolojinin veya toplam kurulum maliyetlerinin

belirli bir payının veya kurulu kapasite birimi başına belirli bir miktar paranın iadesidir. Yatırım kredilerinde olduğu gibi, indirimler en çok teknoloji ve performans standartlarıyla bağlantılı olduğunda etkilidir. Japonya, PV'lere yönelik indirimler yoluyla yatırım sübvansiyonları sağlamıştır. Bu indirimler, düşük faizli krediler, halkın eğitilmesi ve net ölçümleme ile birlikte Japonya'daki PV'lerde önemli bir başarıya yol açmıştır. Üretim ödemeleri ise birim üretim başına belirli bir ödeme ile enerji üretimini ödüllendirir. Örneğin, California bazı mevcut ve yeni yenilenebilir enerji projeleri için kWh başına ödeme yapan bir üretim teşviki çıkarmıştır. Elektrik kullananlar, kilovat saat başına küçük bir ücretle bu ödemeyi finanse edilmektedir. Bir başka deyişle California'da yaşayanlar programın maliyetini tükettikleri güç miktarına göre paylaşmaktadır (Assmann, 2006 95).

Dünya'da fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji dâhil olmak üzere toplam doğrudan enerji sektörü sübvansiyonlarının 2017 yılında en az 634 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Enerji sübvansiyonlarının yaklaşık %70'ini (447 milyar ABD Doları) fosil yakıtlara yapılan sübvansiyonlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji üretim teknolojilerine verilen sübvansiyonlar toplam enerji sektörü sübvansiyonlarının yaklaşık %20'sini (128 milyar ABD doları), biyoyakıtlara verilenler ise yaklaşık %6'sını (38 milyar ABD doları) oluşturmaktadır. Temiz ve yenilenebilir enerjiye verilen sübvansiyonlar (çevre dostu sübvansiyonlar), enerji sektörü genelinde sermaye tahsisinin etkinliğini artırmaya yardımcı olabilir. Bunun nedeni, fosil yakıt kullanımının neden olduğu özellikle hava kirliliği ve iklim değişikliği kaynaklı topluma yüklenen maliyetler gibi dışsallıkların tam olarak fiyatlandırılmamış olmasıdır. Ancak fiyatlandırılmamış dışsallıkların maliyeti ve doğrudan fosil yakıtlara yönelik sübvansiyonlar ile yenilenebilir enerji teknolojilerine verilen destek arasında devam eden dengesizlik şaşırtıcı olmaya devam etmektedir. 2017 yılında, fiyatlandırılmamış dışsallıkların maliyeti ve doğrudan fosil yakıtlara yönelik sübvansiyonlar (3,1 trilyon ABD doları), yenilenebilir enerji sübvansiyonlarını 19 kat aşmıştır (IRENA, 2020:8).

2.2.2.6. Krediler

Dünya çapında, yenilenebilir enerji yatırımlarının önündeki en büyük engellerden biri yenilenebilir enerji projelerinin yüksek başlangıç sermaye maliyetleridir. Böylece, borçlanma maliyeti yenilenebilir enerji piyasalarının uygulanabilirliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Düşük faizli, uzun vadeli krediler ve kredi garantileri şeklinde finansman yardımı, sermaye maliyetini düşürerek ve birim başına ortalama enerji maliyetini ve yatırım riskini etkili bir şekilde azaltarak yenilenebilir enerjinin gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Almanya

yenilenebilir enerjide büyük bankalar tarafından sunulan ve federal hükümet tarafından yeniden finanse edilen uzun vadeli ve düşük faizli kredi teşviklerini başarılı bir şekilde uygulamaktadır. Japonya ve bazı ABD eyaletleri de güneş PV ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları için düşük faizli kredi programları oluşturmuştur (Assmann vd. 2006:96).

Yenilenebilir enerji proje finansmanında proje öncesi ve sonrasında birtakım riskler yaşanabilir. Örneğin rüzgâr enerjisi projelerinde, seçilen rüzgâr türbini uygun olmayabilir ya da yenilenebilir enerji santrali içindeki ekipmanların bakım ve onarımı zamanında yapılmamış olabilir. Bunun yanında, proje kredi ve faizini ödedikten sonra kalan kârın tatmin edici bulunmaması finansal risk, ülkenin politik istikrarının bozulması da politik bir risk oluşturur. Başarılı bir yenilenebilir enerji projesi finansmanı için belirli riskleri en iyi şekilde yönetecek ve azaltabilecek yöntemlerin geliştirilmesi ve bu risklerin üçüncü taraflara transfer edilmesi zorunluluk teşkil etmektedir (Albayrak, 2011:147-149).

Yenilenebilir enerji destekleme kredileri kamunun öncülüğünde kamu kurum ve bankaları ve özel bankalar tarafından verilebileceği gibi, AB, Dünya Bankası, IRENA gibi uluslararası kuruluşların finansman imkânlarından da yararlanılabilmektedir. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş.(TSKB) 2002 yılından bu yana Türkiye’de yenilenebilir enerji projelerini etkin bir şekilde desteklemektedir. Değerlendirilen 450’den fazla yenilenebilir enerji projesi kapsamında TSKB tarafından finanse edilen proje sayısı 2016 yılı sonu itibarıyla 211’e ulaşmıştır. TSKB tarafından finanse edilen enerji projelerinin tahmini toplam kurulu gücü yaklaşık 5.332 MW olup, Türkiye’nin toplam kurulu yenilenebilir enerji kapasitesinin %15’ini oluşturmaktadır. TSKB’nin yenilenebilir enerji sektörüne yönelik kredi taahhütleri 3,4 milyar ABD dolarına ulaşırken, 2016 yılı sonu itibarıyla toplam yatırım maliyeti 9 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Bu projeler faaliyete geçtiğinde, Türkiye’nin toplam karbon emisyonlarını yılda en az 8,5 milyon ton azaltacağı öngörülmektedir (TSKB, 2020). Ayrıca, 2018 yılında özel bir teşebbüs tarafından, Çanakkale ve Denizli illerinde kurulacak dört rüzgâr santrali için dört Türk bankası ve iki uluslararası banka tarafından imzalanan proje anlaşması kapsamında verilen kredi, Türkiye’nin ilk “yeşil proje finansmanı” kredisidir.

IRENA/ADFD (Abu Dhabi Kalkınma Fonu) Proje Tesisi, gelişmekte olan ülkelerdeki yenilenebilir enerji projelerine finansman sağlamak ve kolaylaştırmak için 350 milyon ABD Doları tutarında imtiyazlı kredi kullanmıştır. Bu tesis aracılığıyla finanse edilen projeler, gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir kaynaklardan her türlü enerjinin sürdürülebilir kullanımını destekleyecektir (IRENA, 2021).

2.2.2.7. Doğrudan Kamu Yatırımları

Mevcut enerji altyapısı büyük ölçüde fosil enerjisine dayanmaktadır. Fosil enerji ile karşılaştırıldığında, yenilenebilir enerjiyi uzun bir mesafe boyunca taşımak pahalıdır. Yenilenebilir enerjinin bir başka sorunu akımdaki dalgalanmadır ve fosil enerji kadar kararlı değildir. Yenilenebilir enerjinin gelişimi ve bu alana yatırımı çekebilmek için iletim ve dalgalanma sorunlarının en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu ise büyük oranda hükümetlerin yapacakları altyapı yatırımları ile şebekelerin yenilenebilir enerjiye entegre edilebilmesine bağlıdır (Ding ve Somani, 2010:1-2).

Yenilenebilir enerjiye yatırım ve inovasyonu teşvik etmek için, politika yapıcıların sadece temel iklim politikalarına değil, yatırım ve rekabetten, ticaret ve finans piyasalarına kadar daha geniş yatırım koşullarına ve genişleyen politikalara odaklanması gerekmektedir. Odağın genişletilmesi özellikle AB ve OECD'nin yanı sıra gelişmekte olan ekonomilerde yenilenebilir enerji için teşvik programlarının devam eden reformları bağlamında önemlidir. Daha geniş yatırım ortamına yönelik politikalar, yenilenebilir enerji sektörüyle ilgili yatırım koşullarını iyileştirmese, iklim politikalarının etkinliği ile birlikte yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşması ve inovasyonu engellenecektir (OECD, 2017:12).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİ ve TÜRKİYE’DE UYGULANAN TEŞVİK POLİTİKALARI

Bu bölümde çalışmanın odaklandığı öncelikle OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji hedefleri ve uygulanan yenilenebilir enerji politikaları ele alınmış, daha sonra Türkiye özelinde yenilenebilir enerjinin tarihsel gelişimi, yenilenebilir enerji mevzuat düzenlemeleri ve uygulanan yenilenebilir enerji politikaları ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

3.1. OECD Ülkelerinde Uygulanan Politikalar

Yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşmasına yönelik hedefler, düzenlemeler ve teşvikler ulusal veya uluslararası düzeyde ya da bölge/eyalet düzeyinde uygulanabilmektedir. OECD üyesi 36 ülkenin 23 tanesi AB üyesi olduğu için AB yenilenebilir hedef ve politikaları belirleyici bir role sahiptir. 2009/28/EC sayılı AB Direktifi kapsamında nihai enerji tüketimini yenilenebilir kaynaklardan karşılama hedefi 2020’ye kadar en az %20, 2030 yılına kadar en az %32 (2018 yılında %27’den revize)’dir. AB anlaşması, ulaşımda yenilenebilir yakıtların minimum payının %14 olmasını ve yenilenebilir ısıtma ve soğutma tesisatında yıllık %1,3’lük bir artışı öngörmektedir. Ayrıca AB üyesi ülkelerin 2019 yılı sonuna kadar 2021-2030 yılları arası kolektif hedeflere yönelik bireysel taahhütlerini ana hatlarıyla belirleyecek Ulusal Enerji ve İklim Planları geliştirmeleri gerekmektedir. Bu nedenle OECD-Avrupa ülkeleri genelinde AB hedefleri gereği yenilenebilir enerji için enerji hedefleri, elektrik, ısıtma-soğutma, ulaşım hedefleri belirlenmiştir.

Tablo 3.1 OECD Ülkeleri Nihai Enerji ve Elektrik (Güç) Hedefleri

	Nihai Enerji Tüketimi		Elektrik (Güç)	
Ülke	YE Payı (2018)	YE Hedefi	YE Payı (2018)	YE Hedefi
Avustralya	-	-	24%	23% (2020’ye kadar)
Avusturya	33,4%	45% (2020’ye kadar)	77%	70,6% (2020’ye kadar)
Belçika	9,4%	13% (2020’ye kadar)	20%	21% (2020’ye kadar)
Kanada	17,4%	-	65,1%	-
Şili	21%	20% (2024’e kadar)	22,8%	70% (2030’a kadar)
Çekya	15,1%	13,5% (2020’ye kadar)	13,7%	14,3% (2020’ye kadar)
Danimarka	36,1%	35% (2020’ye kadar) 100% (2030’a kadar)	76%	50% (2020’ye kadar) 100% (2050’ye kadar)
Estonya	30,0%	25% (2020’ye kadar)	14%	17,6% (2020’ye kadar)
Finlandiya	41,2%	38% (2020’ye kadar) 40% (2025’e kadar)	44%	33% (2020’ye kadar)

Fransa	16,6%	23% (2020'ye kadar) 33% (2030'a kadar)	20%	40% (2030'a kadar)
Almanya	16,5%	18% (2020'ye kadar) 30% (2030'a kadar) 45% (2040'a kadar)	38%	40-45% (2025'e kadar) 55-60% (2030'a kadar) 80% (2050'ye kadar)
Yunanistan	18%	20% (2020'ye kadar) 33% (2030'a kadar)	32%	34,3% (2020'ye kadar) 63,5% (2030'a kadar)
Macaristan	12,5%	14,65% (2020'ye kadar)	7,50%	10,9% (2020'ye kadar)
İzlanda	77%	64% (2020'ye kadar)	-	100% (2020'ye kadar)
İrlanda	11,1%	16% (2020'ye kadar)	29%	42,5% (2020'ye kadar) 70% (2030'a kadar)
İsrail	3,70%	13% (2025'e kadar) 17% (2030'a kadar)	2%	10% (2020'ye kadar) 17% (2030'a kadar)
İtalya	17,8%	17% (2020'ye kadar)	39%	26% (2020'ye kadar)
Japonya	6,30%	-	17,8%	24% (2030'a kadar)
Güney Kore	2,7%	-	6%	6% (2019'a kadar) 7% (2020'ye kadar) 20% (2030'a kadar) 35% (2040'a kadar)
Letonya	40,3%	40% (2020'ye kadar)	50%	60% (2020'ye kadar)
Litvanya	24,4%	45% (2030'a kadar)	83%	45% (2030'ye kadar) 100% (2050'ye kadar)
Lüksemburg	9,1%	11% (2020'ye kadar)	58%	11,8% (2020'ye kadar)
Meksika	-	13,5% (2020'ye kadar)	11,5%	30% (2021'e kadar) 35% (2024'e kadar) 50% (2050'ye kadar)
Hollanda	7,4%	14% (2020'ye kadar)	15%	37,0% (2020'ye kadar)
Yeni Zelanda	-	13,5% (2020'ye kadar)	83,2%	90,0% (2025'e kadar)
Norveç	72,8%	67,5% (2020'ye kadar)	99%	-
Polonya	11,3%	15% (2020'ye kadar)	14%	19,3% (2020'ye kadar)
Portekiz	30,3%	31% (2020'ye kadar) 47% (2030'a kadar)	52,2%	60,0% (2020'ye kadar) 80,0% (2030'a kadar) 100,0% (2050'e kadar)
Slovakya	11,9%	14% (2020'ye kadar)	23%	24,0% (2020'ye kadar)
Slovenya	21,1%	25% (2020'ye kadar)	32%	39,3% (2020'ye kadar)
İspanya	17,4%	20% (2020'ye kadar) 42% (2030'a kadar)	38%	39% (2020'ye kadar) 74% (2030'a kadar) 100% (2050'e kadar)
İsveç	54,6%	49% (2020'ye kadar)	55%	100,0% (2040'a kadar)
Türkiye	-	-	64%	65% (2023'e kadar)
İngiltere	11%	15% (2020'ye kadar)	34%	-
ABD	-	-	18,2%	-
AB	18,9%	20% (2020'ye kadar) 32% (2030'a kadar)	32,1%	57% (2030'a kadar)

Kaynak: REN21, 2020

Nihai enerji tüketiminde Şili, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, İzlanda, İtalya, Letonya, Norveç ve İsveç 2018 yılı itibarıyla 2020 yılı yenilenebilir hedeflerinin üzerine çıkmışlardır. Danimarka, toplam nihai enerjide %100 (2030'a kadar) yenilenebilir enerji hedefine sahip tek ülkedir. Elektrik üretiminde ise Avusturya, Danimarka, Finlandiya, İtalya, Güney Kore, Litvanya ve Lüksemburg yenilenebilir elektrik hedeflerinin üzerine çıkmışlardır. İzlanda 2020'ye kadar; Danimarka, Litvanya, Portekiz, İspanya ve İsveç ise 2050'ye kadar elektrik üretiminde %100 yenilenebilir hedefi belirlemiştir.

AB ülkeleri, AB'nin ulaşımında 2020 için %10, 2030 için %14, ısıtma-soğutmada 2030'a kadar yıllık %1,3 artış hedeflerine uyumlu hedefler belirlemiştir. Ulaşımında Danimarka, Finlandiya, Fransa, Norveç, Polonya ve Portekiz'in belirledikleri yenilenebilir enerji hedefleri AB hedeflerinin üzerindedir. Isıtma-soğutmada ise Avusturya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Letonya, Litvanya, Slovenya ve İsveç AB hedeflerinin üzerinde hedefler belirlemiştir. OECD ülkeleri içinde Danimarka, ulaşım ve ısıtma-soğutmada %100 yenilenebilir enerji hedefine (2050 itibarıyla) sahip tek ülkedir. Portekiz de hava ve deniz hariç ulaşımında 2050'ye kadar %100 yenilenebilir enerji hedefi belirlemiştir.

Tablo 3.2 OECD Ülkeleri Ulaşım ve Isıtma-Soğutma Hedefleri

Ülke	Ulaşım		Isıtma-Soğutma	
	YE Payı (2017)	YE Hedefi	YE Payı (2017)	YE Hedefi
Avusturya	9,70%	11,4% (2020'ye kadar)	32%	33% (2020'ye kadar)
Belçika	6,60%	10% (2020'ye kadar)	8,10%	11,9% (2020'ye kadar)
Çekya	6,60%	10,8%(2020'ye kadar)	19,70%	14,1% (2020'ye kadar)
Danimarka	6,80%	10% (2020'ye kadar) 100% (2050'ye kadar)	46,60%	39,8% (2020'ye kadar) 100% (2050'ye kadar)
Estonya	0,40%	10% (2020'ye kadar)	51,60%	8% (2020'ye kadar)
Finlandiya	18,80%	30% biyoyakıt harmanlama, 40% yenilebilir yakıt (2030'a kadar)	54,80%	47% (2020'ye kadar)
Fransa	9,10%	15% (2020'ye kadar)	21,40%	38% (2030'a kadar)
Almanya	7%	10% (2020'ye kadar)	13,40%	14% (2020'ye kadar)
Yunanistan	4%	10,1% (2020'ye kadar)	26,60%	20% (2020'ye kadar)
Macaristan	6,80%	10% (2020'ye kadar)	19,60%	18,9% (2020'ye kadar)
İzlanda	7,20%	10% (2020'ye kadar)	-	-
İrlanda	7,40%	10% (2020'ye kadar)	6,80%	15% (2020'ye kadar)
İtalya	6,50%	10,1% (2020'ye kadar)	20%	17,1% (2020'ye kadar)
Letonya	2,50%	10% (2020'ye kadar)	54,60%	53,4% (2020'ye kadar)
Litvanya	3,60%	10% (2020'ye kadar)	46,50%	39%(2020'ye kadar) 90%(2030'a kadar)

Lüksemburg	6,40%	10% (2020'ye kadar)	8,10%	8,5% (2020'ye kadar)
Meksika	-	-	3,4 milyon m ² Güneş enerjili su ısıtma	18,2 milyon m ² kolektör kurma (2027'ye kadar)
Hollanda	5,90%	10% (2020'ye kadar)	5,90%	8,7% (2020'ye kadar)
Norveç	19,70%	20% (2020'ye kadar)	-	-
Polonya	4,20%	20% (2020'ye kadar)	14,50%	17% (2020'ye kadar)
Portekiz	7,90%	(hava ve deniz hariç) 20% (2030'a kadar) 100% (2050'ye kadar)	34,40%	38% (2020'ye kadar) 69-72% (2050'ye kadar)
Slovakya	7,00%	10% (2020'ye kadar)	9,80%	14,6% (2020'ye kadar)
Slovenya	2,70%	10,5% (2020'ye kadar)	33,20%	30,8% (2020'ye kadar)
İspanya	5,90%	-	17,50%	17,3% (2020'ye kadar)
İsveç	38,60%	Araç filololarını fosil yakıtlardan kurtarma (2030'a kadar)	69,00%	62,1% (2020'ye kadar)
İngiltere	5,10%	10,3% (2020'ye kadar)	7,50%	12% (2020'ye kadar)
AB	7,60%	10% (2020'ye kadar) 14% (2030'a kadar)	19,50%	yıllık 1,3% artış (2030'a kadar)

Kaynak: REN21, 2019.

OECD ülkelerinde yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşmasına yönelik uygulanan teşvik politikaları Tablo 3.3'te gösterilmiştir. Politika yapıcılar, kendi yetki alanlarına göre düzenlenmiş karma politikalar oluşturma olanağına sahiptir. Bu anlamda tüm yenilenebilir teşvik politikalarını uygulayan Yunanistan ve ABD en çok politika çeşitliliğine sahip ülkeler olurken, İzlanda en az yenilenebilir teşvik politikasına sahip ülke olarak sadece biyoyakıt politikası uygulamaktadır. ABD, Kanada, Belçika, Yeni Zelanda ve Avustralya'da ulusal politikaların yanında bölge/eyalet düzeyinde politikalar yoğun olarak uygulanmaktadır.

Tablo 3.3 OECD Ülkeleri Yenilenebilir Enerji Teşvik Politikaları

Ülke	Hedef	Sabit fiyat garantisi	Kota/RPS	Net Ölçümleme	Biyoyakıt yüküm.	Isı yüküm.	Ticaret edilebilir sertifika	İhale	Vergi Kredileri	Vergi indirimleri	Kamu yatırım,kredi, hibe, sübv.
Avustralya	En,E	Δ	+	Δ	Δ	+	+	Δ*			+
Avusturya	E,En,U,I	+		+	+		+		+	+	+
Belçika	E,En,U,I		Δ	Δ	+		+	+	+	+	Δ
Kanada	E	Δ	Δ	Δ	Δ		Δ	Δ*	+	+	+
Şili	En,E	+	+	+			+	+	+	+	+
Çekya	E,En,U,I	+			+		+		+	+	+

Danimarka	E,En,U,I	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Estonya	E,En,U,I	+			+						+
Finlandiya	E,En,U,I	+			+	+	+	+		+	+
Fransa	E,En,U,I	+			+	+	+	+	+	+	+
Almanya	E,En,U,I	+			+	+	+	+	+	+	+
Yunanistan	E,En,U,I	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Macaristan	E,En,U,I	+		+	+			+		+	+
İzlanda	En,U				+						
İrlanda	E,En,U,I	+			+	+	+	+			+
İsrail	E,En,U	+	+	+		+		+		+	+
İtalya	E,En,U,I	+		+	+			+	+	+	+
Japonya	En,E	+					+	+		+	+
Güney Kore	En,E		+	+	+	+	+		+	+	+
Letonya	E,En,U,I	+		+	+			+		+	
Litvanya	E,En,U,I	+	+	+	+	+				+	+
Lüksemburg	E,En,U,I	+			+						+
Meksika	E,I,En			+	+			+	+	+	+
Hollanda	E,En,U,I	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Yeni Zelanda	E			Δ	+						+
Norveç	E,En,U		+		+	+	+	+		+	+
Polonya	E,En,U,I	+	+		+		+	+		+	+
Portekiz	E,En,U,I	+	+		+	+	+			+	+
Slovakya	E,En,U,I	+			+		+			+	+
Slovenya	E,En,U,I	+		+	+		+	+	+	+	+
İspanya	E,En,U,I			+	+	+		+	+	+	+
İsveç	E,En,U,I	+	+		+		+		+	+	+
İsviçre	E,En	+					+			+	+
Türkiye	E	+		+	+	+		+			+
İngiltere	E,En,U,I	+	+		+	+	+	+		+	+
ABD	En,E, U	Δ	Δ	Δ	+	+	Δ	Δ	+	+	+

+

 : Ulusal düzeyde politika kabul edilmiş

Δ

 : Bölge, eyalet düzeyinde politika kabul edilmiş

+

 : 2018 itibariyle ihalesi düzenlenmiş (ulusal)

Δ

 : 2018 itibariyle ihalesi düzenlenmiş (bölgesel)

Kaynak: REN21, 2020

E :

 Elektrik

En :

 Enerji

U :

 Ulaşım

I :

 Isıtma-soğutma

Toplam 34 ülkede uygulanan kamu yatırımları, kredi, hibe, sübvansiyon politikaları OECD ülkelerindeki en yaygın politika olurken, biyoyakıt yükümlülükleri 32 ülkede, vergi indirimleri 29 ülkede, sabit fiyat garantisi 3 tanesi bölge/eyalet düzeyinde olmak üzere 29 ülkede uygulanmaktadır. Bölge/eyalet düzeyinde en fazla uygulanan politika Avustralya, Belçika, Kanada, Yeni Zelanda ve ABD’de uygulanan net ölçümlemedir.

Tablo 3.4 Ülkelere Göre Yenilenebilir Enerji Politikaları

Uygulanan Politika	Uygulama kapsamı	Ülkeler
Sabit fiyat garantisi	Ulusal düzeyde (26 ülke)	Avusturya, Çekya, Estonya, Fransa, Yunanistan, İrlanda, Japonya, Litvanya, Hollanda, Polonya, Slovenya, İsveç, İsviçre, Türkiye, İngiltere, Şili, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Macaristan, Lüksemburg, Portekiz, Letonya, Slovakya, İsrail, İtalya.
	Bölge/eyalet düzeyinde (3 ülke)	Avustralya, Kanada, ABD
Kota/RPS	Ulusal düzeyde (11 ülke)	Avustralya, Yunanistan, İsrail, Litvanya, Norveç, Güney Kore, Polonya, Portekiz, İsveç, Şili, İngiltere
	Bölge/eyalet düzeyinde (3 ülke)	Belçika, Kanada, ABD
Net Ölçümleme	Ulusal düzeyde (15 ülke)	Avusturya, Şili, Danimarka, Yunanistan, İsrail, Güney Kore, İspanya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Meksika, İtalya, Hollanda, Slovenya, Türkiye
	Bölge/eyalet düzeyinde (5 ülke)	Avustralya, Belçika, Kanada, Yeni Zelanda, ABD
Biyoyakıt yükümlülükleri	Ulusal düzeyde (30 ülke)	Avusturya, İrlanda, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, Estonya, Macaristan, Belçika, İzlanda, İtalya, Güney Kore, Letonya, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Almanya, Yeni Zelanda, İsveç, Norveç, Polonya, Litvanya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, Türkiye, İngiltere, ABD
	Bölge/eyalet düzeyinde (2 ülke)	Avustralya, Kanada
Isı yükümlülükleri	Ulusal düzeyde (17 ülke)	Avustralya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Norveç, Yunanistan, İrlanda, İsrail, Danimarka, Güney Kore, Litvanya, Hollanda, Portekiz, , İspanya, Türkiye, İngiltere, ABD
	Bölge/eyalet düzeyinde	-
Ticaret edilebilir sertifika	Ulusal düzeyde (22 ülke)	Avustralya, Avusturya, Belçika, Şili, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, , İrlanda, Japonya, Güney Kore, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İsveç, İsviçre, İngiltere
	Bölge/eyalet düzeyinde (2 ülke)	ABD, Kanada
İhale	Ulusal düzeyde (21 ülke)	Belçika, Şili, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, Danimarka, İtalya, Japonya, Letonya, , Meksika, Hollanda, , Norveç, Polonya, Almanya, Slovenya, İspanya, Türkiye, İngiltere
	Bölge/eyalet düzeyinde (3 ülke)	Avustralya, Kanada, ABD
Vergi Kredileri	Ulusal düzeyde (17 ülke)	Kanada, Çekya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, Güney Kore, Meksika, Hollanda, Slovenya, İspanya, İsveç, ABD, Belçika, Şili,, Danimarka, Avusturya.
	Bölge/eyalet düzeyinde	-
Vergi	Ulusal	Avusturya, Yunanistan, Belçika, Kanada, Şili, Çekya, Danimarka, Fransa,

indirimleri	düzeyde (29 ülke)	Almanya, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Letonya, Litvanya, Meksika, Finlandiya, Portekiz, Hollanda, Norveç, Polonya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, Macaristan İsviçre, İngiltere, ABD
	Bölge/eyalet düzeyinde	-
Kamu yatırım,kredi, hibe, sübv.	Ulusal düzeyde (33 ülke)	ABD, Avustralya, Türkiye, Kanada, Çekya, Estonya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İsviçre İrlanda, İtalya, Avusturya, Japonya, Güney Kore, Litvanya, Danimarka, İsrail, Lüksemburg, Meksika, Finlandiya, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Şili Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İngiltere,
	Bölge/eyalet düzeyinde (1 ülke)	Belçika

Kaynak: REN21, 2020

IRENA tarafından yapılan tahminlere göre, 2017 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarına tahmini olarak 166 milyar ABD Doları tutarında hibe ve sübvansiyon desteği verilmiştir. Verilen desteğin 128 milyar ABD Doları tutarındaki kısmı yenilenebilir enerji üretimine, 38 milyar ABD Doları tutarındaki kısmı ise biyoyakıtlar için ulaşım sektörüne olmuştur. 2017 yılında toplam yenilenebilir sübvansiyonların çok büyük kısmı OECD ülkelerinde verilmiş olup, yaklaşık %54'ünü (90 milyar ABD Doları) AB, %14'ünü ABD (23 milyar ABD Doları), %11'ini Japonya (19 milyar ABD Doları) vermiştir. Japonya'da ve AB'de verilen yenilenebilir enerji sübvansiyonların sırasıyla %99'u ve %87'si yenilenebilir enerji üretimine verilmektedir. ABD'de ise %61 oranla biyoyakıt sübvansiyonları hâkimdir (Taylor, 2020:8).

Kota/YPS uygulaması üçü eyalet/bölge düzeyinde olmak üzere toplam 14 OECD ülkesinde uygulanmaktadır. ABD'de 2017 itibariyle 29 eyalette ve Columbia Bölgesinde YPS uygulanmaktadır. Eylül 2019 itibariyle Maine, New York, California, Hawaii, Nevada, New Mexico, Washington ve Columbia Bölgesi 2050 yılına kadar %100 temiz elektrik zorunluluğu getirme hedefine sahiptir. Avrupa'da ise Hollanda, YPS girişimleri arasında lider konumdadır. Hollandalı elektrik şirketlerinin elektrik üretiminin 2010 yılına kadar %5'ini, 2020 yılına kadar %17'sini yenilenebilir kaynaklardan elde edeceği yükselen hedeflere dayalı bir YPS kabul edilmiştir (REN21, 2019).

Ticaret edilebilir sertifika politikası, ABD'de eyalet düzeyinde, 22 OECD ülkesinde ulusal düzeyde uygulanmaktadır. Avustralya'da, Haziran 2015'te açıklanan yeni yenilenebilir enerji hedefleri, sertifika ticaretine destek verdikten sonra yenilenebilir enerji sertifika piyasası rekor seviyelere ulaşmış, ancak bu yeni hedefler yenilenebilir enerjilere yapılan yatırımın canlandırılmasına yardımcı olurken, arzda öngörülen açık nedeniyle 2016 yılında

büyük ölçekli üretim sertifikalarının fiyatının yükselmesine neden olmuştur (IRENA, 2018:61).

2019 yılı sonu itibariyle, net ölçümleme politikaları 5'i bölge/eyalet düzeyinde olmak üzere 20 OECD ülkesinde uygulanmaktadır. Türkiye de 2019 yılı içinde aylık mahsuplaşma yöntemine geçerek net ölçümleme politikası uygulayan ülkeler arasına katılmıştır. Güneş PV tesisleri için net ölçümleme politikalarını uygulayan ülke sayısı ve uygulama alanı yavaş biçimde artmaktadır.

İlk olarak 1990 yılında Finlandiya'da başlayan karbon vergisini, 1990-1992 yılları arasında Norveç, Hollanda, Danimarka ve İsveç de kabul etmiştir. İngiltere, Fransa, Almanya, İspanya gibi ülkeler de Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesi ile 1997'den bu yana karbon vergilerini uygulamaktadırlar (Lin ve Li, 2011:5140).

Vergi kredileri ABD'de 1992 yılından itibaren uygulanmaktadır. İlk olarak rüzgâr ve jeotermal için üretilen her kWh için 1,5 ABD Doları-sent üretim vergi kredisi sağlanmıştır. Ancak 2020 yılına kadar her yıl teşvik tutarı azaltılarak aşamalı olarak kaldırılmaktadır. ABD'de yatırım vergisi kredileri, 2005 yılından itibaren güneş enerjisi projeleri için %30'luk bir indirim şeklinde verilmekte olup, bu oran 2022'ye kadar %10'a düşürülecektir (IRENA, 2018:71). Avrupa'da ise Fransa, 1996 yılından itibaren bireylerin evlerine kuracakları yenilenebilir enerji ekipman ve malzemelerin maliyetini karşılamaya yönelik olarak yatırım vergisi kredisi teşviki uygulamaktadır.

Vergi indirimleri Avrupa ülkelerinde etkin biçimde uygulanan politikalarlardır. Almanya ve İsveç'te, rüzgâr projelerine yapılan yatırımlar şahıslar için gelir vergisine mahsup edilebilirken; İrlanda, Hollanda ve İspanya'da şirketler yenilenebilir enerji projelerine yatırım yaparlarsa kurumlar vergisi indirimi alabilirler. Yunanistan'da güneş enerjili termal su ısıtma sistemlerinin kurulumu ve hanelerde güneş enerjili su ısıtıcıları gibi yenilenebilir enerji cihazlarının kullanımı vergi muafiyeti ile teşvik edilmiştir (Abdmouleh vd., 2015:255). Bazı Avrupa ülkelerinde alternatif enerjinin geliştirilmesini teşvik etmek amacıyla, yenilenebilir enerji üretimi için kullanılan binalar, arsalar ve sabit varlıklar için vergi miktarını %100'üne kadar ortadan kaldırabilen emlak vergisi indirimi kullanılır. Fransa'da konutlarda kurulu yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı için ekipmana uygulanan KDV oranlarında %5,5'lik indirimli oran olarak uygulanmaktadır. ÖTV muafiyeti biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen yakıtlar için Almanya tarafından uygulanmıştır. Benzer bir politika elektrikli araçlara uygulanarak, bu araçlar beş yıl boyunca MTV'den muaf tutulmuşlardır.

Uygulanan politikalar büyük çoğunlukla yenilenebilir elektrik enerjisi kapasitesini arttırmaya odaklanmıştır. Bununla birlikte Avustralya’da bölge düzeyinde, 31 OECD ülkesinde ulusal düzeyde biyoyakıt yükümlülükleri uygulamaları kabul edilmiştir. AB de, 2030 yılına kadar ulaşım yakıtlarının en az %14’ünün yenilenebilir kaynaklardan meydana gelmesi hedefinin bir parçası olarak, 2025 yılına kadar %1 ve 2030’a kadar %3,5 oranında ileri bir biyoyakıt ve biyogaz yükümlülüğü üzerinde geçici olarak anlaşmaya varmıştır. AB ayrıca nihai ulaşım enerji tüketiminde birinci nesil biyoyakıtların payına da %7’lik bir sınır koymuştur (REN21, 2019).

Ulusal düzeyde, sadece Avusturya’nın 2018 sonu itibariyle yenilenebilir enerjileri EV’lerle doğrudan ilişkilendiren bir politikası vardır. Diğer ülkeler sadece emisyon oranlarını düşürme veya sıfırlama hedefleri belirlemişlerdir. Avrupa’da, 2030 yılı itibariyle Danimarka yalnızca elektrikli binek otomobil satmayı taahhüt etmiştir. İrlanda ve Portekiz sırasıyla 2030 ve 2040 yılı itibariyle kendi yetki alanlarında yeni “sıfır emisyonlu olmayan araç” satılmayacağına söz vermiştir. Ülkeler ayrıca EV’nin benimsenmesini teşvik etmek için destekleyici altyapı geliştirme sözü de vermektedir. Örneğin Almanya, 2020 yılına kadar kurulan 100.000 genel EV şarj istasyonu hedefi belirleyerek, şarj istasyonları ve elektrikli otobüsler için 70 milyon Avro (78 milyon ABD Doları) tutarında fon desteği verecektir (REN21, 2019:185).

Isı yükümlülükleri henüz 12 OECD ülkesinde kabul edilmiştir. Her ne kadar az sayıda ülke özellikle ısıtma, soğutma ve ulaşım sektörleri için yenilenebilir enerji hedeflerine sahip olsa da Estonya, Finlandiya, Letonya ve İsveç, %50’den fazla yenilenebilir ısıtma ve soğutma payına ulaşmışlardır (IEA, 2021n).

3.2. Türkiye’de Uygulanan Yenilenebilir Enerji Politikaları

3.2.1. Tarihsel Gelişimi

2001 yılında kabul edilen 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) kurulması Türkiye’de enerji piyasaları ve politikası açısından dönüm noktası olmuş, yenilenebilir enerjiden ilk defa bahsedilmiştir. Kanunla EPDK’ya yenilenebilir enerjiyle ilgili olarak “Elektrik enerjisi üretiminde çevresel etkiler nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının ve yerli enerji kaynaklarının kullanımını özendirmek amacıyla gerekli tedbirleri almak ve bu konuda teşvik uygulamaları için ilgili kurum ve kuruluşlar nezdinde girişimde bulunmak” görevi verilmiştir. Gelişen piyasayı düzenleme ve kontrol altına almak amacıyla kurulan Kurumun ismi aynı yıl Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu olarak değiştirilmiştir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikasına yönelik olarak hazırlanmış ilk yasal düzenlemesi 2005 yılı Mayıs ayında yürürlüğe giren 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun” (YEK Kanunu) olup, yenilenebilir enerji ile ilgili çıkarılmış önemli mevzuat düzenlemeleri Şekil 3.1’de sıralı şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji İle İlgili Çıkarılmış Önemli Mevzuat Düzenlemeleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

YEK Kanunu ile; “yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi” amaçlanmıştır.

2007 yılında kabul edilen Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile, jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlenmiştir. 2009 yılında yayınlanan Elektrik Enerjisi Piyasası ve

Arz Güvenliği Strateji Belgesi ile, yenilenebilir kaynakların elektrik üretimi içindeki payının 2023 itibarıyla en az %30 olması hedefi belirlenmiştir.

Ancak ikincil mevzuattaki eksiklikler ve düşük sabit fiyat garantisi nedeniyle 2005-2010 yılları arasında istenen yatırım düzeylerine ulaşamamıştır. 2010 yılı sonlarında kabul edilen 6094 sayılı kanunla YEK Kanununda yapılan değişikliklerle YEK Destekleme Mekanizması (YEKDEM) eklenmiş, daha yüksek sabit fiyat garantisi ve yerli katkı ilavesi gibi teşviklerin getirilmesi neticesinde yenilenebilir enerjide hissedilir bir artış görülmeye başlanmıştır.

2013 yılında yürürlüğe giren yeni Elektrik Piyasası Kanunu ile, yenilenebilir enerjide lisanssız üretimin önünü açılmıştır. Kanuna göre, kurulu gücü azami bir megavatlık yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri ve ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan, üretimi ve tüketimi aynı ölçüm noktasında olan, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmuş, ayrıca ihtiyacının üzerinde ürettiği elektrik enerjisinin sisteme verilmesi hâlinde sabit fiyat garantisi tarifesinden faydalanacağı belirtilmiştir.

Avrupa Birliği'ne katılım için aday ülke konumunda olan Türkiye, AB müktesebatının en önemli fasıllarından birisi olan enerji ile ilgili gerekli adımları atma niyetinin parçası olarak 2014 yılında Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı yayınlamıştır. Eylem planı ile, Türkiye bir yandan 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi talebinin en az %30'unu ve ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının da %10'unu yenilenebilir enerjiden karşılamayı hedeflemekte, diğer yandan 2023 yılında enerji yoğunluğunun yani birim GSYİH başına tüketilen enerji miktarını 2011 yılı referans alınarak en az %20 düşürmeyi amaçlamaktadır.

2016 yılında çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Yönetmeliği ile, ihale yöntemine ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. Ayrıca, "Kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisıyla yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması, teknoloji transferinin teminine katkı sağlanması" amaçlanmıştır.

2019 yılında çıkarılan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile gerçek veya tüzel kişilikler için aylık mahsuplaşma imkânı getirilmiş olup, lisans alma veya şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin şebekeye

verilmesi YEKDEM kapsamında değerlendirilecektir. Böylece Türkiye 2019 yılı itibariyle net ölçümleme politikası uygulamasına geçiş yapmıştır. Yenilenebilir enerjide uygulanacak usul ve esasların belirlendiği diğer ikincil mevzuat düzenlemeleri Tablo 3.5’te belirtilmiştir.

Tablo 3.5 Türkiye Yenilenebilir Enerji İkincil Mevzuat Düzenlemeleri

2007	• Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Yönetmeliği
2008	• Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Jeotermal Kaynak Alanlarının Kullanımına Dair Yönetmelik
2010	• Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (ENAR) Dair Yönetmelik
2012	• Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
2013	• Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik • Elektrik Piyasalarında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik • Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
2014	• Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgâr ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ
2015	• Rüzgâr Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik • Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezine Bağlanması Hakkında Yönetmelik • Atık Yönetimi Yönetmeliği
2016	• Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik
2017	• Güneş Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik • Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

ETKB 2019-2023 Stratejik Planına göre 2023 yılında Türkiye’de yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59’dan %65 seviyesine yükseltilmesi sağlanacaktır. Ayrıca 2019-2023 arası için belirlenen yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü hedefleri Tablo 3.6’da belirtilmiştir. 2020 yılında güneş enerjisi için hedeften bir miktar geride kalmış olsa da, 2019 ve 2020 yılları için belirlenen hedeflere genel itibariyle ulaşıldığı söylenebilir.

Tablo 3.6 Türkiye Yenilenebilir Enerji Hedefleri (2019-2023)

	2019		2020		2021	2022	2023
	Hedef	Gerçekleşen	Hedef	Gerçekleşen	Hedef	Hedef	Hedef
Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	5.750	5.995	7.000	6.667	7.750	8.500	10.000
Rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	7.633	7.591	8.883	8.832	9.633	10.633	11.883
Hidroelektrik enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	29.748	28.503	31.148	30.984	31.688	31.688	32.037
Jeotermal enerji ve biyokütle (biyogaz dâhil) enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	2.678	2.685	2.717	2.729	2.772	2.828	2.884

Kaynak: ETKB, 2020; TEİAŞ, 2021.

3.2.2. Uygulanan Politikalar

Türkiye’de yaygın biçimde kullanılan destek ve teşvik mekanizmalarının başında sabit fiyat garantisi (SFG) gelmektedir. İlk olarak 2005 yılında uygulanmaya başlanan SFG, piyasaya göre düşük belirlenen tarife oranları nedeniyle etkili olamamış, 2010 yılı sonlarında kabul edilen 6094 sayılı kanunda YEK Kanunundaki SFG tarifeleri önemli ölçüde artırılarak kaynaklara göre farklılaştırılmıştır. Ayrıca santrallerde yerli ürün kullanımını teşvik etmek için SFG tarifesine ilave katkı uygulaması getirilmiştir. Son yıllarda etkili bir şekilde kullanılan diğer bir teşvik mekanizması da ihalelerdir. Teknik olarak tüm yenilenebilir enerji kaynakları için uygun olmakla birlikte şimdiye kadar bir kere güneş (2017 GES-1) ve iki kere rüzgâr enerji santralleri (2017 RES-1, 2019 RES-2) için ihale gerçekleştirilmiştir.

Yenilenebilir enerji alanında, sabit fiyat garantisi ve ihale yönteminin yanı sıra, projelerin hizmet bedellerinden muafiyet, ÖTV indirimleri, enerji üretim tesisleri ve AR-GE yatırımları gibi çeşitli teşvikler de sunulmaktadır. Ayrıca yatırımcılara arazi kullanımı ile ilgili, vergi ve arazi kullanım bedellerinde indirim gibi avantajların yanı sıra lisanssız elektrik üretimi yapma imkânı da sağlanmaktadır.

3.2.2.1. Sabit Fiyat Garantisi

Türkiye’de 2005 yılından itibaren yaygın biçimde uygulanan SFG, YEK Kanununun ilk halinde tüm yenilenebilir kaynaklar için 5,5 Euro Cent/kWh olarak belirlenmiştir. Ancak belirlenen bu tarife oranı çoğunlukla piyasa fiyatının altında seyretmiştir. İkincil düzenlemelerdeki eksiklikler ve piyasaya göre düşük belirlenen tarife nedeniyle yenilenebilir enerjide istenen yatırım düzeylerine erişilememesi nedeniyle 2010 yılı sonlarında kabul edilen 6094 sayılı kanunda YEK Kanunundaki SFG tarifeleri önemli ölçüde artırılarak kaynaklara göre farklılaştırılmıştır. 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine (2949 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile 30/06/2021) kadar işletmeye girmiş veya girecek YEKDEM’e tabi üretim lisansı sahipleri için, 30/06/2021 tarihine kadar Tablo 3.7’de yer alan ABD doları cinsinden fiyatlar, on yıl süre ile uygulanmaktadır. 01/07/2021 tarihinden itibaren, 3453 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile 31/12/2025’e kadar işletmeye girecek YEK belgeli üretim tesisleri için Tablo 3.7’de yer alan TL cinsinden fiyatlar, on yıl süre ile uygulanmaktadır.

Tablo 3.7 YEKDEM Sabit Fiyat Garantisi Tarifeleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD doları cent/kWh) (30/06/2021 tarihine kadar)	Uygulanacak Fiyatlar (TL/kWh) (01/07/2021 tarihinden itibaren)
a) Hidroelektrik üretim tesisi	7,3	0,4
b) Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3	0,32
c) Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5	0,54
ç) Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (Çöp gazı dâhil)	13,3	Çöp gazı: 0,32 Biyometanizasyon: 0,54 Termal bertaraf: 0,50
d) Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3	0,32
e) 10/5/2019 tarihinden itibaren bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisanssız elektrik üretim faaliyeti kapsamındaki tesisler	EPDK tarafından TL kuruş/kWh olarak ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli	

Kaynak: 6094 Sayılı Kanun (Değişik:25/11/2020-7257/22 md.), 3453 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı.

6094 sayılı kanunla yerli ekipman üretimini geliştirmeye yönelik, tarifeyle ilave katkı uygulaması getirilmiştir. Buna göre, lisans sahibi tüzel kişilerin yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31/12/2015 tarihinden (2013/5625 sayılı BKK ile 31/12/2020) önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için, I sayılı Cetvelde (Tablo 3.7) belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle; Kanuna ekli II sayılı Cetvelde (Tablo 3.8) belirtilen fiyatlar ilave edilecektir. 01/07/2021 tarihinden itibaren, 3453 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile 31/12/2025'e kadar işletmeye girecek YEK belgeli üretim tesisleri için Tablo 3.8'de yer alan TL cinsinden fiyatlar, beş yıl süre ile uygulanmaktadır.

Tablo 3.8 YEKDEM Yerli Katkı İlave Tarifeleri

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı Fiyatları (ABD doları cent/kWh) (30/06/2021 tarihine kadar)	Yerli Katkı Fiyatları (TL/kWh) (01/07/2021 tarihinden itibaren)
A) Hidroelektrik üretim tesisi	1) Türbin	1,3	0,08
	2) Jeneratör ve güç elektroniği	1,0	
B) Rüzgâr enerjisine	1) Kanat	0,8	

dayalı üretim tesisi	2) Jeneratör ve güç elektroniği	1,0	0,08
	3) Türbin kulesi	0,6	
	4) Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	1,3	
C) Fotovoltaik (PV) enerjiye dayalı üretim tesisi	1) PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8	
	2) PV modülleri	1,3	
	3) PV modülünü oluşturan hücreler	3,5	
	4) İnvertör	0,6	
	5) PV modeli üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5	
D) Yoğunlaştırılmış enerjiye dayalı üretim tesisi	1) Radyasyon toplama tüpü	2,4	0,08
	2) Yansıtıcı yüzey levhası	0,6	
	3) Güneş takip sistemi	0,6	
	4) Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3	
	5) Kulede güneş ışınımı toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4	
	6) Stirling motoru	1,3	
	7) Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6	
E) Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1) Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8	0,08
	2) Sıvı veya gaz yataklı buhar kazanı	0,4	
	3) Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6	
	4) Buhar veya gaz türbini	2,0	
	5) İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9	
	6) Jeneratör ve güç elektroniği	0,5	
	7) Kojenerasyon sistemi	0,4	
F) Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1) Buhar veya gaz türbini	1,3	0,08
	2) Jeneratör ve güç elektroniği	0,7	
	3) Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7	

Kaynak: 6094 Sayılı Kanun, 3453 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı.

2020 yılında YEKDEM Mekanizmasından 821 adet santral faydalanmış olup bu katılımcıların 21.146,1 MW kurulu gücü bulunmaktadır. 2020 yılında YEKDEM

katılımcılarının üretimleri, 2019 yılına kıyasla %4,2 azalarak 73,48 TWh olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın %40,4'ü hidroelektrikten, %28,3'ü rüzgârdan elde edilmiştir. 2020 yılında YEKDEM ortalama fiyatı 2019 yılına kıyasla %27,2'lik artışla 630,4 TL/MWh olmuştur (EPDK, 2021a:VIII).

3.2.2.2. İhale Uygulaması

2016 yılında çıkarılan YEKA Yönetmeliği ile, ihale yöntemine ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. Buna göre kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturulacaktır. Ayrıca, YEKA belirleme sürecini hızlandırmak ve mevcut potansiyel alanların YEKA kapsamında değerlendirilmesini sağlamak amacıyla YEKA bağlantı kapasite tahsis yarışması (ihale) açılacaktır. YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesi kapsamında tahsis edilen kapasitenin en az %70'inin YEKA olarak değerlendirilmesi esastır. Yurt İçinde Üretim Karşılığı Tahsis (YÜKT) ve Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsis (YMKT) kapsamında; YEKA'da taahhüt edilen yerli malı aksamın üretilmesi ve kullanılması zorunludur.

YEKA Yönetmeliğine göre, YÜKT ve YMKT kapsamında YEKA'lar için alınacak üretim lisanslarının süresi 30 yıl olup, bu süre sonunda arazi kullanım hakkının alındığı ilgili kurumların mevzuatı uyarınca işlem tesis edilir. YEKA'larda üretilen elektrik enerjisi, şartnamede belirtilen süre boyunca ve YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesinde yer alan fiyat üzerinden, YEKDEM kapsamında değerlendirilir. Mücbir sebepler haricinde süre uzatımı ve herhangi bir nedenle fiyat artışı da yapılmaz.

Tüm yenilenebilir enerji kaynakları için ihale yöntemi uygulanabilir. Ancak YEKA programı kapsamında şimdiye kadar sadece güneş ve rüzgâr enerjisi ihaleleri yapılmıştır. Türkiye'nin ilk YEKA ihalesi 2017 Mart ayında, Konya-Karapınar'da kurulacak 1.000 MW kapasiteli güneş enerjisi santrali (GES-1) için yapılmıştır. Tavan fiyatın kWh başına 8,00 ABD Doları/sent olduğu GES-1 ihalesi, en düşük teklif olan kWh başı 6,99 ABD Doları/sent ile sonuçlanmıştır. İhaleyi kazanan firmanın kuracağı santralden üretilen elektrik enerjisi 15 yıl boyunca teklif verilen alım garantisi fiyatı üzerinden karşılanacaktır. Şartnamede, ilk 500 MW'taki yerlilik oranının %60, ikinci 500 MW'taki yerlilik oranının da %70 olması hedefi yer almaktadır. Proje kapsamında, Türkiye'de yılda minimum 500 MW fotovoltaik modül üretim kapasitesine sahip güneş paneli fabrikası kurulacak ve 10 yıl boyunca Karapınar YEKA'da 1.000 MW'lık bağlantı kapasitesi tahsis yapılacaktır. Santral yılda 2,5 milyar kWh elektrik üretecek ve 1 milyondan fazla hanenin enerji ihtiyacını karşılayacaktır (ETKB, 2021i).

Türkiye'nin ilk YEKA rüzgâr elektrik santrali ihalesi olan (RES-1), 03.08.2017 tarihinde 1000 MW kurulu gücündeki RES için yapılmış ve 26.02.2018 tarihinde YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesi imzalanmıştır. Kilovat-saat başı tavan fiyatın 7 ABD Doları/sent'ten açıldığı ihale, en iyi teklif olan kilovat-saat başına 3,48 ABD Doları/sent'lik alım teklifi ile kazanılmıştır. Kazanan konsorsiyum bu fiyat üzerinden 15 yıllık alım garantisi ve yatırımlar için 49 yıllık lisans hakkı elde etmiştir. Kırklareli'de 406 MW, Edirne'de 294 MW, Sivas-Kangal'da 160 MW, Sivas-Gürün'de 90 MW ve Eskişehir'de 50 MW olmak üzere toplamda 1.000 MW'lık rüzgâr yatırımı için 5 ayrı şekilde RES kurulacak ve işletilecektir. Kurulacak RES'lerin tamamında yerli malı belgeli ve istenilen yerli katkı oranlarına haiz rüzgâr türbinleri ve tesis sahası bileşenleri kullanılacak olup, ayrıca toplam yerlilik oranı asgari %65 olacak şekilde rüzgâr türbini üretimi yapılacak bir fabrika kurulacaktır (ETKB, 2021i).

İkinci YEKA RES ihalesi (RES-2), 30.05.2019 tarihinde toplam 1000 MW kurulu gücündeki RES projeleri için yapılmıştır. RES bölgeleri olarak, her biri için kurulu kapasite 250 MW olacak şekilde, rüzgâr potansiyeli yüksek Balıkesir, Çanakkale, Aydın ve Muğla belirlenmiştir. Tavan fiyatın kWh başı 5,5 ABD Doları/sent olarak belirlendiği ihalelerde, Aydın bölgesi için 4,56 ABD Doları/sent, Çanakkale bölgesi için 3,67 ABD Doları/sent, Muğla bölgesi için 4 ABD Doları/sent ve Balıkesir bölgesi için 3,53 ABD Doları/sent ile en düşük teklifi veren katılımcılar ihaleyi kazanmışlardır. Bu firmalar toplamda 4 bölge için 1 milyar dolarlık bir yatırım gerçekleştirecektir. Yapım süresi dâhil santrallerin 49 yıllık lisans süresi ve 15 yıllık alım garantisi olacaktır. RES'ler yıllık asgari 3,5 milyar kWh elektrik üretme kapasitesine sahip olacak olup, bu da 1,2 milyon hanenin yıllık elektrik ihtiyacının karşılanması anlamına gelmektedir (ETKB, 2021i).

Dördüncü YEKA uygulaması YEKA GES-3 (Mini YEKA GES) güneş enerjisine dayalı olarak Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsis (YMKT) yöntemine göre gerçekleştirilecektir. Güneş enerjisi kaynağına dayalı 36 ilimizde belirlenen toplam 1000 (bin) MWe gücündeki bağlantı kapasitelerinin ve ilan edilecek YEKA tahsisleri amacıyla her biri 10 MWe, 15 MWe ve 20 MWe olacak şekilde 74 ayrı YEKA yarışmasının yapılması kararlaştırılmıştır. Yarışma ilanı, 03/07/2020 tarih ve 31174 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış olup 08-12/03/2021 tarihlerinde 132 şirket tarafından 709 adet başvuru yapılmıştır (ETKB, 2021i).

3.2.2.3. Lisanssız Üretim

Yatırımcıları yenilenebilir enerji piyasasına çekmek için kullanılan diğer bir önemli teşvik mekanizması küçük tesislere yönelik lisanssız üretim hakkıdır. 2013 yılında yayınlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği ile elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan ve perakende satışı, ithalatı, ihracatı, piyasa işletimi faaliyeti için uygun bir lisans alınması zorunludur. Ancak kurulu gücü azami bir megavat veya Bakanlar Kurulu kararı ile belirlenmiş kurulu güç üst sınırına kadar olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri ve ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan, üretimi ve tüketimi aynı ölçüm noktasında olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri önlisans ile lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmuştur.

2019 yılında çıkarılan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğine göre, önlisans ve lisans alma yükümlülüğünden muaf olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek veya tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi hâlinde aylık mahsuplaşma sonucunda her fatura döneminde şebekeye verilen ihtiyaç fazlası 10 kW'a kadar (10 kW dahil) elektrik enerjisinin, görevli tedarik şirketi tarafından ilgisine göre belirlenen fiyattan, YEKDEM kapsamında değerlendirilmek üzere on yıl süreyle satın alınması sağlanmıştır.

TEİAŞ tarafından yayınlanan kurulu güç raporlarına göre, 2020 yılında Türkiye'de lisanssız kurulu güç bir önceki yıla oranla %8,1 artarak 6.823,50 MW olmuştur. Bu miktarın %91,7'sini (6.257,60 MW'sini) güneş PV enerjisine dayalı santraller oluşturmaktadır.

3.2.2.4. Arazi ve İletim Sistemi Kullanım Bedeli Teşvikleri

5346 sayılı Kanunun 8 nci maddesi hükümlerine göre, 31/12/2025 tarihine kadar işletmeye girecek olan Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden, lisans tarihinden itibaren yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yıl boyunca izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 indirim uygulanmaktadır. Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri alınmaz. Ayrıca Kanun kapsamındaki hidroelektrik üretim tesislerinin rezervuar alanında bulunan Hazinesinin özel mülkiyetindeki ve Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki taşınmaz mallar için Maliye Bakanlığı tarafından bedelsiz olarak kullanma izni verilir.

Diğer taraftan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun geçici 4 üncü maddesinin birinci fıkrası hükümlerine göre, 31/12/2025 tarihine kadar ilk defa işletmeye girecek üretim lisansı sahibi tüzel kişilere, üretim tesislerinin, işletmeye giriş tarihlerinden itibaren beş yıl süreyle iletim sistemi sistem kullanım bedellerinden yüzde elli indirim yapılacaktır.

3.2.2.5. Harç ve Damga Vergisi Teşvikleri

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun geçici 4 üncü maddesi hükümlerine göre, 31/12/2025 tarihine kadar, ilk defa işletmeye girecek üretim lisansı sahibi tüzel kişilere, üretim tesislerinin yatırım döneminde, üretim tesisleriyle ilgili yapılan işlemler harçtan ve düzenlenen kâğıtlar damga vergisinden müstesnadır. Ayrıca, 31/12/2025 tarihine kadar önlisans sahibi tüzel kişilerin, önlisansın geçerlilik süresi içerisinde bu önlisans kapsamında kuracağı üretim tesisleriyle ilgili yaptıkları işlemler harçtan, bu işlemlere ilişkin düzenlenen kâğıtlar damga vergisinden müstesnadır.

3.2.2.6. Biyoyakıt Zorunlukları ve ÖTV Muafiyeti

2012 yılında yayınlanan Benzin Türlerine Etanol Harmanlanması Hakkında Tebliğ ile getirilen harmanlama yükümlülüğüne göre; rafinerici lisansı sahipleri tarafından kara tankeri dolumu üniteleri vasıtasıyla teslim edilen benzin türlerinin, 1/1/2013 tarihinden itibaren en az %2 (V/V), 1/1/2014 tarihinden itibaren en az %3 (V/V) oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içermesi zorunludur. Ayrıca Tebliğde 2017 yılında yapılan değişikliğe göre dağıtıcı lisansı sahipleri tarafından, bir takvim yılı içerisinde, kara tankeri dolum üniteleri hariç rafinericiden temin edilen ve ithal edilen benzin türlerinin toplamına, en az %3 (V/V), oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanolün harmanlanmış olması zorunludur.

Motorin Türlerine Biodizel Harmanlanması Hakkında Tebliğ ile, 2018 yılından itibaren geçerli olmak dağıtıcı lisansı sahipleri tarafından, bir takvim yılı içerisinde, ithal edilen ve kara tankeri dolum üniteleri hariç rafinericiden temin edilen motorininin toplamına, en az %0,5 (V/V) oranında yerli tarım ürünlerinden ve/veya bitkisel atık yağlardan üretilmiş biyodizelin harmanlanmış olması zorunludur.

Ayrıca Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) Kanunu'nun 12'nci maddesi uyarınca çıkarılan 04.04.2005 tarih ve 2005/8704 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile, yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyoetanol karıştırılmış benzin teslimlerinde %2'ye kadar ÖTV muafiyeti getirilmiştir. Ayrıca 31 Aralık 2013 tarihinde yayınlanan 29 Seri No.lu ÖTV Genel Tebliği ile, Türkiye'de üretilen tarım ürünlerinden veya Türkiye'de toplanan bitkisel atık yağlardan üretilen oto biyodizelle motorinin harmanlanması sonucu üretilen otobiyodizelli motorinin teslimlerinde %2'ye kadar ÖTV muafiyeti getirilmiştir.

3.2.2.7. Yatırım Teşvik Programları

2012 yılı Nisan ayı içinde kamuoyuna tanıtılan Türkiye'nin yeni Yatırım Teşvik Programı, 15 Haziran 2012 tarih ve 2012/3305 sayılı "Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar" ile yürürlüğe girmiş olup, programın sağladığı destekler, 1 Ocak 2012

tarihinden sonra müracaat edilmek suretiyle teşvik belgesine bağlanan tüm yatırımlar için geçerli olacaktır.

Tablo 3.9 Yatırım Teşvik Programı Uygulamaları

Destek Unsurları	KDV İstisnası	Gümrük Vergisi Muafiyeti	Vergi İndirimi	Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği	Gelir Vergisi Stopajı Desteği*	Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği	Faiz Desteği**	Yatırım Yeri Tahsisi
Genel Teşvik Uygulamaları	✓	✓			✓			
Bölgesel Teşvik Uygulamaları	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Stratejik Yatırımların Teşviki	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

* Yatırımın 6. Bölgede gerçekleştirilmesi halinde sağlanır

** Yatırımın Bölgesel Teşvik Uygulamalarında 3., 4., 5. veya 6. Bölgelerde gerçekleştirilmesi halinde sağlanır.

*** Sabit yatırım tutarı 500 milyon TL üzerinde olan stratejik yatırımlara sağlanır.

Yatırım Teşvik Sistemi; Tablo 3.9’da gösterildiği gibi Bölgesel Teşvik Uygulamaları, Büyük Ölçekli Yatırımların Teşviki, Stratejik Yatırımların Teşviki ve Genel Teşvik Uygulamaları olmak üzere 4 ana başlıktan oluşmaktadır. Yatırımcılar, yatırımlarının büyüklüğüne, sektörüne, yerine ve üretecekleri mal veya hizmete göre uygun olan destek uygulaması kapsamında desteklenmektedir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji yatırımları da genel ve bölgesel yatırım teşvik programından faydalanabilecektir. Uygulamalar ve bu uygulamalar kapsamında sunulan destekler, başlıklar itibariyle aşağıda açıklanmıştır.

- **KDV İstisnası:** Teşvik belgesi kapsamında yurt içinden ve yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat için KDV ödenmemesi şeklinde uygulanır. Ayrıca 2019 yılında KDV Kanunu’nun 13. Maddesinin (j) bendine eklenen ibareyle, organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi sitelerinin yenilenebilir enerji ve diğer enerji tesislerinin yapımına ilişkin teslim ve hizmetler KDV istisnası kapsamına alınmıştır.
- **Gümrük Vergisi Muafiyeti:** Teşvik belgesi kapsamında yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat için gümrük vergisinin ödenmemesi şeklinde uygulanır.
- **Vergi İndirimi:** Gelir veya kurumlar vergisinin, yatırım için öngörülen katkı tutarına ulaşınca kadar, indirimli olarak uygulanmasıdır.

- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: Teşvik belgesi kapsamı yatırımla sağlanan ilave istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işveren hissesinin asgari ücrete tekabül eden kısmının Bakanlıkça karşılanmasıdır.
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği: Teşvik belgesi kapsamı yatırımla sağlanan ilave istihdam için belirlenen gelir vergisi stopajının terkin edilmesidir. Sadece 6. Bölgede gerçekleştirilecek yatırımlar için düzenlenen teşvik belgelerinde 10 yıl süre ile öngörülür.
- Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği: Teşvik belgesi kapsamı yatırımla sağlanan ilave istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işçi hissesinin asgari ücrete tekabül eden kısmının Bakanlıkça karşılanmasıdır. Sadece 6. Bölgede gerçekleştirilecek bölgesel, büyük ölçekli ve stratejik yatırımlar için düzenlenen teşvik belgelerinde 10 yıl süre ile öngörülür.
- Faiz Desteği: Faiz desteği, teşvik belgesi kapsamında kullanılan en az bir yıl vadeli yatırım kredileri için sağlanan bir finansman desteği olup, teşvik belgesinde kayıtlı sabit yatırım tutarının %70'ine kadar kullanılan krediye ilişkin ödenecek faizin veya kâr payının belli bir kısmının Bakanlıkça (3.,4.,5. ve 6.bölgeler için) karşılanmasıdır.
- Yatırım Yeri Tahsisi: Teşvik Belgesi düzenlenmiş yatırımlar için Maliye Bakanlığınca belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde yatırım yeri tahsis edilmesidir.

3.2.2.8. Elektrik Gideri İndirimi

2010 yılında çıkarılan 'Çevre Kanununun 29 Uncu Maddesi Uyarınca Atıksu Arıtma Tesislerinin Teşvik Tedbirlerinden Faydalanmasında Uyulacak Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik' ile, atıksuların arıtılması amacıyla atıksu arıtma tesislerinde kullanılan ve ödemesi yapılan bir önceki yıla ait elektrik enerjisi gideri, 2872 sayılı Çevre Kanununun 29 uncu maddesi uyarınca Bakanlar Kurulunca belirlenecek oranda, Bakanlık bütçesine bu amaç için ayrıca konulacak ödenekten ilgili atıksu altyapı tesisi yönetimlerine geri ödenmektedir.

3.2.2.9. Finansal Kuruluşların Sağladığı Destekler

Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF), Türkiye Orta Ölçekli Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (MidSEFF), EBRD, Dünya Bankası, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, Uluslararası Finans Kurumu (IFC), KOSGEB ve Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı gibi ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından yenilenebilir enerji yatırımları ile yeni güç kapasitesi ve ısıtma için enerji üretimine yönelik hibe ve kredi şeklinde finansal destekler verilmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

OECD ÜLKELERİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEŞVİK MEKANİZMALARI ve ENERJİ YATIRIMLARI ÜZERİNE AMPİRİK UYGULAMA

Bu bölümde ilk olarak ülke, bölge ve ülke grupları özelinde uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkilerini ve etkinliklerini tartışan çalışmalar ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Daha sonra ise Türkiye'nin de dâhil olduğu OECD ülkelerinde uygulanan yenilenebilir enerji teşviklerinin kapasite artırıcı etkisi panel data modelleri ile analiz edilmiş ve sonuçlar literatürdeki çalışma bulguları ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Literatür Taraması

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını teşvik etmek amacıyla kullanılan politikaların etkilerine ilişkin literatürde yer alan çalışmalarda genel olarak ekonometrik bir model kurularak, yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi, üretim düzeyi, toplam elektrik içindeki payı gibi uygulanan politikanın etkilerinin görülebileceği bir ölçü, bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Bağımlı değişkeni açıklamada, uygulanan ve analizi yapılan politika araçlarının yanı sıra bir dizi ekonomik, çevresel, güvenlik, ikame ve ülkelere özgü bir takım kontrol değişkenleri de modele dâhil edilmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak iki grupta toplanabilir. İlk grupta yer alan çalışmalar sabit fiyat garantisi, yenilenebilir portföy standartları (YPS), ihaleler ve vergi teşvikleri gibi politika araçlarından sadece bir tanesine odaklanırken, ikinci gruptaki çalışmalar ikili, üçlü ya da kimi zaman uygulanan tüm alt politikaları kapsayacak şekilde ayrıntılı analizler ve sonuçlar sunmaktadır. Sabit fiyat garantisi politikalarının etkinliği analiz eden Jenner vd. (2013) ve Zhang (2013) ile YPS politikalarının etkinliğini analiz eden Carley (2009) tarafından yapılan çalışmalar ilk grupta yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır. Ayrıca literatürde yer alan çalışmaların çoğunda statik panel modelleri kullanılırken, bazı çalışmalarda (Kim ve Heo, 2016; Marques ve Fuinhas, 2011 ve Zhang, 2013) dinamik panel modeli esas alınmıştır.

Jenner vd. (2013) tarafından, 1992-2008 yılları arası için, 26 Avrupa Birliği ülkesinde güneş PV ve kara rüzgâr enerjisi gelişimini teşvik etmede kullanılan sabit fiyat garantisi politikalarının etkinliği panel verilerini kullanılarak analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak, eklenen kurulu kapasite, açıklayıcı değişken olarak yatırım getiri oranı, artan yüzde gereksinimi (toplam üretimdeki artış açısından yenilenebilirdeki zorunlu artışı temsil eder),

kontrol değişkenleri olarak toplam elektrik üretiminde nükleer, petrol, doğalgaz ve kömürün payları, kişi başı GSYİH, net ithalat, elektrik fiyatı ve üretim maliyeti alınmıştır.

Sabit fiyat garantisi politikalarının AB’de güneş PV’nin gelişimine olumlu katkıda bulunduğu sonucuna varılırken, rüzgâr enerjisi gelişimini tetiklediğine dair sağlam kanıt bulanamamıştır. Genel olarak, yenilenebilir enerjinin gelişiminde, kötü tasarlanmış bir politika uygulamanın etkili olmayacağı ortaya konulmuş, elektrik fiyatı ve üretim maliyeti gibi piyasa koşulları dikkate alınarak politika tasarımı oluşturmanın önemi vurgulanmıştır.

Zhang (2013) tarafından yapılan çalışmada, 1991-2010 döneminde 35 Avrupa ülkesinde rüzgâr kapasitesinin genişletilmesine yönelik tarife belirleme politikalarının sonuçları dinamik panel veri modeli kullanılarak incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak, yıllık rüzgâr enerjisi kapasitesine ilaveler ve toplam üretilen rüzgâr enerjisi kullanılmıştır. SFG tarife oranı, ortalama elektrik fiyatı, sözleşme uzunluğu, şebeke erişimi, yeşil sertifika fiyatı, rekabetçi piyasaya sahip olma (kukla değişken) ve toplam elektrik üretimi açıklayıcı değişken olarak alınmıştır.

Analiz sonuçları, daha yüksek SFG tarifelerinin mutlaka daha yüksek seviyelerde rüzgâr kapasitesi sağlamadığını ortaya koymaktadır. İkinci olarak, SFG sözleşmesinin uzunluğu ve garantili şebeke erişimi, rüzgâr kapasitesi artışı üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Şebeke bağlantısının etkisi daha belirgin bulunmuştur. Örneğin 5 yıllık sözleşmenin vadesinin ortalama bir yıl uzatılması rüzgâr yatırımını yıllık %6 artırırken, şebeke garantisi sağlamak bir yılda neredeyse iki katına çıkarmaktadır. Sonuçlar, öngörülebilir uzun vadeli bir politika taahhüdünün, yatırımı cezbetmeye yönelik çok kısa vadeli mali teşviklerden daha etkili olduğunu göstermiştir.

Carley (2009) tarafından yapılan çalışmada, 1998-2006 yılları arasında 50 ABD eyaletinde uygulanan YPS politikalarının etkinliği analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak yenilenebilir elektriğin toplam elektrik içindeki oranı ve yıllık yenilenebilir elektrik üretimi alınmıştır. Esas açıklayıcı değişken olarak, eyalette o yıl YPS politikası uygulanıyorsa 1, aksi takdirde 0 değerini alan kukla değişken kullanılmıştır. Eyaletlerin çevre politikasına ilişkin yasal taahhütlerini temsil eden bir değişken olan eyalet çevre puanı ile çevre ve doğal kaynaklarla ilgili hükümet çalışan sayısı modele eklenmiştir. Ayrıca elektrik piyasalarını yeniden yapılandıran eyaletler için 1, diğerleri için 0 değerini alan kukla değişken de modele eklenmiştir. Diğer açıklayıcı değişkenler, kişi başı GSYİH, nüfus artış oranı, kişi başı elektrik tüketimi, ortalama perakende elektrik fiyatı, petrol ve kömür üretiminin toplam hasılaya katkısı, vergi endeksi, güneş, rüzgâr ve biyoenerji potansiyelidir.

Sonuçlar, YPS uygulamasının, yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içindeki yüzdesini belirlemede önemli olmadığını, ancak bir eyaletin YPS politikasına sahip olduğu her ek yıl için, toplam yenilenebilir enerji üretim miktarını artırdığını göstermektedir. Diğer bir deyişle, YPS politikaları olan eyaletler, YPS politikaları olmayan eyaletlere göre toplam enerji üretimi içinde daha yüksek yenilenebilir enerji üretimi oranlarına sahiptir. Ancak operasyonel YPS politikaları olan eyaletlerin, toplam yenilenebilir enerji dağıtım oranları, YPS politikaları olmayan eyaletlerden önemli ölçüde daha yüksektir. Diğer bir deyişle, YPS politikalarının bugüne kadar toplam yenilenebilir enerji yatırımını ve dağıtımını etkili bir şekilde teşvik ettiği, ancak yenilenebilir enerji üretiminin eyaletlerdeki elektrik portföylerinin yüzdesini etkili bir şekilde artırmayacağı bulunmuştur. Ayrıca, serbestleşme, kişi başı GSYİH, kişi başı elektrik kullanımı, elektrik fiyatı ve bölgesel YPS politikalarının varlığı da yenilenebilir enerji dağıtımıyla önemli ölçüde ilişkili bulunmuştur.

Johnstone vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, 1978-2003 dönemi boyunca 25 ülkeden oluşan panel veri kullanılarak yenilenebilir enerji konusundaki spesifik çevre politikalarının teknolojik yenilikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak alınan patentleme faaliyeti, yenilenebilir enerji teknoloji alanlarının (rüzgâr, güneş, jeotermal, okyanus ve biyokütle/atık) her birindeki patent başvurularının sayısı ile ölçülmüştür. Açıklayıcı değişkenler, her bir yenilenebilir kaynak teknolojisine özgü AR-GE harcamaları, elektrik tüketimindeki büyüme, elektrik fiyatı ve toplam patent ofisi dosyaları gibi bir dizi politika değişkenini içermektedir. Modelde, sabit fiyat garantisi tarifesini (cent/kWh) ve yeşil sertifika hedeflerinin (%) yanı sıra kukla değişken olarak, yatırım teşvikleri, vergi teşvikleri, yükümlülükler gibi politika araçları analiz edilmiştir.

Ampirik sonuçlar, kamu politikalarının yenilenebilir enerji alanında yeni teknolojilerin geliştirilmesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. En başta Kyoto Protokolü, rüzgâr ve güneş enerjisi ile ilgili patent faaliyeti ve genel olarak yenilenebilir enerji patentleri üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, AR-GE'ye yapılan kamu harcamalarının, rüzgâr ve güneş enerjisi ile ilgili yeniliklerin üzerinde tüm modellerde, jeotermal ve okyanus kaynakları içinse bazı modellerde olumlu ve önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur.

Çalışmada farklı türdeki politika araçları farklı yenilenebilir enerji kaynakları için etkili bulunmuştur. Özellikle, iki önemli yenilenebilir enerji türü olan rüzgâr ve güneş için sabit fiyat garantisi ve yeşil sertifika hedeflerinin etkisi arasında farklar görülmektedir. Sabit fiyat garantisinde uygulanan tarife teknolojiye göre farklılaştırılabildiğinden güneş enerjisi gibi yüksek maliyetli teknolojiler için olumlu ve anlamlı bir etki yaratır. Bununla birlikte,

rüzgâr enerjisi gibi daha uygun maliyetli teknolojiler için ilave bir inovasyon getirmemektedir. Yeşil sertifika hedefleri ise üreticilere hangi teknolojiyi kullanacaklarını seçme imkânı verdiği için düşük maliyetli yenilenebilir kaynaklarını yüksek maliyetli kaynaklardan daha cazip hale getirir. Bu nedenle yeşil sertifika hedefleri, rüzgâr enerjisi için inovasyonu önemli ölçüde ve olumlu yönde etkilerken, güneş enerjisi için etkili değildir.

Kılınç-Ata (2016) tarafından 27 AB ülkesi ve 50 ABD eyaleti üzerinde 1990-2008 yılları arası için yapılan çalışmada, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını teşvik etmek amacıyla kullanılan sabit fiyat garantisi, kotalar, ihaleler ve vergi teşvikleri gibi politika araçlarının panel veri teknikleri kullanılarak ekonometrik analizi yapılmıştır. Bağımlı değişken olarak ülke/eyalettaki hidro dışı yenilenebilir elektrik kapasitesinin toplam içinde oranı kullanılmıştır. Ana açıklayıcı değişken olarak kullanılan sabit fiyat garantisi, kotalar, ihaleler ve vergi teşvikleri, uygulanıyorsa 1, aksi takdirde 0 değerini alan kukla değişkenlerle gösterilmiştir. Diğer açıklayıcı değişkenler; termik ve nükleer enerji (ikame değişkenler), enerji ithalatı ve elektrik ithalatı (güvenlik değişkenleri), GSYİH büyüme hızı, kişi başı elektrik tüketimi, kömür ve gaz fiyatı (ekonomik değişkenler) ve çevre değişkeni olarak kullanılan kişi başı CO₂ emisyonudur.

Sonuçlar, yenilenebilir enerji politikası araçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmede önemli bir rol oynadığını, ancak etkinliklerinin yenilenebilir enerji politikası araçlarının türüne göre değiştiğini göstermektedir. Bulgular, sabit fiyat garantisi, ihale ve vergi teşviklerinin yenilenebilir elektrik kapasitesini artırmada etkili mekanizmalar olduğunu, ancak diğer yaygın olarak kullanılan politika aracı olan kota uygulamasının etkili olmadığını ortaya koymaktadır. Esasen, fiyat temelli politikaların miktar temelli politikalardan daha etkili olduğu görülmektedir. Özellikle sabit fiyat garantisi, büyüme ve yenilenebilir enerji inovasyonu arasındaki ilişkiyi etkilediği için yenilenebilir enerji kaynakları için gereklidir. ABD eyaletlerinde en sık kullanılan araç olan kotanın (YPS) yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Çarpıcı bir sonuç olarak, nükleer enerji üretimi, elektrik tüketimi ve kömür fiyatının yenilenebilir enerji dağıtımının önemli göstergeleri olduğu; ancak, kişi başı gelir düzeyi, enerji ve elektrik ithalatı gibi enerji güvenliği değişkenleri, gaz fiyatı ve karbon emisyonunun ise önemli olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte, analiz edilen dönemde, sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik sosyal farkındalık yaratmanın gerekli olduğuna dair yeterli kanıt bulunamamıştır.

Polzin vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada 2000-2011 yılları arası için OECD ülkelerindeki yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik politikalarının etkinliğini ölçmeye yönelik panel veri teknikleri kullanılarak ekonometrik analiz yapılmıştır. Bağımlı değişken

olarak belirli bir yılda, belirli bir ülkede, belirli bir alt sektördeki (örneğin güneş, rüzgâr, biyokütle) kurulu kapasite (MW cinsinden) alınmıştır. Ana açıklayıcı değişkenler olarak IEA/IRENA veri tabanından her yıl ve her ülke için elde edilen sabit fiyat garantisi, kota (YPS), ihale, vergi teşvikleri, kredi, doğrudan yatırımlar, yeşil sertifikalar, hibe ve sübvansiyon gibi politika araçların toplam sayıları alınmıştır. Ne kadar fazla sayıda politika uygulanırsa yatırımlar için daha iyi olacağı varsayılmıştır. Kontrol değişkenleri olarak, enerji tüketimi, CO₂ emisyonu, uzun dönem faiz oranları, hisse senedi fiyatları ve reel GSYİH kullanılmıştır. Politika etkinliği açısından sıfır ila üç yıl arasında bir gecikme yapısı alınmıştır.

Çalışmanın sonuçlarına göre, sabit fiyat garantisi, kamu bütçelerinin durumuna göre değişebilen hibe ve sübvansiyonlardan daha güvenilir ve uzun vadeli bir işaret sağlamaktadır. Ancak hibe ve sübvansiyonlar da doğrudan ve erken şekilde proje nakit akışlarını olumlu etkilemektedir. Emisyon ticaret sistemleri gibi piyasa temelli teşviklerin kurumsal yatırımcıların yatırımları üzerinde güçlü bir etkisi olabilir. Bu önlemler riske maruz kalmayı azaltarak, yatırımcılar için güvenilir bir ortam oluştururlar. Ancak, emisyon ticaret sisteminin kurumsal yatırımcılar için etkili bir dayanak haline gelebilmesi için olgun düzeyde bir teknolojiye sahip olmak gerekir. Kodlar ve standartlar (özellikle YPS) gibi destekleyici düzenleme önlemleri, yenilenebilir enerji projelerine yapılacak yatırımlarla ilgili teknolojik ve düzenleyici riskleri azaltarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin yayılma sürecini hızlandırır.

Son olarak, istikrarlı getiri arayan kurumsal yenilenebilir enerji yatırımlarını çekmek için, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik doğrudan destek mekanizmalarından ziyade, ani politika değişikliklerine gidilmeden, uzun vadeli desteklerin sunulduğu güvenilir bir ortamın sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Nicolini ve Tavoni (2017) tarafından, 2000-2010 dönemi için en büyük beş Avrupa ülkesinde (Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, Birleşik Krallık) yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması için verilen hibe ve sübvansiyon gibi parasal teşviklerin net tutarı ve ortalama sabit tarifeler hakkında veri toplanarak, teşviklerin etkili olup olmadığı analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak teşvik edilmiş yenilenebilir elektrik üretimi, toplam yenilenebilir elektrik üretimi ve yenilenebilir elektrik kurulu kapasitesi olmak üzere üç ölçü kullanılmıştır. Verilen teşvik tutarı ve garantili tarife ana açıklayıcı değişken olarak, ticaret edilebilir yeşil sertifikalar ise uygulandığında 1, aksi takdirde 0 değerini alan kukla değişken olarak analize dâhil edilmiştir. Kontrol değişkenleri olarak, kişi başı GSYİH, CO₂ emisyonu, fosil yakıtların elektrik üretimindeki payı, net elektrik ihracatı, elektrik fiyatı ve hükümetin siyasi yönelimi alınmıştır. Eşzamanlılıktan ve ters nedenselliğin olası sorunlarından kaçınmak için tahminlerde gecikmeli değerler kullanılmıştır.

Analiz sonuçları, verilen sübvansiyonlar ve garanti tarife ile kurulu kapasite arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Toplam yenilenebilir elektrik üretiminde ise sübvansiyonlar olumlu bir etkiye sahipken, sabit fiyat garantisi önemli bir etki göstermemektedir. Sabit fiyat garantisi ve sübvansiyonların, hem kısa dönemde teşvik edilmiş yenilenebilir elektrik üretimi, hem de uzun dönemde kurulu kapasiteyle pozitif bir ilişkisi olduğu için yenilenebilir elektriği teşvik etmede etkili olduğu ve ticaret edilebilir yeşil sertifikalardan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur.

Marques vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada 2010-2017 yılları arası için İspanya’da sabit fiyat garantisi, sabit prim garantisi ve kapasite ödemelerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından (rüzgâr ve güneş) elde edilen elektrik üretimi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak yenilenebilir elektrik üretimi, açıklayıcı değişkenler olarak güneş PV ve rüzgâr için sabit fiyat garantisi, sabit prim garantisi ve kapasite ödemeleri, hidroenerji, güneş PV, rüzgâr, fosil ve nükleer enerji kaynaklarından elektrik üretimi, elektrik sektöründen kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının yoğunluğu, elektrik ithalatı, elektrik ihracatı, elektrik tüketimi ve elektrik piyasa fiyatı kullanılmıştır.

Genel olarak, elektrik piyasasına tarife politikalarının dâhil edilmesinin, güneş PV veya rüzgâr enerjisi ile elektrik üretiminin artırılmasında etkili olmadığı bulunmuştur. Gerçekten de İspanya tarife politikalarını sona erdiren ilk ülkelerden birisi olmuştur. Kapasite ödemelerinin ise petrol ve doğalgaz üreticilerini düşük fiyat vermeye ve yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini artırmaya teşvik ettiği görülmüştür. Sonuçlar, güneş PV gücünde kapasite ödemelerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca CO₂ emisyon yoğunluğunun pozitif işareti, güneş PV gücünden elektrik üretimini teşvik edici bir faktör olduğunu göstermektedir.

Rüzgâr enerjisinin yüksek maliyetleri, garantili fiyatlara sahip politikalar yerine piyasa enstrümanlarının uygulanması gerektiğini göstermektedir. Garantili fiyatlardan kaçınma ve bunun yerine elektrik üreticileri arasında rekabeti arttırmanın önemine işaret edilmiştir. Ayrıca, tarife politikalarının yan etkilerini dengelemek, yani dışlama etkisi gibi olayların ortaya çıkmasını önlemek için politikalar hazırlanması gerektiği ve talep tarafı yönetimini entegre bir stratejiye dâhil edecek şekilde teşviklerin de formüle edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Son olarak, daha yumuşak ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir enerji geçişi sağlamak için, politika yapıcıların, tüketicileri piyasaya dayalı sinyallere daha duyarlı hale getirmeye yönelik politika uygulaması gerektiği vurgulanmıştır.

Marques vd. (2010) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, 1990-2006 yılları arası için 24 Avrupa ülkesinde, yenilenebilir enerjiyi harekete geçiren motivasyon kaynakları panel veri

teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Kurulan modelde bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzına oranı kullanılmıştır. Motivasyon kaynağı olan faktörler, politik, sosyo-ekonomik ve ülkelere özgü olmak üzere 3 başlıkta değerlendirilerek analize dâhil edilmiştir.

Sonuçlara göre fosil kaynaklar lobisi, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasının önünde engel teşkil etmektedir. Enerjide kendi kendine yeterli olma hedefi ise yenilenebilir kaynakların geliştirilmesini teşvik etmektedir. AB üyeleri için, gelirdeki artışın yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklediği görülmektedir. Bununla birlikte CO₂ emisyonu beklenenin aksine negatif etkide bulunmaktadır. Buna göre, yenilenebilir kaynaklara geçme karar sürecinde çevre ve iklim değişikliği meselesine yönelik sosyal baskının bir etkisi olmadığı söylenebilir.

Menz ve Vachon (2006) tarafından yapılan çalışmada, 1998-2003 yılları arası için 39 ABD eyaletinde uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini test etmek için, rüzgâr enerjisi kapasitesi, politika rejimi ve rüzgâr kalitesi verileri kullanılarak ampirik bir analiz yapılmıştır. Rüzgâr gelişme endeksleri olarak 1998-2003 arası kapasite, 2000-2003 arası kapasite, 2003 yılı kapasitesi, büyük projelerdeki kapasite olmak üzere 4 farklı bağımlı değişken alınmıştır. Politika değişkenleri olarak, YPS, kredi, hibe gibi finansal teşvikler ve üretim ve piyasaya yönelik yükümlülükler alınmıştır. Ayrıca belirli bir eyaletteki rüzgâr potansiyeli de modele dâhil edilmiştir.

Ampirik analiz sonuçları, belirli bir eyaletteki rüzgâr kapasitesinin geliştirilmesinin yalnızca bir eyaletin rüzgâr kaynaklarındaki teknik potansiyeline değil, aynı zamanda eyalet hükümetleri tarafından rüzgâr enerjisini teşvik etmek için benimsenen belirli politikalara da bağlı olduğunu göstermektedir. YPS'nin rüzgâr kapasitesinin gelişimini desteklemede tüm ülkede etkili olduğu yönünde güçlü kanıtlara ulaşılrken, hibe, kredi ve diğer finansal teşviklerin rüzgâr enerjisinin gelişiminde etkili olmadığı bulunmuştur.

Liu vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, 2000-2015 döneminde 29 ülkeyi kapsayan bir panel veri seti kullanılarak, uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkilerini değerlendirmek için bir sabit etkiler modeli geliştirilmiştir. Çalışmada analiz edilen yenilenebilir enerji politikaları, yedi toplu politika ve on iki spesifik politika içermektedir. Bağımlı değişken olarak toplam kurulu kapasite alınmıştır. Kontrol değişkenleri olarak reel GSYİH, elektrik tüketimi, CO₂ emisyonu ve yüksek teknoloji ithalatı alınmıştır. Ampirik sonuçlar, mali ve finansal teşvikler, piyasaya dayalı araçlar, politika desteği ve araştırma ve geliştirme de dâhil olmak üzere yedi toplam politikanın dördünün yenilenebilir enerji kapasitesinin iyileştirilmesinde önemli olduğunu göstermektedir. Bu arada, fiyat politikası,

hibeler ve sübvansiyonlar ve stratejik planlama dâhil olmak üzere on iki spesifik politikanın üçünün yenilenebilir enerji gelişimi üzerinde olumlu etkileri vardır. Ampirik sonuçlar ayrıca, 2005 yılında Kyoto Protokolü'nün uygulanmasının tipik ülkelerde yenilenebilir enerji gelişimi üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.

Shrimali ve Kneifel (2011) tarafından 1991-2007 yılları arası için yapılan çalışmada, 50 ABD eyaletine ait veriler üzerinde panel veri teknikleri kullanılarak, uygulanan politikaların çeşitli yenilenebilir elektrik kaynaklarının yaygınlaşması üzerindeki etkilerini tahmin etmek için sabit etkiler modeli ile analiz yapılmıştır. Hidrodışı toplam yenilenebilir kapasitenin toplam net üretime oranı, bağımlı değişken olarak alınmıştır. Analiz edilen politika değişkenleri ise kapasite ve satış gereklilikleri için yenilenebilir portföy standartları, kamu yeşil güç alımı, yeşil güç opsiyonları ve temiz enerji fonlarıdır. Ayrıca elektrik fiyatı, doğalgaz fiyatı, kişi başı GSYİH, kömürden üretilen elektriğin payı, çevre koruma puanı kontrol değişkenleri olarak alınmıştır.

Yenilenebilir portföy standartları, yenilenebilir kaynakların yaygınlaşmasına ilişkin rüzgâr ve biyokütle için negatif etkiye sahipken, jeotermal ve güneş için pozitif etkiye sahiptir. Ayrıca, temiz enerji fonları ve zorunlulukları çoğunlukla tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasına olumlu etkide bulunmaktadır. Öte yandan, gönüllü yenilenebilir portföy standartlarının yanı sıra kamu yeşil enerji satın alma programlarının her türlü yenilenebilir kaynağın yaygınlaşmasında etkisiz olduğu bulunmuştur. Son olarak, elektrik fiyatı, doğal gaz fiyatı ve kişi başına düşen GSYİH gibi ekonomik değişkenlerin yanı sıra çevre koruma puanı ve kömürden üretilen elektriğin payı gibi yapısal değişkenler genellikle önemsiz bulunmuştur.

Aguirre ve Ibikunle (2014) tarafından yapılan çalışmada, 1990-2010 yılları arası için 38 ülkede yenilenebilir enerjinin büyümesini belirleyen faktörler analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzı içindeki oranı alınmıştır. Açıklayıcı değişken olarak, doğrudan yatırımlar, sabit fiyat garantisi, hibe ve sübvansiyonlar, yeşil sertifikalar, krediler, düzenleyici araçlar, politik destek gibi politika araçları alınarak etkinlikleri ölçülmüştür. CO₂ emisyonu, net enerji ithalatı, enerji kullanımı, nüfus artış hızı, kişi başı GSYİH, petrol, doğalgaz, kömür ve nükleer enerjinin elektrik üretimi içindeki payı, petrol, doğalgaz, kömür fiyatları kontrol değişkenleri olarak modele dâhil edilmiştir. Elektrik piyasalarında kısıtlamaların kaldırılması ve devam eden taahhütler kukla değişken olarak alınmıştır.

Sonuçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasında CO₂ emisyon düzeylerinin önemli, enerji ithalatı düzeyi, kişi başına düşen GSYİH ve deregülasyonun ise

önemsiz olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, enerji güvenliğinin yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasının arkasındaki ana etken olmadığını, örnek ülkeler için yenilenebilir enerjinin gelişiminde çevresel endişelerin enerji güvenliğinden daha çok bağlantılı olduğunu göstermektedir. Finansal ve mali teşvikler, beklenenin ve önceki çalışmaların aksine yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasında negatif etkiye sahiptir. Enerji kullanımı, yenilenebilir enerji ile negatif ilişkiye sahiptir. Bu durum enerji arzını sağlamak için yüksek baskının altında olan ülkelerin maliyet avantajları nedeniyle daha az yenilenebilir enerji, muhtemelen daha fazla fosil yakıt kullanma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Yenilenebilir enerji ile fosil yakıtlar ve nükleer enerji arasındaki trade-off, yenilenebilir enerji kaynakları ile kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payları arasında negatif ilişki şeklinde yansımaktadır. Sonuçlar, geleneksel enerji kaynakları endüstrisinin politikadaki lobicilik gücünün altını çizmektedir.

Marques ve Fuinhas (2011) tarafından yapılan çalışmada, 1990-2006 yılları arasında 24 Avrupa ülkesi için yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını etkileyen faktörler, dinamik panel veri teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak, toplam birincil enerji arzının yüzdesi olarak ölçülen yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzına katkısı alınmıştır. Model dinamik panel olarak tanımlandığından yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzına katkısının bir önceki dönem değeri modelde açıklayıcı değişken olarak yer almaktadır. Kullanılan diğer açıklayıcı değişkenler ise kişi başı CO₂ emisyonu, kişi başı enerji tüketimi, fosil kaynakların elektrik üretimindeki payı, nükleerin elektrik üretimindeki payı, enerji ithalatı, GSYİH ve fosil yakıtların fiyatlarıdır.

Çalışma sonuçlarına göre, önceki dönemdeki yenilenebilir enerji kullanım düzeyi, mevcut dönem üzerinde olumlu ve oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca, CO₂ emisyonlarının, fosil enerji kaynaklarının (kömür, petrol ve gaz) ve nükleer enerji kaynağının etkilerinin önemli ve negatif olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, geleneksel enerji kaynakları tarafından yenilenebilir enerji kullanımının kısıtlanmasında uygulanan lobiciliğin etkisine dair kanıtlar sağlamaktadır. Ayrıca sonuçlar, enerji bağımlılığının yenilenebilir enerjinin gelişimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Kim ve Heo (2016) tarafından yapılan çalışmada, 1990-2011 yılları arasında 25 OECD ülkesi için SFG ve YPS politikalarının etkileri dinamik panel modeli uygulanarak analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak hidroelektrik enerjisi hariç yenilenebilir enerji üretimi kullanılmıştır. Açıklayıcı değişkenler olarak kullanılan SFG ve YPS, uygulanan yılda 1, uygulanmayan yılda 0 değerini alan kukla değişkenle gösterilmiştir. Ayrıca iki sistemin (SFG ve YPS) birlikte uygulamanın sinerjik etkisini görmek için bir kukla değişken (FR)

tanımlanmıştır. Kullanılan kontrol değişkenleri ise, kişi başı GSYİH, CO₂ emisyonu, net elektrik tüketimi, coğrafi alan, kümülatif patent kaydı sayısı ve net enerji ithalatıdır.

Analiz sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji üretimini artırmada, sabit fiyat garantisi politikasının yenilenebilir portföy standartlarına göre daha etkili olduğu, ancak iki politikanın aynı amaçla aynı anda gerçekleştirilmesi durumunda etkinin beklenen düzeye ulaşamayabileceği ortaya konmuştur. Diğer taraftan yenilenebilir enerji teknolojik yeniliklerinin yenilenebilir enerjinin genişlemesine olumlu katkı sağladığına dair güçlü kanıtlar elde edilmiştir.

Dong (2012) tarafından yapılan çalışmada, 53 ülkede 2005-2009 yılları arasında uygulanan sabit fiyat garantisi ve yenilenebilir portföy standartları politikalarının rüzgâr enerjisi kapasitesinin gelişimini desteklemedeki etkililiği analiz edilmiştir. Bağımlı değişken olarak toplam/kümülatif kurulu rüzgâr kapasitesi alınmıştır. Sabit fiyat garantisi ve yenilenebilir portföy standartları için birer kukla değişken oluşturularak, ülke ilgili yılda bu politikaları uyguluyorsa 1, aksi takdirde 0 değeri verilmiştir. Diğer açıklayıcı değişkenler olarak kişi başı GSYİH, net elektrik tüketimi, net petrol ithalatı, rüzgâr kaynakları, CO₂ emisyonu ve uygulanan diğer teşvik politika sayısı alınmıştır.

Sonuçlar, ülkeler arasında sabit fiyat garantisinin YPS'den daha fazla rüzgâr kapasitesi ürettiğini göstermektedir. Bu fark kısmen sabit fiyat garantisinin daha uzun bir geçmişe sahip olması ve YPS'den daha olgun olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer faktörleri kontrol ettikten sonra, sonuçlar YPS'nin tüm ülkelerde hiçbir politika uygulamamaktan daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Piyasaya dayalı politika mekanizmalarını destekleyen çevre ekonomisi literatürünün aksine, sonuçlar fiyat garantilerinin kurulu rüzgâr kapasitesi üzerinde kota sisteminden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Gelecekte elde edilecek gelirin belirsiz olması nedeniyle, hükümetlerin güvenilir taahhütler vererek, sabit fiyat garantisi biçiminde verdikleri destek rüzgâr enerjisi gelişimi için son derece önemlidir.

Ayrıca, rüzgâr enerjisi gelişimi elektrik piyasasındaki durumlarla büyük ölçüde ilişkilidir. Başka bir deyişle, rüzgâr enerjisinin geliştirilmesi, önceki bulgularla tutarlı şekilde yüksek elektrik talebine verilen bir yanıttır. Diğer taraftan yüksek petrol bağımlılığı, rüzgâr kapasitesi gelişimindeki değişimin bir bölümünü de açıklamaktadır. Dolayısıyla, net petrol ithalatı ile rüzgâr kapasitesi dağıtımı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu görmek şaşırtıcı değildir.

Bolkesjø vd.(2014) tarafından yapılan çalışmada, 1990-2012 yıllarını kapsayan ayrıntılı veriler kullanılarak, Avrupa'nın en büyük beş elektrik tüketicisi ülkesindeki (Fransa,

Almanya, İtalya, İspanya, Birleşik Krallık) sabit fiyat garantisi, yenilenebilir portföy standartları ve ihale politikaların etkisi incelenmiştir. Bağımlı değişken olarak her ülke, teknoloji ve yıl için kümülatif yenilenebilir enerji kapasitesinin doğal logaritması kullanılmıştır. Yenilenebilir elektrik üretiminde sabit fiyat garantisi uygulanan yatırımın getiri oranı, yenilenebilir portföy standardının gücünü ölçmek için yapılan düzeltmeler sonucu hesaplanan artımlı yüzde gereksinimi ve ihale yöntemi uygulanıyorsa 1, aksi halde 0 değerini alan bir kukla değişken açıklayıcı değişkenler olarak yer almaktadır. Ayrıca kişi başına enerji kullanımı ve kişi başına reel GSYİH büyüme oranı, nükleer, kömür, gaz, petrol ve yenilenebilirin elektrik üretimindeki payları kontrol değişkenleri olarak eklenmiştir.

Yüksek fiyat garantisi seviyeleri ve düşük maliyetler nedeniyle, güneş PV ve kara rüzgâr enerjisine yapılan yatırımların son yıllarda genellikle yüksek bir beklenen getiriye sahip olduğu görülmektedir. Sabit fiyat garantisi politikasının 1990-2012 döneminde analiz edilen beş ülkede güneş PV ve karaüstü rüzgâr enerjisinin gelişimini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, yenilenebilir portföy standartları politikasının biyoenerjinin gelişimi üzerinde önemli ölçüde olumlu etkisi olduğu ve ihale planlarının varlığının karaüstü rüzgâr gücünün artmasına katkıda bulunduğu doğrulanmıştır.

Literatür araştırması neticesinde bahsedilen çalışmalarda kullanılan dönem, ülke ve bölgeler ile ekonometrik yöntem özet olarak Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların çoğunda statik panel modelleri kullanılırken, bir kısmında (Kim ve Heo, 2016; Marques ve Fuinhas, 2011 ve Zhang, 2013) dinamik panel modeli esas alınmıştır.

Tablo 4.1 Literatür Özeti

Yazar	Çalışılan Bölge-Ülke Sayısı	Dönem	Yöntem
Bolkesjø vd. (2014)	5 büyük Avrupa Ülkesi: Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, Birleşik Krallık	1990-2012	Statik panel
Dong (2012)	53 ülke	2005-2009	Statik panel
Aguirre ve Ibikunle (2014)	38 ülke	1990-2010	Statik panel
Shrimali ve Kneifel (2011)	50 ABD eyaleti	1991–2007	Statik panel
Liu vd. (2019)	29 ülke	2000-2015	Statik panel
Menz ve Vachon (2006)	39 ABD eyaleti	1998-2003	Statik panel
Marques vd. (2010)	24 Avrupa ülkesi	1990-2006	Statik panel
Marques vd. (2019)	İspanya	2010-2017	Statik panel
Nicolini ve Tavoni (2017)	5 Avrupa ülkesi: Fransa, Almanya, İtalya, İspanya, Birleşik Krallık.	2000-2010	Statik panel
Polzin vd. (2015)	OECD ülkeleri	2000-2011	Statik panel
Kılınç-Ata (2016)	27 AB ülkesi ve 50 ABD eyaleti	1990-2008	Statik panel

Johnstone vd. (2010)	25 ülke	1978-2003	Statik panel
Carley (2009)	50 ABD eyaleti	1998-2006	Statik panel
Jenner vd. (2013)	26 AB ülkesi	1992-2008	Statik panel
Marques ve Fuinhas (2011)	24 Avrupa ülkesi	1990-2006	Dinamik panel
Kim ve Heo (2016)	25 OECD ülkesi	1990-2011	Dinamik panel
Zhang (2013)	35 Avrupa ülkesi	1991-2010	Dinamik panel

Literatürde yer alan çalışmalarda bağımlı değişken olarak kullanılan değişkenler Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda, yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi diğerlerine göre daha çok tercih edilmiştir.

Tablo 4.2 Bağımlı Değişkenler

Bağımlı Değişkenler	Referans
Kurulu Kapasite	Dong, 2012; Bolkesjø vd., 2014; Liu vd., 2019; Menz ve Vachon, 2006; Polzin vd., 2015.
Toplam Enerji Üretimi İçindeki Yüzdesi	Carley, 2009; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Marques vd., 2010; Marques ve Fuinhas, 2011.
Toplam Enerji Kapasitesi İçindeki Yüzdesi	Kılınç-Ata, 2016; Shrimali ve Kneifel, 2011.
Kapasiteye İlaveler	Jenner, 2013; Zhang 2013.
YE Üretimi	Carley, 2009; Nicolini ve Tavoni, 2017; Kim ve Heo, 2016.

Literatürde yer alan çalışmalarda kullanılan politika değişkenleri ve kontrol değişkenleri ise Tablo 4.3’te gösterilmiştir. Sabit fiyat/prim garantisi ve yükümlülük politikaları literatürde en çok analiz konusu yapılan politika araçları olmuştur. Son yıllarda daha fazla ülke tarafından kullanılan bir politika olan net ölçümleme için henüz literatürde yer alan bir çalışma bulunmamaktadır.

Tablo 4.3 Açıklayıcı Değişkenler

Bağımsız Değişkenler	Referans
<i>Politika değişkenleri</i>	
Doğrudan yatırımlar	Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019.
Sabit fiyat/prim garantisi	Bolkesjøvd., 2014; Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Marques vd., 2019; Kim ve Heo, 2016; Zhang, 2013; Nicolini ve Tavoni, 2017; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016; Johnstone vd., 2010; Jenner, 2013.
Hibe ve sübvansiyonlar	Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Menz ve Vachon, 2006; Nicolini ve Tavoni, 2017; Polzin vd., 2015.
Krediler	Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Menz ve Vachon, 2006; Polzin vd., 2015.
Vergi	Liu vd., 2019; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016; Johnstone vd., 2010.
Yeşil sertifikalar/karbon emisyon sis.	Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Nicolini ve Tavoni, 2017; Polzin vd., 2015; Johnstone vd., 2010.
Politik destek	Aguirre ve Ibikunle, 2014; Polzin vd., 2015.

Yükümlülük Politikaları	Bolkesjø vd., 2014; Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Shrimali ve Kneifel, 2011; Liu vd., 2019; Menz ve Vachon, 2006; Kim ve Heo, 2016; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016; Johnstone vd., 2010; Carley, 2009.
Araştırma geliştirme	Liu vd., 2019; Polzin vd., 2015; Johnstone vd., 2010.
Net ölçümleme	-
İhale	Bolkesjøvd., 2014; Kılınç-Ata, 2016.
<i>Kontrol değişkenleri</i>	
Net enerji ithalatı	Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Marques vd., 2010; Kim ve Heo, 2016; Nicolini ve Tavoni, 2017; Kılınç-Ata, 2016; Jenner, 2013.
GSYİH	Bolkesjø vd., 2014; Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Shrimali ve Kneifel, 2011; Liu vd., 2019; Marques vd., 2010; Kim ve Heo, 2016; Nicolini ve Tavoni, 2017; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016; Carley, 2009; Jenner, 2013.
Net elektrik tüketimi	Bolkesjø vd., 2014; Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Marques vd.,2010; Marques vd., 2019; Kim ve Heo, 2016; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016; Carley, 2009.
CO ₂	Dong, 2012; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Liu vd., 2019; Marques vd., 2010; Kim ve Heo, 2016; Nicolini ve Tavoni, 2017; Polzin vd., 2015; Kılınç-Ata, 2016.
Fosil yakıtların elektrik üretim payı	Bolkesjø vd., 2014; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Shrimali ve Kneifel, 2011; Marquesvd.,2010; Marques vd., 2019; Nicolini ve Tavoni, 2017; Carley, 2009; Jenner, 2013.
Nükleer elektrik üretim payı	Bolkesjø vd., 2014; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Marques vd.,2010; Marques vd., 2019; Jenner, 2013.

4.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yenilenebilir enerji teşvikleri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanları olan elektrik enerjisi, ısıtma-soğutma ve ulaşım alanlarında verilmektedir. Dünya genelinde verilen yenilenebilir enerji teşviklerine bakıldığında ülkelerin en fazla yenilenebilir elektrik enerjisi için hedef belirledikleri ve teşvik verdikleri görülmektedir. 2019 yılı itibariyle 166 ülke elektrik için yenilenebilir enerji hedefleri belirlerken, ulaşım için 46, ısıtma-soğutma için 49 ülkenin hedefleri vardır. Benzer şekilde, yenilenebilir elektrik için politika uygulayan ülke sayısı 143 iken, ulaşım için 70, ısıtma-soğutma için 23 ülke çeşitli politikalar uygulamaktadır. Türkiye’de de genel olarak teşvikler yenilenebilir elektrik alanında verilmektedir. Bu nedenle çalışmada, yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi üzerindeki etkilerine odaklanılmıştır.

Çalışmada 36 OECD üyesi ülkedeki (ABD, Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda İspanya, İzlanda, İrlanda, İsveç, İsrail, İsviçre, İtalya, Japonya, Güney Kore, Kanada, Litvanya Letonya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Yunanistan, Yeni Zelanda ve Türkiye) yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi üzerindeki etkileri panel veri teknikleri kullanılarak analiz edilecektir. Kurulacak modellerde 2000-2019 yılları arasında güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji (hidroenerji hariç) kurulu kapasitesi üzerinde, uygulanan

yenilenebilir enerji teşvik politikalarının ve kurulu kapasiteye etki edebilecek seçili kontrol değişkenlerinin etkileri tahmin edilmiştir.

Çalışmada, kurulacak modele en uygun yöntemin ne olacağına ilişkin gerekli ekonometrik testler yapılarak regresyon analizi yapılacaktır. Ayrıca kontrol değişkenleri yönünden dinamik (otoregresif) panel veri modeli regresyon analizi tahmin sonuçları yorumlanacaktır. Sabit etkiler modeli ve dinamik model sonuçlarının karşılaştırılmasının literatüre önemli bir katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan çalışmada kullanılan 2000-2019 arası dönem, gelişen teknoloji, azalan maliyetler ve çevre bilincindeki artış nedeniyle yenilenebilir enerjide sıçramanın başladığı 2000’li yılların başlarından günümüze kadar olan dönemi kapsamaktadır. Sağlıklı veri bulunabilen son yıl olan 2019 yılını da kapsayacak şekilde OECD ülkelerindeki yenilenebilir enerji politikalarının etkilerini analiz eden bir çalışma literatürde henüz bulunmamaktadır. Ayrıca, ülkeler yenilenebilir enerji teşviklerini, tüm yenilenebilir enerji türleri için verebildikleri gibi, yalnızca biri veya birkaçı için de verebilmektedirler. Çalışmada yenilenebilir enerji politikalarının güneş, rüzgâr, biyokütle ve hidro hariç toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı tahmin edilecek olması da literatüre katkı sağlayacak önemli bir noktadır. Çalışmanın bir diğer katkısı da son dönemlerde daha fazla ülkede uygulanan net ölçümleme politikasının ilk defa analiz edilecek olmasıdır.

4.3. Ekonometrik Yöntem

Ekonometrik analizlerde zaman serisi, yatay kesit veri ve panel veri olmak üzere üç grup veri türü kullanılır. Zaman serisi verisi, değişkenlerin değerlerinin gün, ay, mevsim, yıl gibi zaman birimlerine göre değişimini gösterirken, yatay kesit veri, zamanın belli bir noktasında, farklı birimlerden toplanan veriyi ifade eder. Panel veri ise bireyler, şehirler, ülkeler gibi birimlere ait yatay kesit gözlemlerin, belli bir dönemde bir araya getirilmesi olarak tanımlanır. Zaman serisi verisi, sadece bir birimin dönemlere göre bilgisini verirken; yatay kesit veri, birçok birimin sadece bir dönemi hakkında bilgi verir. Yapılacak analizde hem dönemlere hem de birimlere göre bilgi elde edilmesi isteniyorsa panel veri kullanılması gerekmektedir. Çalışmada 36 ülkenin (N) 20 yılına (T) ilişkin veriler kullanılacağı için panel veri analizi yapılacaktır.

Panel veri kullanmanın, bireysel heterojenliği kontrol edebilme, daha kapsamlı ve bilgilendirici veri sunma, değişimleri daha iyi gösterebilme, daha karmaşık davranışsal modeller kurabilme gibi avantajlarının yanı sıra; anket tasarımı ve veri toplama zorlukları,

ölçüm hatalarının yüksekliği, zaman serilerinin genelde kısa olması, yatay kesit bağımlılığının ortaya çıkabilmesi gibi kısıtlamaları da bulunur (Baltagi, 2005:4).

Panel veri, N sayıda birim ve her bir birime ait T sayıda gözlemden oluşmaktadır. Panel veri modelleri; her bir yatay kesitte ele alınan zaman boyutundaki gözlemler eşit olduğu durumda dengeli, her bir yatay kesitte farklı ya da eksik gözlemler olması durumunda dengesiz panel olarak adlandırılırlar. Ayrıca, $N > T$ olması durumunda kısa, $N < T$ olması durumunda ise uzun panel söz konusu olur. Çalışmada 36 ülkenin (N) 20 yılına (T) ilişkin veriler kullanılacağı için panel veri analizi yapılacaktır. Çalışmada kullanılan panel veride bütün ülkelerin her yılına ait gözlemler bulunduğundan dengeli panel; ülke sayısı dönem sayısından büyük olduğundan ($N > T$) kısa panel söz konusudur.

Genel olarak doğrusal panel veri modeli;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it} X_{1it} + \beta_{2it} X_{2it} + \dots + \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad (1)$$

ya da kısaca;

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_{kit} X_{kit} + u_{it} \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Denklemden i; hane halkı, birey, firma, ülke gibi birimleri, t ise gün, ay, yıl gibi zamanı göstermektedir. Bir başka deyişle i yatay kesit boyutunu, t ise zaman boyutunu ifade etmektedir. β_{kit} , $K \times 1$ boyutlu parametreler vektörünü; X_{kit} , k'nci açıklayıcı değişkenin t zamanında i'nci birim için değerini; Y_{it} , bağımlı değişkenin t zamanında i'nci birim için değerini göstermektedir (Tatoğlu, 2018a:37).

Panel veri modelinde yer alan her bir birimin özelliğini yansıtan zaman değişmezi değişkenlere 'birim etki', her bir zamanın özelliğini yansıtan birim değişmezi değişkenlere ise 'zaman etkisi' adı verilir. Eğer bütün gözlemlerin birim ve/veya zaman etkileri homojense Klasik Modeli, homojen değilse Sabit ya da Tesadüfi (Rassal) Etkiler modellerini kullanmak daha doğrudur.

Klasik modelde hem sabit hem de eğim parametrelerinin birimlere ve zamana göre sabit olduğu yani bütün gözlemlerin homojen olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda panel veri modeli genel olarak,

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (3)$$

ya da kısaca aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$Y_{it} = X_{it} \beta + u_{it} \quad i=1, \dots, N; t=1, \dots, T \quad (4)$$

Burada β , sabit ve eğim parametrelerini içermektedir. β için Havuzlanmış En Küçük Kareler (HEKK) tahmincisi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Tatoğlu, 2018a:40);

$$\hat{\beta} = (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T X'_{it} X_{it})^{-1} (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T X'_{it} Y_{it}) \quad (5)$$

4.3.1. Klasik Modelin Geçerliliğine İlişkin Testler

Çalışmada kurulan panel veri modelinde, Klasik Modelin birim ve/veya zaman etkilerinin olmadığı varsayımının geçerli olup olmadığı F Testi, Olabilirlik Oranı (LR) Testi ve Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi ile saptanacaktır.

Verinin birimlere göre farklılık gösterip göstermediğine ilişkin uygulanan F Testi, Klasik Modelin geçerliliğini test etmek için kullanılır. Veriler birimlere göre farklılık göstermiyorsa Klasik Model uygundur. Kısıtlı ve kısıtsız model olmak üzere iki çeşit model vardır. Kısıtlı modelde, değişkenlere ait verilerde birim etkinin bulunduğu; kısıtsız modelde ise, birim etkinin olmadığı varsayımı yapılır (Tatoğlu, 2018a:168).

$$\text{Kısıtsız model; } Y_i = X_i \beta_i + u_i \quad (6)$$

$$\text{Kısıtlı model; } Y = X\beta + u \quad (7)$$

İki model için de; $i = 1, 2, \dots, N$

F Testi ile sınanacak hipotez şu şekildedir;

- $H_0: \beta_i = \beta \rightarrow$ Birim etki yoktur. Havuzlanmış model geçerlidir.
- $H_1: \beta_i \neq \beta \rightarrow$ Birim etki vardır. Klasik Model uygun değildir.

Birim/zaman etkilerinin olup olmadığına yönelik yapılan diğer bir test olan Olabilirlik Oranı (LR) Testi, Klasik Modeli rassal etkiler modeline karşı test etmek için kullanılmaktadır. H_0 hipotezi Klasik Model doğrudur şeklinde kurulmaktadır. Test istatistiği hesaplanırken, rassal etkiler modeli ve Klasik Model en çok olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmekte ve her ikisinden elde edilen log-olabilirlik değerleri kullanılmaktadır. Test istatistiği şu şekildedir;

$$LR = -2[1(\text{kısıtlı}) - 1(\text{kısıtsız})]$$

Bu eşitlikteki;

- $1(\text{kısıtlı})$: Kısıtlı modele yani Klasik Modele ait olabilirlik fonksiyonunu
- $1(\text{kısıtsız})$: Kısıtsız modele yani rassal etkiler modeline ait olabilirlik fonksiyonunu

ifade etmektedir. LR test istatistiği, $q(\text{kısıtlama sayısı})$ serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uymaktadır. H_0 hipotezi reddedilirse, birim, zaman ya da hem birim hem de zaman etkilerinin

olduğuna bir başka ifade ile Klasik Modelin uygun olmadığına karar verilmektedir (Tatoğlu, 2018a:173).

Breusch-Pagan tarafından geliştirilen Lagrange Çarpanı (LM) Testinde ise bireysel heterojenliğin varlığı, bir başka deyişle tesadüfi birim etkilerin varyansının sıfır olduğu hipotezi ($H_0 = \sigma^2\mu=0$) sınanmaktadır. Breusch-Pagan LM test istatistiği şu şekildedir;

$$LM = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^N (\sum_{t=1}^T u_{it})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T u_{it}^2} - 1 \right]^2 \quad (8)$$

Denklemden yer alan u , HEKK modelinin tahmininden elde edilen kalıntılardır. Bu test istatistiği 1 serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uymaktadır. LM test istatistiğinin, χ^2 tablosu ile karşılaştırılması sonucu H_0 hipotezi reddedilirse, birim etkilerin varlığı kabul edilecek ve Klasik Modelin uygun olmadığına karar verilmektedir (Tatoğlu, 2018a:178).

4.3.2. Hausman Testi

Panel veri modellerinde genellikle bireyler, firmalar, ülkeler gibi birimler Klasik Model'de varsayıldığı gibi birimlere ve zamana göre sabit yani homojen değil, heterojendir. Bu heterojenliği dikkate almamak, sapmalı tahminlere neden olacağı için buna uygun bir tahmin yöntemi seçmek gerekir. Yapılan testler sonucunda birim ya da zaman etkisinin ya da her ikisinin birden olduğu anlaşılmışsa, söz konusu etkilerin sabit mi rassal mı olduğuna karar verilmesi gerekir. Eğer bu etkilere model içerisinde her bir birim-zaman için tahmin edilen bir parametre olarak davranılıyorsa “sabit etkiler” hata terimi gibi tesadüfi bir değişken olarak davranılıyorsa “rassal etkilerin” geçerli olacağı söylenebilir. Rassal etkiler modelinde bağımsız değişkenler ile birim etki arasındaki korelasyonun sıfır olduğu varsayılırken, sabit etkiler modelinde sıfırdan farklıdır (Tatoğlu, 2018a:185).

Panelde kullanılan veriler belirli bir firma grubundan ya da OECD, AB gibi ülke gruplarından elde edilmişse sabit etkiler modeli daha uygundur. Hanehalkı panel çalışmaları gibi büyük bir popülasyondan rastgele seçilen N kişinin örnek olarak alındığı veri setleri içinse rassal etkiler modeli daha uygundur. Bu durumda, N genellikle büyük olacak ve sabit etkiler modeli, yüksek bir serbestlik derecesi kaybına yol açacaktır (Baltagi, 2015:12)

Önsel olarak hangi modelin seçileceği konusunda fikir sahibi olursa da bu konuda karar vermek için uygulanan testler de bulunmaktadır. Bu amaçla uygulanan Hausman testi esas itibarıyla bir spesifikasyon testi olup, çok yaygın bir kullanım alanı vardır. Literatürde birçok model arasında seçim yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Hausman testinde, rassal etkiler tahmincisinin geçerli olduğu “açıklayıcı değişkenler ve birim etki arasında korelasyon

yoktur” şeklindeki temel hipotezi, k serbestlik dereceli χ^2 dağılımına uyan istatistik yardımıyla test edilmektedir. Hausman test istatistiği hesaplanırken, Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Tahmincisi ve Grup İçi Tahmincinin varyans kovaryans matrislerinin arasındaki farktan yararlanılarak, H istatistiği hesaplanmaktadır. Hausman testi bu farkın (H), sıfıra eşitliğini test etmektedir. Parametreler arasındaki fark sistematik değilse, rassal etkiler modeli uygundur (Tatoğlu, 2018a:185).

Panel veriler kullanılarak oluşturulan panel veri modelleri, birim ve zaman boyutlarının büyüklüğüne ve modelin yapılan birtakım varsayımları sağlayıp sağlamama durumuna göre çeşitli yöntemlerle tahmin edilmektedir. Panel zaman serileri analizinde, parametrelerin homojenliği, birimler arası korelasyonun varlığı gibi durumlara göre testler ve tahmin yöntemleri değişmektedir. Model için hangi yöntemin kullanılacağına karar verildikten sonra modelde, değişen varyans (heteroskedasite), otokorelasyon ve birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılığı) sorunlarının olup olmadığına ilişkin modele uygun testlerin yapılması gerekmektedir.

4.3.3. Değişen Varyans

Klasik Doğrusal Regresyon Modeli için yapılan önemli bir varsayım, hata terimlerinin homoskedastik, yani açıklayıcı değişkenin değerine bağlı olarak varyanslarının sabit olduğu “ $E(u_i^2)=\sigma^2$ ” varsayımdır. Eğer hata terimi varyansı, gözlemden gözleme değişiyorsa “ $E(u_i^2)=\sigma_i^2$ ” değişen varyans (heteroskedasite) söz konusudur. Yapılan çalışmalarda, heteroskedasite sorununun zaman serisi verilerinden daha çok yatay kesit verilerde bulunduğu gözlemlenmiştir. Yatay kesit verilerde bu sorunun çıkmasının sebebi, belirlenmiş tek bir dönem için farklı büyüklüklerdeki firma, ülke, şehir gibi unsurlardan verilerin toplanması nedeniyle ortaya çıkan ölçek etkisidir. Zaman serilerinde ise belirli bir dönem aralığında aynı unsura ait veriler toplandığı için büyüklük dereceleri benzer olacağından bu sorunla fazla karşılaşılmaz (Gujarati, 1999:343).

Hata terimlerinin değişen varyansa sahip olmasının sebepleri şu şekilde açıklanabilir (Kutlar, 2012:179);

- Zaman içinde davranışlardaki yanlışların öğrenilerek azaltılmaya çalışılması,
- Gelir, varlık, puan gibi unsurlarda artış oldukça seçeneklerin artması ve tercihlerin değişebilmesi,
- Veri toplama tekniklerinin zaman içinde düzelmesiyle verilerdeki tutarsızlık ve kopuklukların da düzene girmesi,
- Gözlemlerdeki birinin diğerlerinden çok farklı olması,

- Modelin doğru kurulamaması.

Çalışmada heteroskedasitenin varlığını sınamak için sabit etkiler modeli için Modifiye Edilmiş Wald testi, rassal etkiler modelinde ise Levene, Brown ve Forsythe'nin Testi kullanılacaktır.

Sabit etkiler modelinde Modifiye Edilmiş Wald Testi, standart LM, LR, Wald testlerinin aksine, normal dağılım varsayımının ihlal edilmesi halinde de kullanılabilir. N serbestlik. Modifiye Edilmiş Wald test istatistiği şu şekilde tanımlanmaktadır (Tatoğlu, 2018a:221); derecesi ile χ^2 dağılımına uymakta olan testin temel hipotezi; " $H_0: \sigma_i^2 = \sigma^2$ " (varyanslar birimlere göre homoskedastiktir) şeklindedir

$$W = \sum_{i=1}^N \frac{(\hat{\sigma}_i^2 - \sigma^2)^2}{V_i} \quad (9)$$

Rassal etkiler modelinde heteroskedasitenin varlığını sınamak için kullanılan Levene, Brown ve Forsythe'nin Testinde bütün birimler için kalıntıların ortalaması ve standart sapmaları hesaplanır. Test istatistikleri (W0, W50 ve W10), (24, 300) serbestlik dereceli Snedecor F tablosu ile karşılaştırılarak "birimlerin varyansı eşittir" şeklinde kurulan H_0 hipotezi kabul ya da reddedilir. Reddedilirse modelde heteroskedasite olduğu şeklinde yorumlanır.

4.3.4. Otokorelasyon

Otokorelasyon veya ardışık bağımlılık, ekonometride kullanılan zaman serileri veya kesit serileri şeklinde peş peşe dizilen gözlemler arasında bir ilişki olması anlamına gelmektedir. Otokorelasyon, birden fazla değişken arasındaki ilişkiyi değil, aynı değişkenin ardışık değerleri arasındaki ilişkiyle ilgilidir. EKK metodunda kabul edilen varsayımlardan biri rassal değişken u_i 'nin ardışık değerlerinin birbirinden bağımsız olduğudur. Yani u_i 'nin herhangi bir dönemde aldığı değer daha önceki bir dönemden etkilenmemektedir. Bu durum $E(u_i, u_j) = 0$ şeklinde gösterilebilir. Otokorelasyon şu sebeplerle ortaya çıkar (Kutlar, 2012:232);

- Dışlanmış açıklayıcı değişken: ardışık bağımlılık eğilimi olan değişkenlerden biri açıklayıcı değişkenlerden dışlanırsa u_i rassal değişkeni bundan etkilenecektir.
- Makro büyüklüklerdeki hareket benzerliği: Bazı ekonomik zaman serilerinde canlanma ve durgunluk dönemlerinde değişkenler arasında bir hareket birliği oluşur.
- Modelin matematiksel kalıbının yanlış kurulması.

- Gecikmeler: Zaman serileri uzun dönem konjonktürel etkileri içermekte ve davranış kalıpları devam etmektedir. Bu sebeple bağımlı değişkenin gecikmeli değerinin açıklayıcı değişken olduğu otoregresif modellerde, bu sorun ortaya çıkabilir.
- Verilerin manipüle edilmesi: Bazı zaman serileri için ay ya da günlere inen verileri elde etmek zor olduğu için toplam değerler üzerinden dönüştürülürler. Böyle bir durumda verilerin pürüzsüzlüğü otokorelasyona sebep olur.

Otokorelasyonun varlığını sınamak için Baltagi-Wu'nun Yerel En İyi Değişmez Testi ile Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin-Watson Testi kullanılacaktır. Baltagi-Wu'nun Yerel En İyi Değişmez (LBI) Testinde, " $H_0: \rho=0$ " şeklindeki temel hipotez, " $H_{a1}: \rho>0$ " ya da " $H_{a1}: \rho<0$ " alternatiflerine karşı test edilir. Burada ρ ; ana kütle otokorelasyon katsayısıdır. Diğer otokorelasyon testi olan Bhargava, Franzini ve Narendranathan'ın Durbin-Watson Testinde " $H_0: \rho=0$ (otokorelasyon yoktur)" hipotezi, " $H_a: |\rho|<1$ " alternatif hipotezine karşı test edilir (Tatoğlu, 2018a:223).

4.3.5. Birimler Arası Korelasyon

Literatürde "yatay kesit bağımlılık" ya da "uzamsal korelasyon" olarak da adlandırılan birimler arası korelasyon, panel veri modelinin her birimi için hesaplanan hata terimlerinin birbiriyle ilişkili olması durumunda ortaya çıkar. Özellikle ülke, bölge ve şehir gibi birimlerden oluşan veri setlerinde birimler arası korelasyon sorunu beklenebilmektedir. Bu durumda modelin doğruluğu açısından, birimler arası korelasyonun varlığına yönelik test yapılarak, olması durumunda uygun bir tahminci kullanmak gerekir (Tatoğlu, 2018a:9).

Birimler arası korelasyonun varlığını sınamak için çalışmada Pesaran'ın Testi, Friedman'ın Testi ve Frees'in Testi kullanılacaktır. Pesaran'ın Testi (2004), $N>T$ olduğu zamanda bile birimler arası korelasyonun varlığını test etmektedir. Birimler arası korelasyon, Friedman tarafından 1937'de geliştirilen diğer bir test ile de sınanabilmektedir. Spearman'ın rank korelasyon katsayısı kullanılarak hesaplanan bu test parametrik değildir. Frees tarafından 1995'te önerilen test ise rank korelasyon katsayılarının karelerinin toplamına dayanmakta ve Q dağılımına uymaktadır. Frees'in Test istatistiği kritik değerden büyük olduğunda hipotez reddedilmekte ve birimler arası korelasyon olduğu anlaşılmaktadır.

4.3.6. Otoregresif Model

Birçok ekonomik ilişki doğası gereği dinamiktir, bir başka deyişle büyük ölçüde geçmiş dönemlerdeki deneyimlerin ya da davranışların etkisi altındadır. Dinamik panel veri modelleri, bu etkiyi dikkate alan, yani modelde değişkenlerin gecikmeli değerlerinin yer aldığı modellerdir. Dinamik panel denilince genelde akla ilk olarak otoregresif modeller, yani bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin bağımsız değişken olarak dâhil edildiği modeller gelmektedir. Literatürde yer alan Kim ve Heo (2016), Marques ve Fuinhas (2011) ve Zhang (2013) tarafından yapılan çalışmalarda dinamik panel modeli esas alınmıştır. Bir gecikme ile otoregresif panel veri modeli matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Baltagi, 2005:135).

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + x'_{it}\beta + u_{it} \quad i=1,...,N; t=1;...T \quad (10)$$

$$(u_{it} = \mu_{it} + v_{it})$$

Formülde; Y_{it-1} , bağımlı değişkenin gecikmeli değerini, x'_{it} , 1xK boyutundaki bağımsız değişken vektörünü; β , Kx1 boyutundaki katsayılar matrisini; u_{it} , hata terimini (μ_{it} , gözlemlenemeyen bireysel etkiyi; v_{it} , bireylere ve zamana göre değişen geri kalan hatayı) göstermektedir.

Y_{it} , μ_{it} 'nin bir fonksiyonu olduğundan eşitliğin sağ yanında bağımsız bir değişken olarak tanımlanan Y_{it-1} de μ_{it} 'nin fonksiyonudur. Bu durumda Y_{it-1} ile hata terimi arasında korelasyon bulunduğundan EKK tahmin edicisi sapmalı ve tutarsız olur. Sabit etkiler modeli tahmincisi de T'nin N'ye göre çok büyük olduğu durumlar haricinde sapmalı ve tutarsız olacaktır. Sapma, δ arttıkça artar, T arttıkça azalır. T=30 olduğu durumda bile %20'ye kadar sapma görülmektedir. Rassal etkiler modeli tahmincisi de dinamik panel veri modelinde sapmalı olacaktır. Anderson ve Hsiao (1981), μ_i birim etkileri modelden atmak için modelin ilk farkını almayı, sonra da Y_{it-2} 'yi, $\Delta Y_{it-1} = (Y_{it-1} - Y_{it-2})$ için bir araç değişken olarak kullanmayı önermişlerdir. Bu tahmin yöntemi tutarlı olmakla birlikte birinci fark hata terimindeki otokorelasyonu ihmal ettiği için etkin değildir. Arellano ve Bond (1991), Anderson ve Hsiao (1982) tahmin edicisinden daha verimli olan Genelleştirilmiş Momentler Yöntemini (GMM) önermiştir. Arellano ve Bond, dinamik panel veri modelinde, gecikmeli y_{it} değerleri ile v_i hata terimi arasında var olan ortogonalite koşullarının kullanılması halinde ek araçların elde edilebileceğini iddia etmektedir. Arellano ve Bover (1995) tarafından bu tahmin yöntemi geliştirilerek sistem GMM yöntemi önerilmiş, Blundell ve Bond (1998) tarafından da sistem GMM tahmin yöntemi genişletilmiştir. İki sistemli bir eşitlik kurulan Sistem GMM

tahmincisi, birden fazla araç değişken kullanımına izin vererek etkinliği artırmaktadır (Baltagi, 2005:136).

GMM tahmincilerin etkinliği için gerekli koşullardan ilki modelde ikinci mertebeden otokorelasyonun (AR2) olmamasıdır. Çalışmada, otokorelasyonu sınamak için Arellano ve Bond (1991) tarafından dinamik panel veri modeli için geliştirilen test kullanılacaktır. Bu test, otokorelasyon olmadığına dair boş bir hipoteze sahiptir ve farkları alınmış kalıntılara uygulanır. GMM yaklaşımının diğer bir varsayımı, modeldeki araç değişkenlerin geçerli olup olmadığıdır. Bunu sınamak için kullanılan Sargan Testinde, “Ho: Aşırı tanımlama kısıtları geçerlidir.” Şeklindeki hipotez, olasılık değeri yüksekse kabul edilecektir.

4.4. Ekonometrik Model

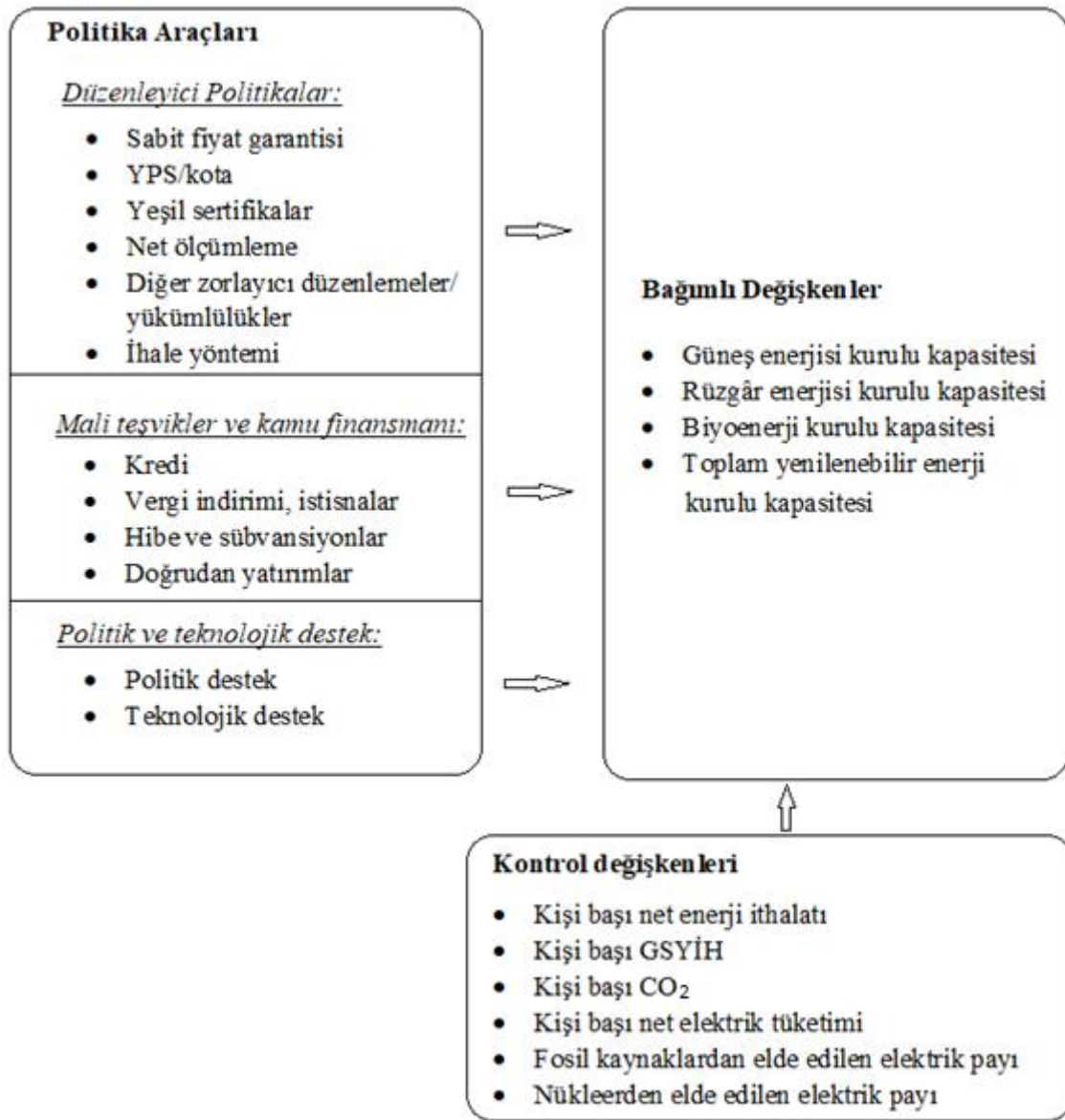
Literatürde yer alan çalışmalarda bağımlı değişken olarak genelde yenilenebilir elektrik üretiminin/kapasitenin toplam üretim/kapasite içindeki payı (Carley, 2009; Aguirre ve Ibikunle, 2014; Marques vd.,2010; Kılınç-Ata, 2016; Shrimali ve Kneifel, 2011; Marques ve Fuinhas, 2011), toplam/kümülatif kurulu kapasite (Dong, 2012; Bolkesjø vd., 2014; Liu vd., 2019; Menz ve Vachon, 2006; Polzin vd., 2015), kapasiteye ilaveler (Jenner, 2013; Zhang 2013) ve yenilenebilir elektrik üretimi (Carley, 2009; Nicolini ve Tavoni, 2017; Kim ve Heo, 2016) kullanılmıştır. Yenilenebilir elektrik üretimi, dönemsel olarak dalgalanan talebe göre ayarlanabilmesi ve ekonomik koşullardan daha kolay etkilenmesi nedeniyle politikaların sonuçlarını tam olarak yansıtamayacağı endişesiyle çalışmada tercih edilmemiştir. Kurulu kapasiteye ilaveler de kimi dönemlerde (-) değerler alacağından, logaritmik dönüştürme işleminde veri atlanmasına neden olabilmektedir.

Yenilenebilir elektrik kurulu kapasitesi diğerlerine nispeten dönemlik talepten ve ekonomik koşullardan çok az etkilendiğinden bağımsız değişken olarak tercih edilmiştir. Çalışmada kurulacak modellerde, belirli bir yıl ve ülke için güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji ve hidro hariç toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitelerinin logaritmik değerleri olmak üzere 4 farklı bağımlı değişken kullanılacaktır. Hidroenerji ise uzun yıllardır kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağı olmakla birlikte, hidroelektrik yatırımlarının çevresel ve sosyoekonomik tahribatının boyutunun, enerji üretimi faydasının üzerine çıkması durumunda, sürdürülebilirlikten söz etmek mümkün değildir. Ayrıca pek çok OECD ülkesinde hidroenerji potansiyel kapasite sınırına yaklaşmaktadır. Yenilenebilir enerji politikaların etkinliği üzerine literatürde yer alan çalışmalarda da hidroenerji, kurulan modellere dâhil edilmemiş, çevreye en az düzeyde zararı olan güneş ve rüzgâr başta olmak üzere diğer yenilenebilir enerji kaynakları için analizler yapılmıştır. Bu nedenle çalışmada

hidroenerji kapasitesi modele dâhil edilmemiştir. Kurulu kapasite verileri IEA/IRENA veri bankasından elde edilmiştir.

Açıklayıcı değişkenler; politika araçları ve kontrol değişkenleri olarak ayrılmıştır. Politika araçları değişkenleri olarak sabit fiyat/prim garantisi, kota/yenilenebilir portföy standartları, yeşil sertifikalar, net ölçümleme, ihale yöntemi, diğer zorlayıcı düzenlemeler/yükümlülük programları/standartlar gibi düzenleyici politikalar; doğrudan yatırım, hibe ve sübvansiyonlar, krediler, vergi indirim, istisna ve muafiyetleri gibi mali teşvikler ile politik ve teknolojik destek kukla değişkenle temsil edilmiştir. İlgili ülkede, ilgili yılda ve ilgili teknoloji için uygulanan toplam 11 adet politika önlemi için uygulandığı yılda 1, uygulanmayan yılda 0 değeri verilmiştir. Her bir yenilenebilir enerji teşvik politikası önleminin yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşmasına olumlu katkı sağlaması beklenmektedir. Veriler IEA/IRENA politikalar ve önlemler veri bankasından elde edilmiştir.

Kontrol değişkenleri olarak, literatürde en çok kullanılan kişi başı net enerji ithalatı, kişi başı net elektrik tüketimi, kişi başı GSYİH artış hızı, kişi başı CO₂ emisyon miktarı ve fosil kaynaklardan (petrol, doğalgaz ve kömür) ve nükleerden elde edilen elektriğin toplam içindeki payı alınmıştır. Kuruluş işlemleri ve izin alma süreci gibi hususlar nedeniyle politika önlemlerinin kurulu kapasite üzerinde hemen etkide bulunamaması nedeniyle, politika önlemleri ve diğer kontrol değişkenlerinin, 1 yıl gecikmeli değerleri kullanılacaktır. Modelde yer alan değişkenler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Model Değişkenleri

Kontrol değişkenlerinin beklenen işaretleri ve verilere ilişkin açıklamalar şu şekildedir:

- Kişi başı net enerji ithalatı: Ülkenin enerjide dışa bağımlılık düzeyini gösterdiğinden artış gerçekleştiğinde, ülkelerin enerji bağımsızlığını sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmeye daha fazla ilgi göstermeleri beklenmektedir.
- Kişi başı net elektrik tüketimi: Elektrik tüketiminin artması bir gelişme göstergesidir. Artan tüketim talebi yenilenebilir tesislerin kapasitesi artırılarak sağlanabileceği gibi, fosil yakıtlara daha fazla yatırım da yapılabilir. Burada karar vericilerin ve toplumun çevresel sorunlara bakış açısı ve ekonomik koşullar etkilidir.

- Kişi başı GSYİH: GSYH'nin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde pozitif etkisi beklenmektedir. Kişi başı gelir arttıkça, temiz enerji yatırımları için ödeme yapma ve politikaları destekleme isteği artacaktır. Bu nedenle kişi başına düşen yüksek gelir seviyelerinin teşvik, toplam yenilenebilir çıktı ve kurulu kapasite açısından daha yoğun yenilenebilir enerji kullanımına yol açmasını beklenmektedir.
- Kişi başı CO₂ emisyon miktarı: Yüksek emisyon seviyeleri, oluşturacağı çevresel baskı sonucunda yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını zorlayarak, kurulu kapasite üzerinde olumlu bir etki sağlaması beklenmektedir. Öte yandan, literatürde genellikle işaret olumsuz bulunmuştur.
- Fosil kaynaklardan (petrol, doğalgaz ve kömür) elde edilen elektrik üretimi: Fosil kaynakların elektrik piyasasındaki göreceli önemini ve fosil yakıt lobisinin gücünü test etmek için modele dâhil edilmiştir. İşaret negatif olarak beklenmektedir.
- Nükleerden elde edilen elektrik üretimi: Nükleerin elektrik piyasasındaki göreceli önemini test etmek için modele dâhil edilmiştir. İşaret negatif olarak beklenmektedir.

Tablo 4.4 Modelde Kullanılan Değişkenler, İstatistikler ve Kaynaklar

Değişkenler Tanımlama		Göz.	Mod	St.Sap.	Min.	Maks.	Kaynak
Bağımlı Değişkenler							
BIYO	Biyoenerji kurulu kapasitesi (GWh)	720	1.127,5	2.115,5	0	12.969,0	IEA/IRENA
GÜNEŞ	Güneş enerjisi kurulu kapasitesi (GWh)	720	2.284,5	7.401,6	0	61.526,5	IEA/IRENA
RÜZGÂR	Rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi (GWh)	720	3.971,5	10.692,2	0	103.570,9	IEA/IRENA
TOPLAM	Toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi (Hidro hariç) (GWh)	720	7.562,5	18.751,9	0	179.257,6	IEA/IRENA
Açıklayıcı Değişkenler							
<i>Politika araçları</i>							
DOĞ	Doğrudan yatırımlar				0	1	IEA/IRENA
SFG	Sabit fiyat/prim garantisi				0	1	IEA/IRENA
HİBE	Hibe ve sübvansiyonlar				0	1	IEA/IRENA
KRE	Krediler				0	1	IEA/IRENA
VER	Vergi teşvikleri				0	1	IEA/IRENA

SERT	Yeşil sertifikalar	0	1	IEA/IRENA			
POL	Politik destek	0	1	IEA/IRENA			
YÜK	Yükümlülük politikaları	0	1	IEA/IRENA			
ARGE	Araştırma geliştirme	0	1	IEA/IRENA			
NET	Net ölçümleme	0	1	IEA/IRENA			
İHA	İhale	0	1	IEA/IRENA			
<i>Kontrol değişkenleri</i>							
İTH	Kişi başı net enerji ithalatı (GWh)	684	0,5	7,1	- 46,1	10,1	IEA/EIA
TÜK	Kişi başı net elektrik tüketimi (GWh)	684	8,3	7,5	1,5	54,4	IEA/EIA
GSYİH	Kişi başı GSYİH (2010, ABD Doları)	684	37.016,6	21.925,5	6.928,3	111.968,4	WB
CO ₂	Kişi başı emisyon miktarı (ton)	684	8,3	4,1	2,8	24,7	IEA/EIA
FOS	Fosil kaynaklardan elektrik üretim payı (%)	684	53,2	30,8	0,01	150,7	IEA/EIA
NUK	Nükleerden elektrik üretim payı (%)	684	16,6	21,6	0,01	84,1	IEA/EIA

OECD ülkeleri ve Türkiye’de 2000-2019 yılları arasında uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi üzerindeki etkilerini analiz etmek üzere kurulan ekonometrik model şu şekildedir;

$$YEKK_{ijt} = \beta_0 + \sum_{p=1}^p \beta_p P_{pijt-1} + \sum_{k=1}^k \delta_k K_{kit-1} + d_i + d_t + \varepsilon_{ijt-1} \quad (11)$$

Modelde;

- $YEKK_{ijt}$: ‘i’ ülkesinde, ‘j’ yenilenebilir enerji türünün (*güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji, toplam yenilenebilir enerji*) kurulu kapasitesinin ‘t’ yılındaki değerini,
- $\mathbf{P}$: ‘p’ politika değişkeni vektörünü,
- β_p : İlgili politika değişkeninin katsayısını,
- $\mathbf{K}$: ‘k’ kontrol değişkeni vektörünü,
- δ_k : İlgili kontrol değişkeninin katsayısını,
- d_i, d_t : Sırasıyla ülke ve yıl kukla değişkenlerini,
- ε_{ijt-1} : Hata terimini göstermektedir.

Diğer taraftan yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi kümülatif bir değer olup, yapılan sabit yatırımlar izleyen dönemleri de etkileyebilmektedir. Bu nedenle literatürde yer alan bazı çalışmalarda (Kim ve Heo, 2016; Marques ve Fuinhas, 2011 ve Zhang, 2013) dinamik panel modeli esas alınmıştır. Çalışmada kurduğumuz statik modelin yanı sıra kontrol değişkenleri yönünden, bir önceki dönem yenilenebilir enerji kurulu kapasitesinin ($YEKK_{ijt-1}$) açıklayıcı değişken olarak eklendiği 2 no.lu modelde gösterilen Otoregresif Model sonuçları da yorumlanacaktır.

$$YEKK_{ijt} = YEKK_{ijt-1} + \sum_{k=1}^k \delta_k K_{kit-1} + \varepsilon_{ijt-1} \quad (12)$$

4.5. Modele İlişkin Testler

Açıklayıcı değişkenler arasında ilişkilerin yüksek olması çoklu doğrusal bağlantı problemini göstereceğinden model tahmin sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz etkileyecektir. Modellerde iki değişken arasında 0,8'den büyük olacak şekilde korelasyon varsa, analizlerde çoklu doğrusal bağlantı sorunu ortaya çıkabilir. Modeldeki kontrol değişkenlerinin arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla oluşturulan korelasyon matrisi Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Korelasyon matrisi incelendiğinde kontrol değişkenleri arasında modeli etkileyecek kadar yüksek ilişkinin olmadığı gözükmemektedir.

Tablo 4.5 Korelasyon Matrisi

	İTH	GSYİH	TÜK	CO ₂	FOS	NUK
İTH	1					
GSYİH	0,003	1				
TÜK	-0,165	0,527	1			
CO ₂	0,186	0,243	-0,478	1		
FOS	-0,533	-0,020	0,290	-0,531	1	
NUK	-0,163	0,170	0,107	-0,153	0,351	1

Modelin Klasik Modelin şartlarına uygun olup olmadığı yani, birim ya da zaman etkisi içerip içermediğini sınamak için modelde F Testi, Olabilirlik Oranı (LR) Testi ve Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı (LM) Testi uygulanmıştır.

Tablo 4.6 F, LR ve LM Testleri

	F		LR		LM	
	Chi2	Prob.	Chi2	Prob.	Chi2	Prob.
BİYO	129,44	0,0000	1.014,39	0,0000	2.961,15	0,0000
GÜNEŞ	41,81	0,0000	438,12	0,0000	358,22	0,0000
RÜZGÂR	79,54	0,0000	751,80	0,0000	1.618,72	0,0000
TOPLAM	80,87	0,0000	804,58	0,0000	2.370,51	0,0000

Tablo 4.6’da verilen test sonuçlarına göre yenilenebilir enerji türlerinin tamamı için p değeri 0,05’ten küçük olduğundan, birim etkinin olmadığını varsayan klasik modelin uygun olduğuna ilişkin hipotez reddedilmektedir. Bu durumda model birim etki içermekte olup, klasik model uygun olmadığından sabit etkiler ya da rassal etkiler modeli tahmin yöntemlerinden birisi tercih edilmelidir. Hangi yöntemin daha etkili olduğu konusunda bir karar vermek için yapılan Hausman testi sonuçları Tablo 4.7’de gösterilmiştir. Sonuca göre önsel olarak öngörüldüğü üzere sabit etkiler modeli daha etkili bulunmuştur.

Tablo 4.7 Hausman Testi

	Hausman	
	Chi2	Prob.
BİYO	51,61	0,0000
GÜNEŞ	163,48	0,0000
RÜZGÂR	90,83	0,0000
TOPLAM	83,10	0,0000

Modelde heteroskedasitenin varlığını sınamak için sabit etkiler modelinde modifiye edilmiş Wald Testi, otokorelasyon olup olmadığı için Baltagi-Wu’nun Yerel En İyi Değişmez Testi ile Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın Durbin-Watson Testi kullanılmıştır. Birimler arası korelasyon, Pesaran’ın Testi, Friedman’ın Testi ve Frees’in Testi ile sınanmıştır.

Tablo 4.8 Modele İlişkin Testler

Test	Güneş	Rüzgâr	Biyoenerji	Toplam YE
Pesaran	8,67***	22,10***	7,29***	17,62***
Friedman	12,81	33,88	-	115,23***
Frees	8,29***	6,77***	-	7,40***
Modified Wald	2.516,46***	6.448,31***	12.787,76***	8.580,09***
Durbin-Watson	0,45	0,37	0,50	0,32
Baltagi-Wu LBI	0,63	0,59	0,68	0,47

*** %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 4.8’de görüleceği üzere, birimler arası korelasyonun varlığını sınamak için kullanılan Pesaran, Friedman ve Frees’in testlerine göre “birimler arası korelasyon (yatay kesit bağımlılık) yoktur” şeklinde kurulan H_0 hipotezi reddedilmekte, birimler arası korelasyonun bulunduğu kabul edilmektedir. Heteroskedasitenin varlığını sınamak için kullanılan modifiye edilmiş Wald testine göre sabit varyansı ifade eden H_0 hipotezi reddedilmekte, değişen varyans sorunun bulunduğu kabul edilmektedir. Otokorelasyon için uygulanan Bhargava, Franzini ve Narendranathan’ın DW testi ve Baltagi-Wu tarafından önerilen LBI test istatistiklerine göre her iki test için de değerler kritik değer 2’den küçük

olduğundan modelde “birinci mertebeden otokorelasyon vardır” yorumu yapılabilir. Yapılan test sonuçlarına göre bütün enerji türleri için yatay kesit bağımlılığı, heteroskedite ve otokorelasyon sorunları vardır. Bu nedenle modeller, söz konusu sorunların yol açacağı sapmalara karşı geliştirilen Driscoll-Kraay dirençli standart tahmincisi ile tahmin edilmiştir.

4.6. Ampirik Bulgular

4.6.1. Sabit Etkiler Modeli

Çalışmanın 4.5. bölümünde açıklandığı üzere, kurulan ekonometrik modeller için uygulanan Hausman testinde, önsel olarak da öngörüldüğü gibi sabit etkiler modelinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Her bir model için R^2 ve F/Wald istatistik değerlerine göre bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama gücü yüksektir. İlk olarak güneş enerjisi kurulu kapasitesi modeli regresyon sonuçları Tablo 4.9’da gösterilmiştir. Hausman testine göre uygun bulunan sabit etkiler modelinde teşvik politikası araçlarından sabit fiyat/prim garantisi, vergi teşvikleri ve yeşil sertifikalar ile güneş enerjisi kurulu kapasitesi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki vardır. Politik destek, yükümlülük politikaları, net ölçümleme ve ihale ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olsa da işaretleri beklenenin aksine negatiftir. Kontrol değişkenlerinden net elektrik tüketimi ile nükleer elektrik üretim payı işareti beklenenin aksine negatif, CO₂ emisyon miktarının ise beklendiği üzere pozitif bulunmuştur.

Tablo 4.9 Güneş Enerjisi Modeli Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Sabit Etkiler
Doğrudan yatırımlar	-0,19 (-0,79)
Sabit fiyat/prim garantisi	0,89*** (2,89)
Hibe ve sübvansiyonlar	-0,28 (-1,3)
Krediler	-0,24 (-1,1)
Vergi teşvikleri	0,38* (1,85)
Yeşil sertifikalar	0,63** (2,23)
Politik destek	-1,46** (-2,68)
Yükümlülük politikaları	-0,68** (-3,13)
Araştırma geliştirme	-0,01 (-0,02)
Net ölçümleme	-0,61*** (-4,78)
İhale	-1,04*** (-6,18)
Kişi başı net enerji ithalatı	-0,68 (-0,42)
Kişi başı GSYİH	2,93 (1,14)
Kişi başı net elektrik tüketimi	-4,17*** (-4,05)
Kişi başı CO ₂ emisyon miktarı	0,99 (0,96)
Fosil yakıtlar elektrik üretim payı	-0,38 (-1,26)
Nükleer elektrik üretim payı	-0,12** (-2,5)
F/Wald	1161,52***
R^2	0,9223

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Parantez içi ifadeler ilgili değişkenlerin t-istatistiklerini göstermektedir.

Biyoenerji kurulu kapasitesi model sonuçlarının gösterildiği Tablo 4.10'daki sonuçlara göre, kurulu kapasite üzerinde, uygun bulunan sabit etkiler modeli için doğrudan yatırımlar, sabit fiyat/prim garantisi, hibe ve sübvansiyonlar, vergi teşvikleri ve yeşil sertifika politikaları olumlu etkiye sahiptir. Bununla birlikte politik destek beklenenin aksine negatif işarete sahiptir. Kontrol değişkenlerinden CO₂ emisyon miktarındaki artış ile nükleer elektrik üretim payındaki artış kapasiteyi olumlu etkilerken, net elektrik tüketimindeki artış olumsuz etkide bulunmaktadır.

Tablo 4.10 Biyoenerji Kurulu Kapasitesi Modeli Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Sabit Etkiler
Doğrudan yatırımlar	0,12* (1,76)
Sabit fiyat/prim garantisi	0,07** (2,26)
Hibe ve sübvansiyonlar	0,18* (1,7)
Krediler	-0,01 (-0,23)
Vergi teşvikleri	0,36*** (3,31)
Yeşil sertifikalar	0,40** (2,29)
Politik destek	-0,14*** (-2,78)
Yükümlülük politikaları	-0,01 (-0,1)
Araştırma geliştirme	-0,12 (-0,98)
Net ölçümleme	-0,08 (-1,15)
İhale	-0,12 (-1,32)
Kişi başı net enerji ithalatı	-0,02 (-0,3)
Kişi başı GSYİH	0,77 (1,49)
Kişi başı net elektrik tüketimi	-1,94*** (-3,98)
Kişi başı CO ₂ emisyon miktarı	0,69*** (2,73)
Fosil yakıtlar elektrik üretim payı	0,06 (1,47)
Nükleer elektrik üretim payı	0,03* (1,79)
F/Wald	4107,64***
R ²	0,8867

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Parantez içi ifadeler ilgili değişkenlerin t-istatistiklerini göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi model sonuçları Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Vergi teşvikleri, yeşil sertifikalar, politik destek, araştırma geliştirme ve ihale politikaları rüzgâr enerjisi kapasitesini artırmada en etkili politikalar olmuşlardır. Rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi modelinde kontrol değişkenlerinin hiçbirisi anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 4.11 Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasitesi Modeli Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Sabit Etkiler
Doğrudan yatırımlar	-0,12 (-1,5)
Sabit fiyat/prim garantisi	-0,01 (-0,16)
Hibe ve sübvansiyonlar	-0,01 (-0,46)
Krediler	0,18 (1,38)
Vergi teşvikleri	0,37*** (4,35)
Yeşil sertifikalar	0,12* (1,7)

Politik destek	0,45*** (2,81)
Yükümlülük politikaları	0,03 (0,64)
Araştırma geliştirme	0,26** (2,65)
Net ölçümleme	0,26 (1,3)
İhale	0,15* (1,89)
Kişi başı net enerji ithalatı	-0,01 (-0,19)
Kişi başı GSYİH	0,08 (0,17)
Kişi başı net elektrik tüketimi	1,24 (1,39)
Kişi başı CO ₂ emisyon miktarı	-0,45 (-0,79)
Fosil yakıtlar elektrik üretim payı	0,24 (1,56)
Nükleer elektrik üretim payı	0,03 (0,79)
F/Wald	4279,20***
R ²	0,9266

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Parantez içi ifadeler ilgili değişkenlerin t-istatistiklerini göstermektedir.

Toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi model sonuçları Tablo 4.12’de gösterilmiştir. Sabit etkiler modelinde sabit fiyat/prim garantisi, vergi teşvikleri, yeşil sertifikalar ve araştırma geliştirme politikaları anlamlı ve olumlu bir etkiye sahipken, doğrudan yatırımlar ve yükümlülük politikaları negatif işarete sahip politikalardır. Kontrol değişkenlerinden kişi başı net enerji ithalatı sabit etkiler modeli için kurulu kapasite üzerinde olumlu etkiye sahipken net elektrik tüketimi negatif işarete sahiptir.

Tablo 4.12 Toplam Yenilenebilir Enerji Modeli Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Sabit Etkiler
Doğrudan yatırımlar	-0,11** (-2,23)
Sabit fiyat/prim garantisi	0,12** (2,49)
Hibe ve sübvansiyonlar	-0,02 (-0,41)
Krediler	0,02 (0,28)
Vergi teşvikleri	0,3** (2,7)
Yeşil sertifikalar	0,1** (2,26)
Politik destek	0,07 (0,62)
Yükümlülük politikaları	-0,25*** (-4,07)
Araştırma geliştirme	0,27*** (3,54)
Net ölçümleme	-0,07 (-1,1)
İhale	-0,05 (-0,7)
Kişi başı net enerji ithalatı	0,17*** (2,89)
Kişi başı GSYİH	1,02* (1,88)
Kişi başı net elektrik tüketimi	-0,86** (-2,26)
Kişi başı CO ₂ emisyon miktarı	0,36 (1,04)
Fosil yakıtlar elektrik üretim payı	-0,06 (-0,82)
Nükleer elektrik üretim payı	0,01 (0,18)
F/Wald	5508,86***
R ²	0,9534

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Parantez içi ifadeler ilgili değişkenlerin t-istatistiklerini göstermektedir.

Sabit etkiler model sonuçları, işaret ve anlamlılık düzeylerine göre kısaca Tablo 4.13'te gösterilmiştir. SFG politikaları ve yeşil sertifika uygulamaları rüzgâr enerjisi hariç diğer modeller için anlamlı ve pozitif işarete sahiptir. Hibe ve sübvansiyonlar sadece biyoenerji için anlamlı ve olumlu bir etkiye sahiptir. Vergi teşvikleri ise tüm modeller için anlamlı bulunmuş olup, yenilebilir enerji kapasitelerinin tamamında olumlu yönde etkide bulunmaktadır. Araştırma geliştirme politikaları rüzgâr ve toplam yenilenebilir enerji modelleri için pozitif işarete sahipken, politik destek sadece rüzgâr enerjisi modelinde anlamlı bir pozitif işaret almıştır. Diğer taraftan politik destek güneş ve biyoenerji modellerinde beklenenin aksine negatif bir etki göstermiştir. Doğrudan yatırımlar ve yükümlülük politikalarının toplam yenilenebilir enerji kapasitesi için olumsuz bir etkisi görünürken, yükümlülük politikaları, net ölçümleme ve ihale yöntemi güneş enerjisi kapasitesi üzerinde olumsuz bir etkide bulunmuştur.

Tablo 4.13 Regresyon Sonuçları İşaret ve Anlamlılık Düzeyleri

Politika Araçları	Güneş	Biyo	Rüzgâr	Toplam
DOĞ	-	+/*	-	-/**
SFG	+/**	+/**	-	+/**
HİBE	-	+/*	-	-
KRE	-	-	+	+
VER	+/*	+/**	+/**	+/**
SERT	+/**	+/**	+	+/**
POL	-/**	-/**	+/**	+
YÜK	-/**	-	+	-/**
ARGE	-	-	+/**	+/**
NET	-/**	-	+	-
İHA	-/**	-	+/*	-
İTH	-	-	-	+/**
GSYİH	+	+	+	+/*
TÜK	-/**	-/**	+	-/**
CO ₂	+	+/**	-	+
FOS	-	+	+/*	-
NUK	-/**	+/*	+	+

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda (Örn. Marques vd., 2019) tarife politikaların etkin olmadığı bu nedenle artık vazgeçilmesi gerektiği yönünde bulgular olsa da çoğu çalışmada (Örn. Jenner, 2013; Johnstone vd., 2010; Kılınç-Ata, 2016; Polzin, 2015; Nicolini ve Tavoni, 2017; Liu vd., 2019; Kim ve Heo, 2016; Dong, 2012; Bolkesjø vd., 2014) etkili olduğu ve etkin şekilde uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ampirik model

sonuçlarına göre literatürde yer alan çoğu çalışma ile uyumlu şekilde sabit fiyat/prim garantisi politikaları güneş, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi ile anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahip bulunmuştur. Rüzgâr enerjisi yönünden ise Johnstone vd. (2010) ve Zhang (2013)'ın çalışmalarına benzer şekilde anlamsız bir ilişki bulunmuştur. Bunun sebebinin, rüzgâr enerjisinin güneş enerjisine göre verim açısından daha istikrarsız olması ve güneş enerjisinde maliyetlerin giderek düşmesi olduğu değerlendirilmektedir. Sabit tarifeler güneş enerjisi için yatırımcılara olumlu bir sinyal verirken, rüzgâr enerjisi yönünden yeterli motivasyon sağlamamıştır. Genel olarak sonuçlar, doğru uygulandığında sabit fiyat/prim garantisi politikaları ile yenilenebilir enerji kapasitesi arasında pozitif bir ilişki olduğuna dair yeterli kanıt sunmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre hibe ve sübvansiyonlar sadece biyoenerji kurulu kapasitesi ile istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahiptir. Güneş, rüzgâr ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde ise işaret negatif bulunmuş olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görünmemektedir. Hibe ve sübvansiyonlar, doğrudan kamu bütçesi imkanlarına bağlı olduklarından, projelerin finansman maliyetini geçici olarak azaltabilir. Dolayısıyla bu durum diğer politikalara göre (Örn. SFG) daha istikrarsız olmalarına yol açar. Başarılı bir hibe ve sübvansiyon mekanizması için, bu fonların doğru yerlere aktarılmasının yanı sıra sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik hükümette güçlü bir isteklilik olmalıdır. Ancak bulunan sonuçlar, Polzin vd. (2015) çalışmasına benzer şekilde hibe ve sübvansiyonların yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde beklenen etkiyi göstermediğini, sabit fiyat/prim garantisi politikalarının ise yatırımcılar açısından daha güvenilir ve uzun vadeli bir işaret sağladığını ortaya koymaktadır.

Analiz sonuçları, vergi teşviklerinin tüm yenilenebilir enerji türleri ve toplam yenilenebilir enerji için anlamlı ve olumlu yönde etki eden tek politika aracı olduğunu göstermektedir. Bu yönüyle çalışmanın bulguları kurumsal yatırımcıların vergisel açıdan optimize edilmiş bir yapıları olması nedeniyle vergi teşviklerinin etkili olamayacağı yönündeki Polzin vd. (2015)'in bulguları ile çelişmektedir. Çalışmanın sonuçları ise; vergi indirim ve istisnaları ile birlikte ABD gibi gelişmiş ülkelerde önemli bir politika aracı olarak kullanılan vergi kredisi politikalarının, özellikle yüksek vergi yüklerine sahip yatırımcılar için yenilenebilir enerji sektörünü cazip hale getirdiğini ortaya koymaktadır.

Sonuçlara göre YPS gibi yükümlülük politikaları, güneş ve toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi üzerinde olumsuz yönde etkiye sahiptir. YPS politikaları çeşitli şekillerde tasarlanabilen politikalar olup, bu politikalar ile istenilen hedeflere ulaşmada tasarım detayları önemlidir. Bu politikanın etkili olabilmesi için oturmuş bir yeşil sertifika piyasasının

bulunması ve yaptırımların caydırıcı olması gerekir. Aksi takdirde piyasadaki firmalar yükümlülüklerini yerine getirmektense yaptırımı tercih edebilirler. Ayrıca sabit fiyat garantisinin daha uzun bir geçmişe sahip olması ve YPS'den daha olgun bir politika aracı olmasından dolayı daha etkili olduğu değerlendirilmektedir. Sonuçlar bu yönüyle Dong (2012)'un ve Kılınç-Ata (2016)'nın çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Model sonuçlarına göre yeşil sertifika politikasının, güneş, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi ile anlamlı ve olumlu bir ilişkiye sahip olduğu bulunmuştur. Rüzgâr içinse anlamlı ve olumlu bir ilişki bulunmamıştır. Bu nedenle sonuçlar Johnstone vd. (2010)'nin sonuçları ile çelişmektedir. Yeşil sertifika hedeflerinin üreticilere hangi teknolojiyi kullanacaklarını seçme imkânı vermesi nedeniyle, özellikle güneş enerjisinde son dönemlerde maliyetlerin rüzgâr teknolojisine göre daha yüksek oranda düşmesi yatırımların bu alana kaymasında etkili olmuş görünmektedir.

Analize göre kredi politikaları sabit etkiler modelinde tüm yenilenebilir enerji türleri için anlamlı bir sonuç vermemektedir. Bu durum kredi politikalarının tek başına yenilenebilir enerji sektörüne yatırım yapmayı cazip hale getiremediğini göstermekte, diğer politikalar ile birlikte kullanıldığında etkili sonuçlar alınacağı düşünülmektedir. Bir diğer sonuca göre doğrudan yatırımlar, sadece biyoenerji kapasitesi için anlamlı ve pozitif işarete sahip bulunmuştur. Diğer taraftan, toplam yenilenebilir enerji için anlamlı bulunmuş olsa da işareti beklenenin aksine negatif çıkmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Liu vd.'nin (2019) çalışma bulgularına benzer şekilde doğrudan kamu yatırımları arzulanan etkiyi göstermemektedir. Altyapı yatırımlarının etkilerinin daha uzun vadede görüleceği dikkate alındığında 1 yıl içinde etkin sonuçlar elde edilememesi normal karşılanabilir.

Son yıllarda daha fazla sayıda ülkede uygulama alanı bulan net ölçümleme politikası analiz sonuçlarına göre sadece güneş enerjisi için anlamlı, ancak işareti negatif olarak bulunmuştur. Diğer taraftan, daha çok hanehalklarına yönelik çatı tipi güneş PV kullanımlarının yaygınlaşmasına yönelik bir politika olan net ölçümleme, maliyet kaydırıcı etkiye sahip olduğu yönünde eleştiriler de almaktadır. Abone sayısı azalan elektrik üretim ve iletim firmalarının sabit maliyetlerini kendi elektriğini üretemeyen kişilere yansıtacağı öne sürülmektedir. Diğer taraftan net ölçümleme politikasını destekleyenler söz konusu etkinin fazla olmadığını, elektrik firmalarına ödenen sübvansiyonların topluma daha fazla yük getirdiğini savunmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen negatif işaret, söz konusu olumsuz etkiyle birlikte değerlendirildiğinde son yıllarda yaygınlaşan bu politika aracına ilişkin politika dizaynı açısından dikkate değerdir. Ayrıca kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve geri ödeme sürelerinin uzun olmasından dolayı, net ölçümleme politikası ile kapasitenin

artırılması için hanehalklarına yönelik finansman desteği ve vergi indirimleri gibi teşviklerin de birlikte uygulanması gerekmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yenilenebilir enerji kapasitesini net ölçümleme politikaları ile artırma yönündeki çabaların ve zaten kısıtlı olan yenilenebilir enerji teşvik imkânlarının SFG gibi diğer politikalar için kullanılmasının daha etkili olacağı değerlendirilmektedir.

Analiz sonuçlarına ihale yöntemi güneş enerjisi için anlamlı, ancak işareti negatif olarak bulunmuştur. Diğer taraftan Kılınç-Ata'nın (2016)'nın bulgularına benzer şekilde rüzgâr enerjisi kapasitesi ile anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmuştur. İhale politikalarının genelde yeni uygulamaya başlamış olması nedeniyle sonuçlar ilerleyen yıllarda daha net değerlendirilebilecektir.

Politik destek Polzin vd. (2015) çalışmasına benzer şekilde güneş ve biyoenerji için negatif, rüzgâr için pozitif işarete sahiptir. Stratejik planlamalarda ve politik hedeflerdeki olası riskler, yatırımcıların getiri hesaplamalarını doğrudan etkileyerek yatırım kararlarını anında belirleyebilmektedir. Diğer taraftan yüksek teknolojik maliyetlere sahip olan yenilenebilir enerjinin gelişimi için teknolojiye yönelik verilecek destek çok önemlidir. Analiz sonuçları da bu öngörüğü doğrulayarak teknolojik desteğin yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Liu vd. (2019) ve Kim ve Heo (2016) çalışmalarına benzer şekilde, rüzgâr ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi araştırma geliştirme politikalarından olumlu yönde etkilenmektedir.

Kontrol değişkenlerine ilişkin analiz sonuçları modellere göre farklılık göstermektedir. Güneş enerjisi modeli için kişi başı net elektrik tüketimi ve nükleerden üretilen elektrik payı olumsuz etkide bulunurken, diğer kontrol değişkenleri anlamlı bulunmamıştır. Biyoenerji modeli için kişi başı net elektrik tüketimi negatif işarete sahipken, kişi başı CO₂ emisyonu ve nükleerden üretilen elektrik payı pozitif işarete sahiptir. Rüzgâr enerjisi kapasitesi üzerinde sadece fosil yakıtlardan üretilen elektrik payı anlamlı ve olumlu bulunmuştur. Toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi ile kişi başı net enerji ithalatı ve GSYİH arasında pozitif, kişi başı net elektrik tüketimi arasında ise negatif bir ilişki olduğu görülmektedir.

4.6.2. Dinamik Panel Veri Modeli

Yenilenebilir enerji kurulu kapasitesine yönelik yatırımlar genelde yüksek maliyetli teknoloji gerektirmekte olup, kurulu kapasite kümülatif bir miktarı belirttiğinden geçmiş dönemden etkilenme ihtimali yüksektir. Bir önceki dönem kurulu kapasite miktarlarını da içeren Otoresif model sonuçları Tablo 4.14'te gösterilmiştir.

Birinci fark modelinin hata terimleri sabit varyansa sahip ve otokorelasyon bulunmuyorsa Anderson ve Hsiao'nun tahmincisi kullanılabilir. Ancak birinci fark hata terimlerinin çoğunlukla negatif otokorelasyona sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumda Arellano ve Bond tarafından önerilen GMM tahmincisi daha uygundur. Diğer taraftan GMM tahmincisi, “tersine nedensellik” sorunsalına çözüm getirmesi nedeniyle de öne çıkmaktadır. Tersine nedensellik (reverse causality) bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkilemesi gibi bağımlı değişkenin de bağımsız değişkenler üzerinde rol oynamasıdır. Örneğin, kurulu kapasitenin artması CO₂ emisyonunun ve fosil yakıtlardan ve nükleerden elde edilen elektrik üretimi paylarının azalmasına neden olabilir. Tersine nedensellik durumunda katsayılar yanlış tahmin edildiğinden sorunun çözümünde GMM uygulanmaktadır (Leszczensky ve Wolbring, 2019:8). Diğer taraftan GMM tahmincisi, otoregresif parametre sayısı çok fazla olduğunda, birim etkinin varyansının artık hata oranı çok yüksek ise, dengesiz panellerde ve T küçük olduğunda zayıf kalmaktadır. Bu durumlarda Arellano ve Bover tarafından geliştirilen sistem GMM tahmincisi daha uygun olur. Bu yöntemde bir önceki dönemin değil, mümkün olan tüm gelecek dönemlerin ortalamasının farkı alınmaktadır (Tatoğlu, 2018b:138).

Tablo 4.14 Otoregresif Model Regresyon Sonuçları

	Güneş	Biyoenerji	Rüzgar	Toplam YE
YEKK _{ijt-1}	0,97*** (37,42)	0,95*** (29,34)	0,9*** (63,45)	0,96*** (55,93)
İTH	-0,03 (-0,56)	-0,01 (-0,04)	-0,07 (-1,36)	-0,01 (-0,2)
GSYİH	0,06*** (2,64)	0,03** (2,48)	0,07** (2,12)	0,06*** (3,87)
TÜK	-0,14 (-1,07)	-0,1 (-0,73)	-0,07 (-0,38)	-0,2* (-1,82)
CO ₂	0,06 (0,38)	0,08 (0,53)	0,04 (0,25)	0,13 (1,34)
FOS	0,01 (0,9)	0,01 (0,46)	0,04 (0,64)	-0,02 (-0,72)
NUK	-0,01 (-0,05)	0,01 (0,87)	0,01 (1,57)	0 (1,02)
Sargan	147,50***	8,15	12,47	30,43***
Hansen	23,56**	11,8	12,98	19,86*
Fark Hansen	12,46	11,64	11,65	16,45
AR1	-1,6*	-3,07***	-2,39**	-2,72***
AR2	-0,49	-1,01	0,90	1,1

*** %1, ** %5, * %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir. Parantez içi ifadeler ilgili değişkenlerin z-istatistiklerini göstermektedir.

Kurulan otoregresif model için panelin dengesiz ve T'nin küçük olması nedeniyle, daha uygun sonuçlar elde edilen Arellano ve Bover / Blundell ve Bond'un iki aşamalı sistem genelleştirilmiş momentler tahmincisi ile Windmeijer'in standart hataları kullanılmıştır. Sistem GMM tahmini için Roodman (2006) tarafından geliştirilen “xtabond2” komutu tercih edilmiştir. Bu komut gecikme yapısının spesifikasyonu için daha esnek olup, değişkenlerin içselliği de modellenebilmektedir. Ayrıca çıktıda daha fazla test sonucu vermekte ve

heteroskedasite, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı varlığında tutarlı tahminler sunmaktadır.

Tablo 4.14'ün alt kısmında Sargan, Hansen ve Fark Hansen testleri ile Arellano ve Bond'un otokorelasyon testleri (AR1 ve AR2) yer almaktadır. Birinci mertebeden otokorelasyon testi sonuçlarına göre tüm yenilenebilir enerji türleri itibariyle otokorelasyonun olmadığını belirten H_0 hipotezi reddedilmiştir. Buna karşın ikinci mertebeden otokorelasyonun varlığını sınavan test sonuçlarına göre otokorelasyonun olmadığını gösteren H_0 hipotezi reddedilememiştir. Sonuçta tüm modellerde hata teriminin ardışık değerleri arasında bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Bununla birlikte modelde içsellik probleminin olup olmadığı, diğer deyişle araç değişkenlerin geçerli olup olmadığı Sargan ve Hansen testleri kullanılarak sıvanmıştır. Sargan ve Hansen testlerinin sonuçlarına göre biyoenerji ve rüzgâr enerjisi için H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Dolayısıyla bu modellerde aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Diğer taraftan güneş enerjisi ve toplam YE için aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerli değildir. Ayrıca, dirençli olan (değişen varyans durumunda tutarlı sonuçlar üretebilen) fark Hansen testi sonuçlarına göre güneş enerjisi ve toplam YE için de aşırı tanımlama kısıtlamaları geçerlidir. Yani tüm modeller için araç değişkenlerin geçerli olduğu söylenebilmektedir. Bu durum, modellerde içsellik problemi bulunmadığını, başka bir deyişle gecikmeli bağımlı değişkenin hata terimindeki bireysel etki ile korelasyonlu olmadığını göstermektedir. Araç değişkenlerin geçerli olmasında etkili olan diğer bir faktör araç değişken sayısının gözlem sayısından fazla olmamasıdır (Kurt ve Güvenek, 2021:33). Modelde kullanılan araç değişken sayısı 19, gözlem sayısı 590'dır. Bu durum da modelde araç değişken kullanımının uygun olduğuna işaret etmektedir.

Otoregresif model sonuçlarına göre bir önceki dönem yenilenebilir enerji kapasiteleri ile cari dönem arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Diğer taraftan sadece kişi başı GSYİH tüm modellerde anlamlı bulunmuş olup, işareti pozitifdir. Diğer kontrol değişkenlerinden ise sadece toplam yenilenebilir enerji modelinde kişi başı net elektrik tüketimi anlamlı bulunmuş olsa da işareti beklenenin aksine negatif olarak bulunmuştur.

İki model karşılaştırıldığında genel olarak kişi başı GSYİH'nin beklendiği gibi kurulu kapasiteyi artırdığını, ancak kişi başı net tüketimin Aguirre ve Ibikunle (2014) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde beklenenin aksine kapasite üzerinde olumsuz etkide bulunduğu görülmektedir. Bu durum kişi başı gelir düzeyi arttıkça temiz enerji yatırımları için ödeme yapma ve politikaları destekleme isteğinin arttığını, ancak kişi başı net tüketim arttıkça artan talebin, maliyet yönünden avantajlı olan fosil yakıtlara yatırımı daha fazla artırması neticesinde yenilenebilir enerji kapasitesinin olumsuz etkilendiğini göstermektedir. Sonuçlar,

fosil yakıt endüstrisinin politikadaki lobicilik gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak burada karar vericilerin ve toplumun çevresel sorunlara bakış açısı ve ekonomik koşullar etkili olduğundan AB ve Paris Anlaşması hedefleri çerçevesinde belirlenen ilkelere uyum için gerekli önlemlerin alınması, talebin fosil yakıtlardan ziyade yenilenebilir enerjiden karşılanmasını sağlayacaktır.

CO₂ emisyonu miktarının, sadece biyoenerji kapasitesi ile anlamlı ve olumlu bir ilişkiye sahip olması ise yenilenebilir kaynaklara geçiş sürecinde çevresel kaygılar ve iklim değişikliği ile ilgili sosyal baskının sonuç vermediğini göstermektedir. Bu yönüyle bulgular Marques ve Fuinhas'ın (2011) ve Aguirre ve Ibikunle'nin (2014) çalışma bulgularına benzemektedir. Net enerji ithalatının ise sabit etkiler modelinde yenilenebilir enerji türleri için anlamsız, ancak toplam YE için anlamlı ve pozitif ilişkiye sahip bulunmuş olması, Dong'un (2012) çalışma bulgularına benzer şekilde enerji bağımsızlığı konusundaki kaygıların sonuç olarak etkili olduğunu göstermektedir.

SONUÇ

Dünya toplam birincil enerji arzının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtların rezervlerinin giderek azalması, saldığı sera etkisine yol açan gazların küresel ısınma ve hava kirliliğine neden olması, enerji güvenliği ve enerjinin sürdürülebilirliği açısından yarattığı sorunlar ülkeleri, çevreye daha az zararlı, sürekliliği olan, dışa bağımlılığı azaltan ve güvenli bir alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu bağlamda son 10 yılda dünya çapında yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi %100, yenilenebilir enerjiden elde edilen elektrik üretimi %70'ten fazla oranda artış göstermiştir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji teknolojileri son yıllarda yaşadığı hızlı gelişmeye rağmen henüz fosil yakıtlarla maliyet ve finansman açısından rekabet edememektedir. Bu nedenle tüm dünyada gerek enerji güvenliği, gerek sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamak, gerekse küresel iklim değişikliği ile mücadele için yenilenebilir enerjinin gelişmesine yönelik teşvikler verilmektedir. Bu bağlamda 2019 yılı itibariyle 172 ülke tarafından yenilenebilir elektrik üretim hedefleri benimsenmiş olup, 161 ülkede özel politikalar ve düzenlemeler uygulanmaktadır. Diğer taraftan yenilenebilir enerji teşviklerinin etkinliğine ve teşvik veriliş verilmemesine ilişkin tartışmalar da devam etmektedir. Bundan dolayı, verilen teşviklerin etkinliğinin ampirik olarak tartışılması, etkin enerji politikalarının formülasyonu ve sürdürülebilir ekonomik büyüme için gereklidir. Öte yandan yenilenebilir enerji teşviklerinin etkilerini ampirik olarak tartışan literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 36 OECD ülkesinde 2000-2019 yılları arasında uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikalarının etkilerini analiz etmektir. Kurulan ekonometrik modellerde güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyoenerji ve hidro hariç toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Hidroenerji ise yenilenebilir enerji kaynağı olmakla birlikte, sürdürülebilir olmaması, pek çok OECD ülkesinde potansiyel kapasitesinin sınırına yaklaşıması ve literatürde yer alan çalışmalarda da analiz dışında bırakılması nedeniyle, çalışmada modele dâhil edilmemiştir. Açıklayıcı değişkenler; politika araçları ve kontrol değişkenleri olarak ayrılmıştır. Çalışmada; doğrudan kamu yatırımları, sabit fiyat/prim garantisi, hibe ve sübvansiyonlar, krediler, vergi teşvikleri, yeşil sertifikalar, yükümlölük politikaları, politik destek, araştırma geliştirme, net ölçümleme ve ihale uygulamaları olmak üzere 11 adet politika değişkeni; kişi başı GSYİH, kişi başı CO₂ emisyonu, kişi başı net enerji ithalatı, kişi başı net elektrik tüketimi ve fosil yakıtlardan ve nükleerden üretilen elektriğin toplam içindeki payları olmak üzere 6 adet kontrol değişkeni kullanılmıştır.

Her bir politika aracının ülkelere göre uygulama şartlarının ve yöntemlerinin değişmesi ve politika yapıcılarının bunları ne şekilde ve seviyelerde uyguladıklarının tespitinin mümkün olmaması çalışmanın en büyük kısıtıdır. Bu nedenle çalışmada sadece ülkelerin ilgili politikayı uygulamış olması esas alınmış, nasıl uygulandığına yönelik niteliksel veriler kullanılamamıştır.

Çalışmada yenilenebilir enerjinin dünya çapında hızlanmaya başladığı 2000’li yılların başından, sağlıklı veri bulunabilen 2019 yılına kadar, güncel ve en etkin dönemlerin analize dâhil edilmiş olması literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca çalışmada, Hausman test sonuçlarına göre uygun görülen sabit etkiler modelinin yanı sıra dinamik (otoregresif) panel veri modeli regresyon analizi tahminleri de elde edilmiştir. Son yıllarda daha fazla ülkede uygulanan ihale ve net ölçümleme politikaları da modele dâhil edilerek çalışmada analiz edilmiştir. Çalışmanın bu yönleriyle de literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca analiz sonuçları yenilenebilir enerji politikalarının etkin şekilde dizaynına da katkıda bulunacaktır.

Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması için uygulanan politikaların, genel olarak beklenildiği gibi yenilenebilir enerji kurulu kapasitesini artırmada etkili olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji türleri için ayrı ayrı kurulan modeller üzerinden elde edilen analiz sonuçları, açıklayıcı değişken olarak kullanılan politika araçlarının bir kısmının yenilenebilir enerji türlerine göre farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca bulunan sonuçlara göre, uygulanan politika araçlarının bir kısmı, yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde beklenen pozitif etkinin tersi yönünde ya da istatistiksel olarak anlamsız sonuçlar vermektedir.

Analiz sonuçlarına göre, OECD ülkelerinde en yaygın uygulanan yenilenebilir enerji teşvik politikası olan sabit fiyat/prim garantisi politikası ile güneş, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi arasında anlamlı ve pozitif yönde bir ilişki bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi yönünden ise anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Bunun sebebinin, rüzgâr enerjisinin güneş enerjisine göre verim açısından daha istikrarsız olması ve güneş enerjisinde maliyetlerin giderek düşmesi olduğu değerlendirilmektedir. Sabit tarifeler güneş enerjisi için yatırımcılara olumlu bir sinyal verirken, rüzgâr enerjisi yönünden yeterli motivasyon sağlamamıştır. Genel olarak sonuçlar, doğru uygulandığında sabit fiyat/prim garantisi politikaları ile yenilenebilir enerji kapasitesi arasında pozitif bir ilişki olduğuna dair yeterli kanıt sunmaktadır.

OECD ülkelerinde yaygın olarak kullanılan diğer bir politika aracı olan hibe ve sübvansiyonlar ise sadece biyoenerji kapasite üzerinde etkili olmuştur. Hibe ve

sübvansiyonlar, doğrudan kamu bütçesi imkanlarına bağlı olduklarından, projelerin finansman maliyetini geçici olarak azaltabilir. Dolayısıyla bu durum SFG gibi diğer politikalara göre daha istikrarsız olmalarına yol açar. Hibe ve sübvansiyonların yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde beklenen etkiyi gösterememiş olmasının sebebi, yatırımcılar açısından uzun vadeli bir işaret sağlayamamasıdır. Sabit fiyat/prim garantisi politikaları ise daha güvenilir ve uzun vadeli bir politika aracı olarak hibe ve sübvansiyonlara göre daha etkili olmuş gözükmemektedir.

Elde edilen sonuçlara göre, tüm yenilenebilir enerji türleri ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi ile anlamlı ve pozitif ilişkiye sahip tek politika aracı vergi teşvikleridir. Bunun sebebi vergi teşviklerinin yatırımcılar açısından konjonktüre göre değişmeden uygulanacağı düşüncesi olabilir. Sonuçlar özellikle yüksek vergi yüklerine sahip kurumsal yatırımcılar açısından vergi teşviklerinin önemini vurgulaması yönüyle politika yapıcılar açısından dikkate değerdir.

Analiz sonuçlarına göre YPS vb. yükümlülük politikaları, güneş ve toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi üzerinde olumsuz yönde etkiye sahiptir. YPS politikaları çeşitli şekillerde tasarlanabilen politikalar olup, bu politikalar ile istenilen hedeflere ulaşmada tasarım detayları önemlidir. Bu politikanın etkili olabilmesi için oturmuş bir yeşil sertifika piyasasının bulunması ve yaptırımların caydırıcı olması gerekir. Aksi takdirde piyasadaki firmalar yükümlülüklerini yerine getirmektense yaptırımı tercih edebilirler. Piyasa temelli bir politika olan yeşil sertifikalar ve karbon emisyonu ticareti sistemi ise büyük kurumsal yatırımcılar üzerinde etkili olabilecek bir araçtır. Model sonuçlarına göre sertifika uygulaması, güneş, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi ile anlamlı ve olumlu bir ilişkiye sahip olarak bulunmuştur. Yeşil sertifika hedeflerinin üreticilere hangi teknolojiyi kullanacaklarını seçme imkânı vermesi nedeniyle, özellikle güneş enerjisinde son dönemlerde maliyetlerin rüzgâr teknolojisine göre daha yüksek oranda düşmesi yatırımların bu alana kaymasında etkili olmuş görülmektedir. Sonuçlara göre yeşil sertifika ve emisyon ticareti sistemlerinin uygulandığı ülkelerde başarılı olduğu görülmektedir.

Analiz sonucunda doğrudan yatırımlar, sadece biyoenerji ile anlamlı ve olumlu bir ilişkiye sahip bulunmuştur. Toplam yenilenebilir enerji için anlamlı bir sonuç bulunmuş olsa da işaret beklenenin aksine negatif çıkmıştır. Altyapı yatırımlarının etkilerinin daha uzun vadede görüleceği dikkate alındığında 1 yıl içinde etkin sonuçlar elde edilememesi normal karşılanabilir. Kredi politikaları ise tüm yenilenebilir enerji türleri için anlamlı bir sonuç vermemektedir. Bu sonuçlara göre doğrudan kamu yatırımları ve kredi politikaları arzulanan etkiyi göstermemektedir.

Son yıllarda daha fazla sayıda ülkede uygulanmaya başlanan ihale yöntemi ve net ölçümleme politikaları ise analiz sonuçlarına göre güneş enerjisi için anlamlı, ancak işareti negatif olarak bulunmuştur. Ayrıca ihale yöntemi rüzgâr enerjisi kapasitesi üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan, daha çok hanehalklarına yönelik çatı tipi güneş PV kullanımlarının yaygınlaşmasına yönelik bir politika olan net ölçümleme, maliyet kaydırıcı etkiye sahip olduğu yönünde eleştiriler de almaktadır.

Genel olarak yenilenebilir enerji yatırımları ileri teknoloji ürünlere sahip ve yüksek maliyetli yatırımlardır. Analiz sonuçları da bu öngörüü doğrulayarak teknolojik desteğin yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan politik destek güneş ve biyoenerji için negatif, rüzgâr için pozitif işarete sahiptir.

Yapılan analizde kontrol değişkenlerine ilişkin, yenilenebilir enerji türlerine göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sabit etkiler modelinde kişi başı net enerji ithalatı ve kişi başı GSYİH ile sadece toplam yenilenebilir enerji kapasitesi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Kişi başı net elektrik tüketimi ise güneş, biyoenerji ve toplam yenilenebilir enerji kapasitesi ile anlamlı bir ilişkiye sahip olsa da işaret beklenenin aksine negatiftir. Kişi başı CO₂ emisyonu ve nükleerden elde edilen elektrik payı sadece biyoenerji ile, fosil kaynaklardan elde edilen elektrik payı ise sadece rüzgâr enerjisi ile anlamlı ve pozitif bir ilişkiye sahiptir. Diğer taraftan nükleerden elde edilen elektrik ile güneş enerjisi kapasitesi arasında negatif bir ilişki söz konusudur.

Otoregresif model sonuçlarına göre ise bir önceki dönem yenilenebilir enerji kapasiteleri ile cari dönem arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Kontrol değişkenlerinden sadece kişi başı GSYİH tüm modeller için anlamlı ve pozitif işarete sahiptir. Kişi başı net elektrik tüketimi toplam yenilenebilir enerji modelinde anlamlı bulunmuş olsa da işareti beklenenin aksine negatif olarak bulunmuştur.

Kontrol değişkenleri yönünden iki model karşılaştırıldığında genel olarak kişi başı GSYİH'nin beklendiği gibi kurulu kapasiteyi artırdığı, ancak kişi başı net tüketimin beklenenin aksine kapasite üzerinde olumsuz etkide bulunduğu görülmektedir. Net enerji tüketimi ile bulunan olumsuz ilişki, tüketim arttıkça artan talebin fosil kaynaklardan sağlandığını, dolayısıyla geleneksel enerji lobisi faaliyetlerinin oldukça etkili olduğunu göstermektedir. CO₂ emisyonu miktarının, sadece biyoenerji kapasitesi ile anlamlı ve olumlu bir ilişkiye sahip olması ise yenilenebilir kaynaklara geçiş sürecinde çevresel kaygılar ve iklim değişikliği ile ilgili sosyal baskının sonuç vermediğini göstermektedir. Net enerji

ithalatının toplam YE için anlamlı ve pozitif ilişkiye sahip bulunmuş olması ise enerji bağımsızlığı konusundaki kaygıların sonuç olarak etkili olduğunu göstermektedir.

Analiz sonuçları, açıklayıcı değişken olarak kullanılan politika araçlarının bir kısmının yenilenebilir enerji türleri için farklı etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, yenilenebilir enerji teşvikleri verilirken, belirlenen genel hedefler çerçevesinde teşvik verilecek yenilenebilir enerji türüne yönelik, piyasa şartlarını ve bütçe imkanlarını da dikkate alan şeffaf, etkin ve anlaşılabilir nitelikte ayrı ayrı politika önlemleri alınmasının, teşviklerin verimli kullanılması ve istenilen hedeflere ulaşmada etkili olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca her bir politikanın tasarımı her ülkenin kendine özgü tarihi, politikası, ekonomisi ve kültürü de dikkate alınmalıdır.

Stratejik planlamalarda ve politik hedeflerdeki olası riskler, yatırımcıların getiri hesaplamalarını doğrudan etkileyerek yatırım kararlarını anında belirleyebilmektedir. Bu nedenle hedeflerin ve düzenlemelerin gerçekçi, şeffaf, açık, güvenilir ve uzun vadeli bir vizyona sahip olması, kurumsal yatırımcılar için yatırım ortamını destekleyecektir. Özellikle halk tarafından daha kolay benimsenmesi açısından maliyetler ve yatırımların geri ödeme süreleri hakkındaki eksik ya da güncel olmayan bilgilerin yenilenmesi ve regülasyonların şeffaf ve açık şekilde duyurulması gerekmektedir.

Aşırı bürokratik işlemler, kurumlararası işbirliğinde yaşanan sorunlar, getirilen gereksiz teknik zorunluluklar ve projeler için yer seçimine ilişkin yaşanan sorunlar, yenilenebilir enerji projelerine olabilecek yatırımları caydırıcı ya da geciktirici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerjiye yapılacak yatırımlar için uygun yerler belirlenerek arazi tahsisi ve kredi için uygun şartlar hazırlanmalı, motivasyon kırıcı aşırı karmaşık idari prosedürler basit ve anlaşılır hale getirilerek anlaşılabilir ve kolay uygulanılır düzenlemeler yapılmalıdır. Bu kapsamda finans kurumlarının yenilenebilir enerji yatırımlarına özel, uzun vadeli ve uygun fiyatlı kredi imkanının artırılması için düzenlemeler yapılmalıdır.

Türkiye AB'ye aday ülke olduğu için AB'nin yenilenebilir hedefleri ile uyumlu ve etkin teşvik politikalarını benimsemesi gerekmektedir. Özellikle 2010 yılından itibaren etkin şekilde uygulanan sabit fiyat garantisi başta olmak üzere teşvik politikalarına devam edilmesinin, yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımcı ilgisini daha da artıracığı düşünülmektedir. Bununla birlikte Türkiye'de sabit fiyat garantisi politikasında uygulanan tarifeler 2021 yılı Temmuz ayından itibaren ABD doları yerine Türk Lirası cinsinden verilecektir. Türkiye'de döviz fiyatlarında oynaklığın çok yüksek olduğu dikkate alındığında yeni başlayacak olan Türk Lirası cinsinden tarife uygulaması yatırımcılar açısından belirsizlik

taşıyacak, dolayısıyla yeni yatırımları olumsuz yönde etkileyebilecektir. Sonuçlar ilerleyen dönemlerde ortaya çıkacak olmakla birlikte, mevcut ekonomik konjonktürde tarife uygulamasının ABD doları cinsinden devam etmesinin daha yerinde olacağı değerlendirilmektedir.

Analiz sonuçlarına göre vergi politikalarının tüm yenilenebilir enerji türleri için kapasite ile pozitif bir ilişkisi bulunmaktadır. Türkiye’de ise genel yatırım teşvik politikaları kapsamında vergi indirimleri bulunmakla birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarına özel bir vergi teşviki bulunmamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye’de yenilenebilir enerjinin gelişimi ve yaygınlaşması için vergi politikalarının daha etkin şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda, genel yatırım teşvik politikalarının yanı sıra yenilenebilir enerjiye özel vergi indirimleri, istisnalar, muafiyetler ve gelişmiş ülkelerde uygulanan vergi kredisi politikaları gibi vergi teşvik mekanizmalarının geliştirilmesinin yenilenebilir enerjinin gelişiminde etkili olacağı değerlendirilmektedir.

Analiz sonuçlara göre uygulandığı ülkelerde başarılı olduğu görülen yeşil sertifika ve emisyon ticareti sistemlerinin Türkiye’de uygulanabileceği gerekli altyapı ve piyasa şartlarının oluşturulması bir diğer önemli konudur. Bu kapsamda EPDK Kurul onayından 2020 yılında geçen ve 2021 yılında devreye gireceği açıklanan YEK-G sistemi ile AB ile uyumlu bir enerji sertifika piyasasının ilk adımlarının atılmasının yenilenebilir enerjinin gelişimine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Analiz sonuçlarına göre kapasite üzerinde etkili olmadığı görülen net ölçümleme politikaları Türkiye’de 2019 yılında uygulamaya başlanmıştır. Kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve geri ödeme sürelerinin uzun olmasından dolayı, net ölçümleme politikası ile kapasitenin artırılması için hanehalklarına yönelik finansman desteği ve vergi indirimleri gibi teşviklerin de birlikte uygulanması gerekmektedir. Böylece zaten kısıtlı olan yenilenebilir enerji teşvik imkânları, sadece çatı tipi güneş PV sistemlerinin yaygınlaşabilmesi için harcanmış olacaktır. Diğer taraftan, bu politika elektrik üretim ve iletim firmalarının sabit maliyetlerini, sistemden yararlananlardan kendi elektriğini üretemeyen kişilere yansıtacağı yönünde eleştiriler de almaktadır. Türkiye sisteme yeni geçmiş olmakla birlikte, analiz sonucunda diğer OECD ülkelerinde bir süredir uygulanan bu politikanın kapasiteyi artırmada etkili olmadığı görülmektedir. Bu nedenle Türkiye açısından yeni uygulanmaya başlanan bu politika aracı yerine, yenilenebilir enerji teşvik imkânlarının SFG ve ihale yöntemi gibi diğer politikalar için kullanılmasının daha etkili olacağı değerlendirilmektedir.

Diğer taraftan Türkiye’de son yıllarda uygulanmaya başlayan ihale yöntemi uygulamalarının yenilenebilir enerjinin gelişimine önemli katkı sağlayacağı ve uygulamaların

geliştirilerek devam edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir. İhale planlamalarında yerli ekipman kullanım şartı ve istihdama yönelik getirilecek koşullar yenilenebilir enerji sektörünün gelişiminde önemli rol oynayacaktır.

Kamu sektörü yatırımları da yenilenebilir enerjinin gelişiminde öncü ve etkili olduğundan, yenilenebilir enerjinin kamu yatırımlarında kullanımı artırılmalı, hatta belirli seviyelerde zorunluluk içeren düzenlemeler yapılmalıdır. Bu bağlamda, yapılacak düzenlemelerde AB'nin 'Yeşil Kamu Alımları' uygulamaları esas alınarak, kamu makamlarının aynı temel işleve sahip olan mal, hizmet ve işler arasında çevreye en az zarar verenleri satın almalarına yönelik hükümler belirlenmelidir. Diğer taraftan yenilenebilir enerji projelerini planlamak, yönetmek, işletmek ve bakımını yapmak için gerekli becerilerin geliştirilmesi ve sürdürülmesi için insan kaynakları bu yönde inşa edilmelidir. Bu açıdan üniversiteler ve meslek edindirme kurslarında sektöre yönelik eğitim ve kurslar artırılmalıdır.

Bir diğer önemli husus, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek enerjinin veriminin artması ve sektördeki maliyetlerin azalması açısından teknolojik desteğin artırılması gereğidir. Yenilenebilir enerjinin üretimi, depolaması ve dağıtımına yönelik özellikle güneş ve rüzgâr enerjisi teknolojilerinde AR-GE yatırımlarının desteklenmesi gerekmektedir. Analiz sonuçları da bu görüşü desteklemektedir. Bu alanda dışa bağımlı olmamak için özellikle yerli ekipmana yönelik teknolojik desteğin daha da artırılması gerektiği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdmouleh, Z., Alammari, R., Adel, G.A. (2015). "Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45: 249-262.
- Aguirre, M. ve Ibikunle, G. (2014), "Determinants of renewable energy growth: a global sample analysis". *Energy Policy*, 69: 374-384.
- Albayrak, B. (2011). *Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Finansmanı: Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Anlar, Ş.G. (2011). "İklim Değişikliği Yükümlülüklerine Uygunluğun Sağlanması: Kyoto Protokolü Uygunluk Mekanizması". *Uluslararası İlişkiler*, 8(31): 69-94.
- Argın, M. ve Yerci, V. (2015). "The Assessment of Offshore Wind Power Potential of Turkey". *9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*. Kasım 2015, Bursa, 966-970.
- Aslan, A., Kum, H., Öcal, O., Gözbaş, O. (2013). "Energy Consumption and Economic Growth: Evidence from Micro Data". *ASBBS Annual Conference*. 21-24 Şubat 2013, Las Vegas, 280-288.
- Assmann, D., Laumanns U., Uh, D. (2006). "Renewable Energy: A Global Review of Technologies". *Policies and Markets*. Earthscan, UK.
- Atık, K. (2013). "Eğitim amaçlı güneş pili sisteminin kurulması ve Kayseri şartlarında performansının ölçülmesi". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(4): 188-193.
- Avrupa Komisyonu (2016), *Buying Green, a Handbook on Green Public Procurement*. 3rd Edition.
- Aykal, D., Gümüş, B., Akça, Y.B. (2009). "Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması". *V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 16-17 Ekim 2009, Diyarbakır, 78-83.
- Baltagi, B.H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data, Third Edition*. John Wiley & Sons, England.
- Bayer, B., Schäuble, D., Michele, F.M. (2018). "International experiences with tender procedures for renewable energy - A comparison of current developments in Brazil,

- France, Italy and South Africa”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95: 305-327.
- Beck, F. ve Martinot, E. (2004). “Renewable Energy Policies and Barriers”. *Encyclopedia of Energy*, 5: 365-383.
- Berinstein, P. (2001). *Alternative Energy Facts, Statistics, and Issues*. Oryx Press, Westport.
- Bolkesjø, T.F., Eltvig, P.T., Nygaard, E. (2014). “An Econometric Analysis of Support Scheme Effects on Renewable Energy Investments in Europe”. *Energy Procedia*, 58:2-8.
- BP. (2020). *Statistical Review of World Energy 2020*.
- Budak, N., Bayındır, H., Yücel, H.L. (2009). “Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Performans ve Egzoz Emisyonları Açısından Değerlendirilmesi”. *V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 16-17 Ekim 2009, Diyarbakır, 123-130.
- Cansino, J.M., Pablo-Romero, M. Del P., Roman, R., Yñiguez, R. (2010). “Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries”. *Energy Policy*. 38: 6000-6008.
- Carley, S. (2009). “State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness”. *Energy Policy*, 37:3071-3081.
- Ding, J. ve Somani A. (2010). “A Long-Term Investment Planning Model for Mixed Energy Infrastructure Integrated with Renewable Energy”. *2010 IEEE Green Technologies Conference*. 2010, Grapevine, 1-10.
- Doğanay, H. ve Coşkun, O. (2020). *Enerji Kaynakları*. Pegem Akademi, Ankara.
- Dong, C.G. (2012). “Feed-in tariff vs. renewable portfolio standard: an empirical test of their relative effectiveness in promoting wind capacity development”. *Energy Policy*, 42 (3): 476-485.
- Duru, B. (2014). “Viyana’dan Kyoto’ya İklim Değişikliği Serüveni”. *Mülkiye Dergisi*. 25:301-333.
- Elmas, M. (2019). “Petrol Endüstrileri ve Petrol İhraç Eden Ülkeler”. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(3): 29-41.
- EPDK. (2021a). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. EPDK. Ankara.
- ETKB. (2018). Faaliyet Raporu. ETKB. Ankara.
- ETKB. (2020). 2019-2023 Stratejik Planı. ETKB. Ankara.

- García-Gusano, D., Iribarren, D., Garrain, D. (2017). “Prospective analysis of energy security: A practical life-cycle approach focused on renewable power generation and oriented towards policy-makers”. *Applied energy*, 190: 891-901.
- GENI, (2011). *Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies*. Global Energy Network Institute.
- Gujarati, D. (1999). *Essentials of Econometrics: Second Edition*, Irwin McGraw-Hill.
- Haites, E. (2018). “Carbon taxes and greenhouse gas emissions trading systems: what have we learned?”. *Climate Policy*, 18(8): 955-966.
- Hatunoğlu, E. (2010). *Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri*. DPT Uzmanlık Tezi, Ankara.
- IEA. (2018), Net metering and PV self-consumption in emerging countries, Report IEA-PVPS T9-18:2018.
- IEA. (2019a). *The Future of Hydrogen*. IEA, Fransa.
- IEA. (2019b). *Renewables 2019 Analysis and forecast to 2024*. IEA, Fransa.
- IEA. (2021a). *Global Energy Review*. 2021.
- IEA. (2021f), *Renewables Information Overview (2020 edition)*.
- IRENA. (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series Hydropower*. IRENA, Abu Dhabi.
- IRENA ve CEM (2015). *Renewable Energy Auctions – A Guide to Design*. IRENA, Abu Dhabi.
- IRENA. (2018). *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*. IRENA, OECD/IEA ve REN21, Abu Dhabi.
- IRENA. (2019). *Hydrogen: A renewable energy perspective*. IRENA, Abu Dhabi.
- IRENA. (2020). *Energy Subsidies Evolution in the Global Energy Transformation to 2050*. IRENA, Abu Dhabi.
- İlkılıç, C. ve Behçet, R. (2006). “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi”. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi*, 5(1): 66-72.
- Jacobs, D. (2016). *Renewable Energy Policy Convergence in the EU*. Routledge, New York.
- Jenner, S., Groba, F., Indvik, J. (2013). “Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries”. *Energy Policy*, 52: 385-401.

- Johnstone, N., Hašćic, I., Popp, D. (2010). “Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts”, *Environmental and Resource Economics*, 45: 133-155.
- Karakaya, E. (2016). “Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme”. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1): 1-12.
- Kayhan, A. (2013). “Birleşmiş Milletler Çevre Programı Üzerine Bir İnceleme”. *Milletlerarası Hukuk ve Milletlerarası Özel Hukuk Bülteni*. 33(1): 61-90.
- Kılınç-Ata, N. (2016). “The evaluation of renewable energy policies across EU countries and US states: An econometric approach”. *Energy for Sustainable Development*, 31: 83-90.
- Kim, E. ve Heo, E. (2016). “Analysis on the Effects of Renewable Policies in OECD Countries Using Dynamic Panel Model”. *Environmental and Resource Economics Review*, 25(2): 229-253.
- Koç, E. ve Şenel, M.C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme”. *Mühendis ve Makine*, 54(639): 32-44.
- Korhola, E.R. (2014). *The Rise And Fall Of The Kyoto Protocol: Climate Change as a Political Process*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Helsinki University, Helsinki.
- Kruger, P. (2006). *Alternative Energy Resources: The Quest for Sustainable Energy*. Stanford, Wiley.
- Kurt, D.B. ve Güvenek, B. (2021). “Beşeri Sermayenin Ekonomik Büyümeye Etkisi: Eğitim Göstergeleri ile Avrupa Birliği Ülkeleri Örneği”. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(1): 17-39.
- Kutlar, A. (2012). *Ekonometriye Giriş*. Nobel, Ankara.
- Lin, B. ve Li, X. (2011). “The effect of carbon tax on per capita CO₂ emissions”. *Energy Policy*. 39: 5137-5146.
- Liu, W., Zhang, X., Feng, S. (2019). “Does renewable energy policy work? Evidence from a panel data Analysis”. *Renewable Energy*. 135: 635-642.
- Lovinfosse, I. (2008). *How and Why Do Policies Change, A comparison of renewable electricity policies in Belgium, Denmark, Germany, Netherland and UK*. Peter Lang, Berlin.
- Marques, A.C. ve Fuinhas J.A. (2011), Drivers promoting renewable energy: A dynamic panel approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 1601-1608.

- Marques, A.C., Fuinhas, J.A., Macedo, D.P. (2019). “The impact of feed-in and capacity policies on electricity generation from renewable energy sources in Spain”. *Utilities Policy*, 56: 159-168.
- Marques, A.C., Fuinhas, J.A., Manso J.R. (2010). “Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach”. *Energy Policy*, 38: 6877-6885.
- Menz, F.C. ve Vachon, S. (2006). “The effectiveness of different policy regimes for promoting wind power: experiences from the states”. *Energy Policy*, 34: 1786-1796.
- Morgan, S. (2003). *Alternative Energy Sources*. Heineman Library, Chicago.
- Nicolini, M. ve Tavoni, M. (2017). “Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74: 412-423.
- OECD. (2015). *Policy Framework for Investment 2015 Edition*. OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2017). The empirics of enabling investment and innovation in renewable energy, OECD Environment Working Papers No:123.
- OECD. (2019). *Taxing Energy Use*. [Broşür].
- OECD/IEA. (2011). *Renewable Energy: Policy Considerations for Deploying Renewables*. OECD/IEA, Fransa.
- Ogunlana, A.O. ve Goryunova, N. (2017). “Tax Incentives for Renewable Energy: The European Experience”. *WELLSO 2016 - III International Scientific Symposium on Lifelong Wellbeing in the World*. 11-17 Eylül 2016, Tomsk, 507-513.
- Ölz, S., Sims, R., Kirchner, N. (2007). *Contribution of Renewables to Energy Security*. IEA Information Paper, Paris.
- Özbek, R. ve Apaydın, Ş. (2020). “The Role of Renewable Energy Generation in Sustainable Economic Growth: The Case of Turkey”. *Fiscaeconomia*, 4(3): 554-567.
- Özkul, Ö.B. (2010). “21. Yüzyılda Enerji Güvenliğı”. *Stratejik Öngörü Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 15-16: 49-62.
- Öztürk, H. (2008). *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Polzin, F., Migendt, M., Täube, F.A., von Flotow, P., (2015). “Public Policy Influence on Renewable Energy Investments-A Panel Data Study Across OECD Countries”. *Energy Policy*, 80: 98-111.
- Pyrgou, A., Kylili, A., Fokaides, P.A. (2016). “The future of the Feed-in Tariff (FiT) scheme in Europe: The case of photovoltaics”. *Energy Policy*, 95: 94-102.
- REC Türkiye. (2008). *A’dan Z’ye İklim Değışikliğı Başucu Rehberi*. Bölgesel Çevre Merkezi, Ankara.
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. REN21, Paris.

- REN21. (2020), Renewables 2020 Global Status Report, REN21, Paris.
- Samawi, G.A., Mdanat M.F., Arabiyat T.S. (2017). “The Role of Energy Supply in Economic Growth: Evidence from the Oil Importing Countries”. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(6): 193-200.
- Seetharaman, A., Moorthy, M., Patwa, N., Saravanan A.S., Gupta, Y. (2019). “Breaking barriers in deployment of renewable energy”. *Heliyon*, 5: e01166.
- Shahbaz, M., Raghutla, C., Reddy, K., Jiao, Z., Vo, X.V. (2020). “The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from the Renewable Energy Country Attractive Index”. *Energy*, 207: 1181622.
- Shrimali, G. ve Kneifel, J. (2011). “Are government policies effective in promoting deployment of renewable electricity resources?”. *Energy Policy*, 39(9): 4726-4741.
- Stern, D.I. (2010). “The Role of Energy in Economic Growth”. *Climate Economics&Policy Working Paper*, The Australian National University, Canberra.
- Szmolyan, A. (2020). “Disunity Among the United States: Navigating Net-Metering Without Getting Electrocuted”. *J. Bus. Entrepreneurship & L*, 13: 129-169.
- Şen, Z. (2002). *Temiz Enerji ve Su Kaynakları*. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Tamzok, N. (2020). “Dünyada ve Türkiye’de Kömür 2019”. *Türkiye’nin Enerji Görünümü*. Mayıs 2020, Ankara, 217-236.
- Tatoğlu, F.Y. (2018a). *Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı*. Beta, İstanbul.
- Tatoğlu, F.Y. (2018b). *Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı*. Beta, İstanbul.
- Taylor, M., (2020). *Energy subsidies: Evolution in the global energy transformation to 2050*. IRENA, Abu Dabi.
- Türkeş, M. (2008). “Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler”. *İklim Değişikliği ve Çevre*. 1: 26-37.
- UNCTAD. (2019). *The Role Of Science, Technology And Innovation in Promoting Renewable Energy by 2030*, Geneva.
- Upton, G., Snyder, B. (2017). “Funding renewable energy: An analysis of renewable portfolio standards”. *Energy Economics*, 66: 205-216.
- Ürge, D. V., Cabeza, L., Serrano, S., Barreneche, C., Petrichenko, K. (2015). “Heating and cooling energy trends and drivers in buildings”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41: 85-98.
- Wang, G., Zhang, Q., Li, Y., Mclellan, B.C., Pan, X. (2019). “Corrective regulations on renewable energy certificates trading: Pursuing an equity-efficiency trade-off”. *Energy Economics*. 80: 970-982.

WEC. (2016). *World Energy Resources*, World Energy Council.

Yiğit, A. ve Atmaca, İ. (2010). *Güneş Enerjisi*. Alfa-aktüel, Bursa.

Zhang, F. (2013). “How Fit are Feed-in Tariff Policies? Evidence from the European Wind Market”. *Policy Research Working Paper Series*. 6376. The World Bank, Washington.

İnternet Kaynakları

Çelik, S. vd. (2008). “Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri”. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/saglik/iklimdegisikligi/kureseliklimdegisikligi-etkileri.pdf> (erişim tarihi: 01.10.2019)

Çokadar, C. ve Yıldırım, N.G. (2021). “Yenilebilir Enerji Kaynağı Olarak Bitkiler”. <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/enerji-bitkileri.pdf> (erişim tarihi: 01.04.2021)

Doran, K. (2020). “Investment Tax Credit vs. Production Tax Credit”. <https://smallbusiness.chron.com/investment-tax-credit-vs-production-tax-credit-67549.html> (erişim tarihi: 31.01.2020)

EC. (2019a). “Energy”. <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-1.html> (erişim tarihi: 30.12.2019)

EC. (2019b). “Renewable Energy”. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy> (erişim tarihi: 10.12.2019)

EC. (2020). “A European Green Deal”. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (erişim tarihi: 03.04.2020)

EIA. (2019a). “Solar”. <https://www.eia.gov/energyexplained/solar/> (erişim tarihi: 09.10.2019)

EIA. (2019b). “Biomass”. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/> (erişim tarihi: 30.10.2019)

EIA. (2019c). “Electricity”. <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/> (erişim tarihi: 20.10.2019)

EMO. (2019). “Hidrojen Enerjisi ve Geleceği”.

http://www.emo.org.tr/ekler/3f010d6bc392b90_ek.pdf (erişim tarihi: 30.10.2019)

EMO. (2020). “Jeotermal Enerji Tesislerinin Çevresel Etkileri”.

http://www.emo.org.tr/ekler/c3ef98f7b7293f3_ek.pdf (erişim tarihi: 30.08.2020)

EPDK. (2021b). “Yeşil sertifika piyasası geliyor”. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/2-9224/yesil-sertifika-piyasasi-geliyor> (erişim tarihi 03.06.2021)

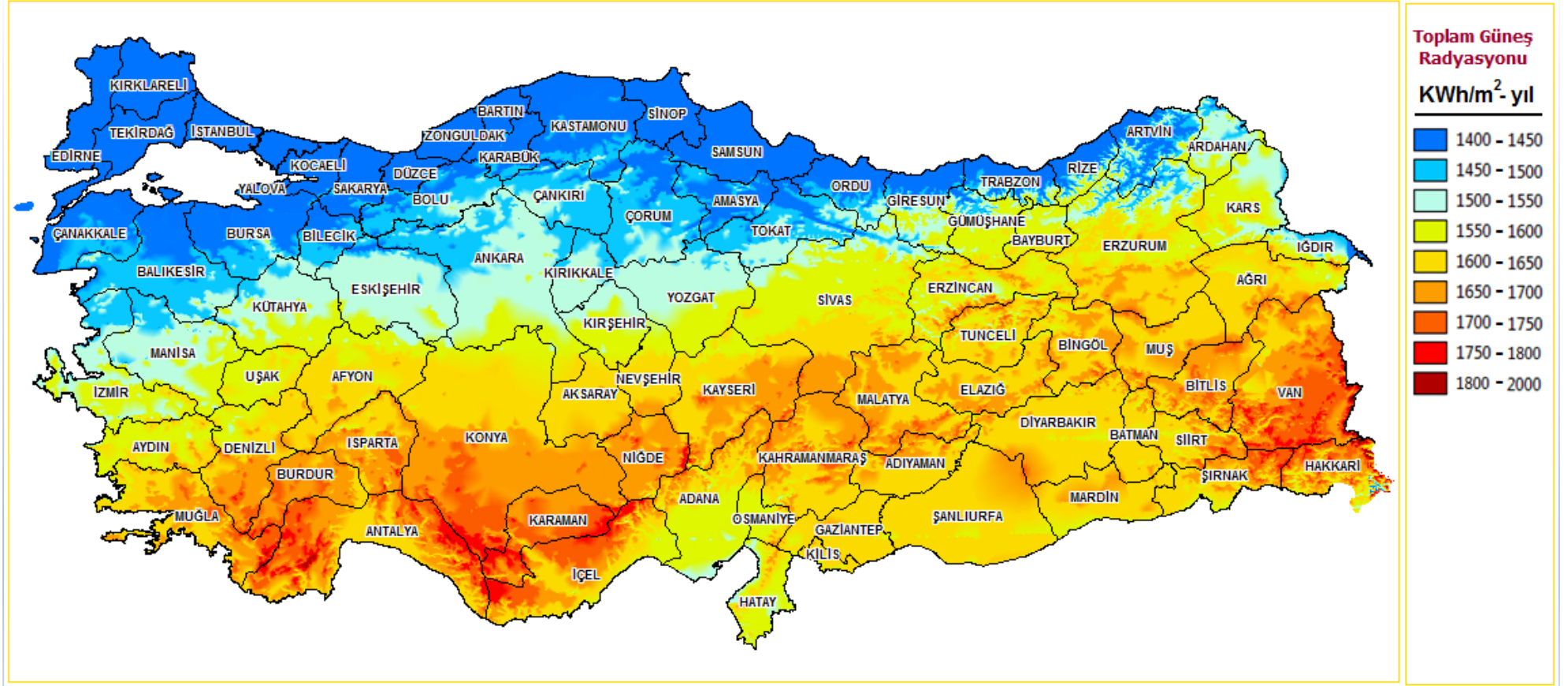
- ETKB. (2019). “Kömür Nedir.”
<https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf> (erişim tarihi: 09.10.2019)
- ETKB. (2021a). “Petrol”. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> (erişim tarihi: 17.04.2021)
- ETKB. (2021b). “Doğalgaz”. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz> (erişim tarihi: 15.05.2021)
- ETKB. (2021c). “Nükleer Enerji”. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> (erişim tarihi: 17.04.2021)
- ETKB. (2021d). “Güneş”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> (erişim tarihi: 20.05.2021)
- ETKB. (2021e). “Rüzgar”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar> (erişim tarihi: 17.04.2021)
- ETKB. (2021f). “Biyokütle”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle> (erişim tarihi: 17.02.2021)
- ETKB. (2021g). “Hidrolik”. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> (erişim tarihi: 17.02.2021)
- ETKB. (2021h). “Jeotermal”. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> (erişim tarihi: 17.03.2021)
- ETKB. (2021i). “YEKA Modeli”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-yeka-modeli> (erişim tarihi: 17.02.2021)
- Greencoast. (2019). “Onshore vs Offshore Wind”. <https://greencoast.org/onshore-vs-offshore-wind/> (erişim tarihi: 02.10.2019)
- IAEA. (2020). “International Atomic Energy Agency”. <https://www.iaea.org/> (erişim tarihi: 02.02.2020)
- IEA. (2019c). “Heat”. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019/heat> (erişim tarihi: 30.12.2019)
- IEA. (2020). “Geothermal”. <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2019/geothermal> (erişim tarihi: 06.06.2020)
- IEA. (2021b). “Renewables”. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables> (erişim tarihi: 10.01.2021)
- IEA. (2021c). “Renewables 2019”. <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (erişim tarihi: 10.01.2021)

- IEA. (2021d). “Bioenergy”. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy> (erişim tarihi: 10.01.2021)
- IEA. (2021e). “Other renewables”. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/other-renewables> (erişim tarihi: 10.01.2021)
- IEA. (2021g). “Energy Access Outlook 2017”. <https://www.iea.org/reports/energy-access-outlook-2017> (erişim tarihi: 30.01.2021)
- IEA. (2021h). “Energy security”. <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security> (erişim tarihi: 30.01.2021)
- IEA. (2021i). “Electricity security”. <https://www.iea.org/areas-of-work/energy-security/electricity-security> (erişim tarihi: 30.03.2021)
- IEA. (2021j). “Electricity security”. <https://www.iea.org/areas-of-work/ensuring-energy-security/electricity-security> (erişim tarihi: 30.04.2021)
- IEA. (2021k). “Mission”. <https://www.iea.org/about/mission> (erişim tarihi: 10.05.2021)
- IEA. (2021l). “Areas of work”. <https://www.iea.org/areas-of-work> (erişim tarihi: 31.01.2020).
- IEA. (2021m). “World Energy Outlook” <https://www.iea.org/topics/world-energy-outlook> (erişim tarihi: 14.01.2021)
- IEA. (2021n). “Policies”. <https://www.iea.org/policies> (erişim tarihi: 10.05.2021)
- IRENA. (2013). “Overcoming Barriers to Authorizing Renewable Power Plants and Infrastructure”. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Events/2013/Jan/12_1/Background_Paper-D.pdf (erişim Tarihi: 30.11.2019).
- IRENA. (2021a). “Solar energy”. <https://www.irena.org/solar> (erişim tarihi: 15.05.2021)
- IRENA. (2021b). “Wind energy”. <https://www.irena.org/wind> (erişim tarihi: 19.04.2021)
- IRENA. (2021c). “Bioenergy”. <https://www.irena.org/bioenergy>. (erişim tarihi: 19.04.2021)
- IRENA. (2021d). “Hydropower”. <https://www.irena.org/hydropower> (erişim tarihi: 09.01.2021)
- IRENA. (2021e). “Geothermal energy”. <https://www.irena.org/geothermal> (erişim tarihi: 30.04.2021)
- IRENA. (2021f). “Ocean energy”. <https://www.irena.org/ocean> (erişim tarihi: 03.03.2021)
- IRENA. (2021g). “Off-grid for Energy Access”. <https://www.irena.org/offgrid> (erişim tarihi: 20.02.2021)
- IRENA. (2021h). “Benefits”. <https://www.irena.org/benefits> (erişim Tarihi: 03.06.2021)
- IRENA. (2021i). “History”. <https://www.irena.org/history> (erişim Tarihi: 03.06.2021)

- IRENA. (2021j). “About IRENA” <https://www.irena.org/aboutirena> (erişim Tarihi: 03.06.2021)
- IRENA. (2021k). “Clean Energy Corridors”. <https://www.irena.org/cleanenergycorridors> (erişim Tarihi: 03.06.2021)
- IRENA. (2021l) . “IRENA”. <https://www.irena.org/ADFD> (erişim tarihi: 30.05.2021)
- IRENA. (2021m). “Query Tool”. <https://www.irena.org/Statistics/Download-Data> (erişim tarihi: 23.05.2021)
- Leszczensky, L. ve Wolbring, T., (2019). “How to Deal With Reverse Causality Using Panel Data? Recommendations for Researchers Based on a Simulation Study”. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0049124119882473> (erişim tarihi: 30.06.2021).
- MFA. (2019a). “Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü”. <http://www.mfa.gov.tr/viyana-sozlesmesi-ve-montreal-protokolu.tr.mfa> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- MFA. (2019b). “Kyoto Potokolü”. <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- MFA. (2019c). “Paris Anlaşması”. <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- MFA. (2021). “Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi”. https://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa (erişim tarihi: 21.05.2021)
- MTA. (2021). “Kömür”. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/komur.pdf> (erişim tarihi: 17.04.2021)
- Özcan, M. (2020). “Yeşil sertifikalar yenilenebilir enerji kullanımına hız kazandırıyor”. <https://temizenerji.org/2020/01/20/yesil-sertifikalar-yenilenebilir-enerji-kullanimina-hiz-kazandiriyor/> (erişim tarihi: 03.06.2021)
- REN21 (2021). “REN21”. <https://www.ren21.net/> (erişim tarihi: 30.03.2021)
- Sağlam, M. ve Uyar, T. (2005). “Dalga Enerjisi ve Türkiye’nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli”. http://www.emo.org.tr/ekler/20bb2d9a50d5ac1_ek.pdf (erişim tarihi: 30.11.2019)
- Sarı, A. (2015). “Kaya Gazı Nedir”. <http://www.eng.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/362/2015/01/Kaya-gaz%C4%B1-8-1-20151.pdf/> (erişim tarihi: 17.09.2020)
- SBB. (2021). “Sürdürülebilir Kalkınma”. <http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/temel-tanimlar/> (erişim tarihi: 17.05.2021)

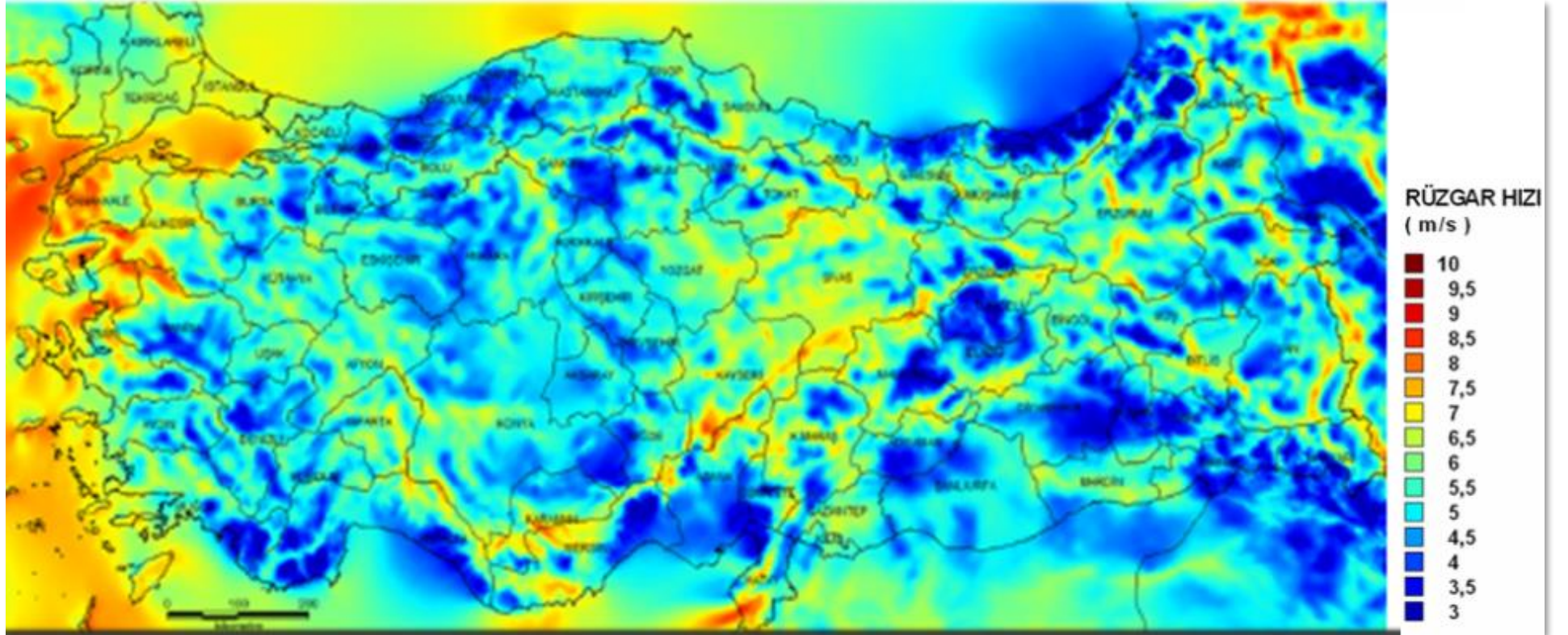
- SEIA. (2021). “Net Metering Facts”. <https://www.seia.org/research-resources/net-metering-facts> (erişim tarihi: 30.06.2021).
- Syntech. (2019). “Biomass Advantages Disadvantages”. <https://www.syntechbioenergy.com/blog/biomass-advantages-disadvantages> (erişim tarihi: 31.11.2019)
- TAEK. (2019). “TAEK”. <https://www.taek.gov.tr> (erişim tarihi: 10.10.2019)
- TEİAŞ. (2021). “Türkiye Elektrik Üretim İletim İstatistikleri”. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> (erişim tarihi: 10.02.2021)
- The Guardian. 2020. “What is the European Green Deal and will it really cost €1tn?”. <https://www.theguardian.com/world/2020/mar/09/what-is-the-european-green-deal-and-will-it-really-cost-1tn> (erişim tarihi: 20.03.2020)
- TPAO. (2019). “TPAO”. <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=37> (erişim tarihi: 19.10.2019)
- TSKB. (2020). “TSKB”. <http://www.tskb.com.tr/en/sustainable-banking/sustainability-finance/renewable-energy> (erişim tarihi: 30.04.2020)
- UNDP. (2019). “Sustainable Energy”. <https://www.undp.org/content/undp/en/home/2030-agenda-for-sustainable-development/planet/sustainable-energy.html> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- UNEP. (2019). “About UN Environment Program”. <https://www.unenvironment.org/> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- UNFCCC. (2019). “What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?”. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- WB. (2019). “World Bank”. <https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon> (erişim tarihi: 30.11.2019)
- WHO. (2019). “Air Pollution”. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1 (erişim tarihi: 30.11.2019)

EK 1- Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası



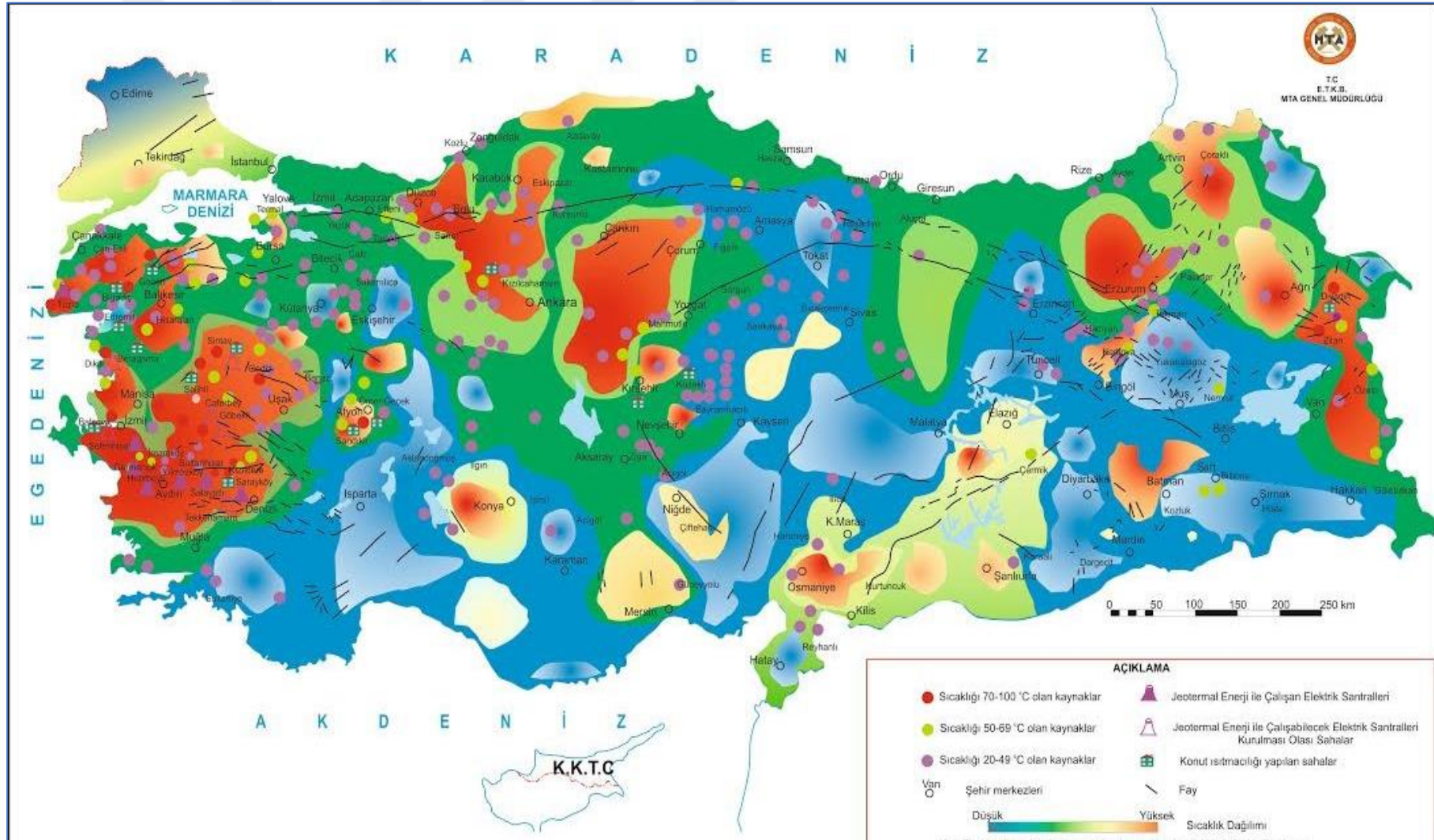
Kaynak: ETKB, 2021d.

EK 2- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası, Rüzgâr Hızı Haritası (50 m yük.)



Kaynak: ETKB, 2021e.

EK 3- Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası



Kaynak: ETKB, 2021h.

Ö Z G E Ç M İ Ş

Adı ve SOYADI	Ramazan KAPLAN
EĞİTİM DURUMU	
Mezun Olduğu Lise	Antalya Karatay Lisesi, 1996.
Lisans Diploması	Ankara Üniversitesi S.B.F. İktisat Bölümü, 2001.
Yüksek Lisans Diploması	Akdeniz Üniversitesi S.B.E. İktisat Ana Bilim Dalı, 2014.
Tez/ Dönem Projesi Konusu	Anti - Damping Uygulamalarının Makro Ekonomik Belirleyicileri: Türkiye Örneği
Yabancı Dil / Diller	İngilizce.
BİLİMSEL FAALİYETLER	
Makaleler: Türkcan, K. ve Kaplan, R. (2020). "Türkiye'nin Açtığı Antidamping Soruşturmalarının Makroekonomik Belirleyicileri". <i>Doğuş Üniversitesi Dergisi</i> , 21(1):1-19.	
İŞ DENEYİMİ	
Çalıştığı Kurumlar	Maliye Bakanlığı, Vergi Müfettişi (2004-2020)