



**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ
POLİTİKALARININ SİMÜLASYON
YAKLAŞIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatih SOĞUKPINAR

**Doktora Tezi
Ekonometri Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Hüseyin ÖZER
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERKAL
2020
Her Hakkı Saklıdır**

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANA BİLİM DALI**

Fatih SOĞUKPINAR

**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARININ
SİMÜLASYON YAKLAŞIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Hüseyin ÖZER**

**ORTAK DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERKAL**

ERZURUM-2020



TEZ BEYAN FORMU

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum " Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Simülasyon Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi " adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Gereğini bilgilerinize arz ederim *.

☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

☒ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay**, patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

[24.12.2020]

[Fatih SOĞUKPINAR]

Aslı Islak İmzalıdır

*** LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi **MADDE 6– (1)** Lisansüstü teze ilgili **patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda**, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu **iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz **makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış** ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile **altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Social Sciences

TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Prof. Dr. Hüseyin ÖZER danışmanlığında, Fatih SOĞUKPINAR tarafından hazırlanan bu çalışma 24/12/2020 tarihinde aşağıda isimleri yazılı jüri tarafından Ekonometri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Recep TARI

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. E. Muhsin DOĞAN

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yusuf AKAN

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Erkan OKTAY

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin ÖZER

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Prof. Dr. Sait UYLAŞ

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIII
GRAFİKLER DİZİNİ	XVI
ÖNSÖZ.....	XIX
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ-YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1. ENERJİNİN ÖNEMİ.....	5
1.2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ	6
1.3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ.....	9
1.3.1. Dünyada Enerji.....	9
1.3.2. Türkiye’de Enerji	14
1.4. ENERJİ KAYNAKLARI	18
1.5. YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	22
1.5.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi	22
1.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	22
1.5.2.1. Hidroelektrik Enerjisi	22
1.5.2.2. Güneş Enerjisi.....	27
1.5.2.3. Rüzgâr Enerjisi	31

1.5.2.4. Jeotermal Enerji	35
1.5.2.5. Biyokütle Enerjisi	38
1.5.3. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Görünümü.....	42
1.5.3.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji	42
1.5.3.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji.....	45
1.5.4. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Belirleme Modeli	47
1.5.4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı Belirlenmesi Yöntemi.....	48
1.5.4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Üzerine Yapılan Çalışmalar	50
1.5.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli.....	52
1.5.5.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli	53
1.5.5.2. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.....	55
1.5.5.3. Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli.....	57
1.5.5.4. Jeotermal Enerji Potansiyeli	59
1.5.5.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli	60
1.5.6. Yenilenebilir Enerji Teşvik ve Politikaları.....	62
1.5.6.1. Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları ve Türleri.....	62
1.5.6.2. Dünyada Yenilenebilir Enerji Politikaları	63
1.5.6.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi	65
1.5.6.4. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri	72

İKİNCİ BÖLÜM

ELEKTRİK ENERJİSİ ARZ/TALEP YAPISI

2.1. ELEKTRİĞİN ÖNEMİ	75
2.2. ELEKTRİK ARZI VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	77
2.2.1. Elektrik Fiyatları.....	78

2.2.2. Dışa Bağımlılık (Kaynak Potansiyeli).....	78
2.2.3. Yasal Düzenlemeler	79
2.2.4. Diğer Ülkelerle Olan İlişkiler	79
2.2.5. Kaynakların Kullanılabilirliği	79
2.3. ELEKTRİK TALEBİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	80
2.3.1. Ekonomik Büyüme	80
2.3.2. Elektrik Fiyatları.....	80
2.3.3. Teknolojik Gelişme	81
2.3.4. Kentleşme	81
2.3.5. Nüfus	81
2.4. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ENERJİSİ.....	82
2.5. TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ARZ/TALEP YAPISI	91
2.5.1. Elektrik Sektörünün Yapısı ve Sektör Oyuncuları	91
2.5.2. Türkiye’de Elektrik Arzı (Üretimi)	93
2.5.3. Türkiye’de Elektrik Talebi (Tüketimi).....	94
2.5.4. Türkiye’nin Elektrik Kurulu Gücü	96
2.5.5. Türkiye’de Elektriğin Fiyatlandırması	100

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ VE METODOLOJİ

3.1. LİTERATÜR ÖZETİ	104
3.2. METODOLOJİ	110
3.2.1 Birim Kök Testleri.....	111
3.2.1.1. Geleneksel Birim Kök Testleri	112
3.2.1.1.1. KPSS Birim Kök Testi	113

3.2.1.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri	116
3.2.1.2.1. LS Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi	120
3.2.2. Eşbütünleşme: ARDL Yaklaşımı	123
3.2.3. Değişkenler ve Veri Seti.....	131
3.2.4. Simülasyon (Benzetim)	133

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TEMEL BULGULAR

4.1. TEST VE TAHMİN SONUÇLARI	137
4.1.1. Birim Kök Testi Sonuçları	137
4.1.1.1. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları	137
4.1.1.2. LS Birim Kök Testi Sonuçları	139
4.1.2. Sektörler İtibarıyla Elektrik Talep Tahminleri	143
4.1.2.1. Mesken Elektrik Talebi Tahmini	144
4.1.2.2. Sanayi Elektrik Talebi Tahmini	150
4.1.2.3. Ticarethane Elektrik Talebi Tahmini	156
4.1.2.4. Resmi Daire Elektrik Talebi Tahmini.....	161
4.1.2.5. Aydınlatma Elektrik Talebi Tahmini	166
4.1.2.6. Toplam Elektrik Talebi Tahmini	171
4.2. TÜRKİYE’DE SEKTÖRLER İTİBARIYLA YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKA(LARININ) SONUÇLARININ SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE ÖNGÖRÜSÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	177
4.2.1. Senaryolar.....	181
4.2.2. Mesken Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları.....	185
4.2.3. Sanayi Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	187
4.2.4. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları.....	189

4.2.5. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	190
4.2.6. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları.....	192
4.2.7. Toplam Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	193
SONUÇ.....	197
KAYNAKLAR	210
ÖZGEÇMİŞ.....	226



ÖZET**DOKTORA TEZİ****TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARININ
SİMÜLASYON YAKLAŞIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ****Fatih SOĞUKPINAR****Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ÖZER****2020, 226 Sayfa****Jüri: Prof. Dr. Recep TARI****Prof. Dr. Erkan OKTAY****Prof. Dr. Yusuf AKAN****Prof. Dr. E. Muhsin DOĞAN****Prof. Dr. Hüseyin ÖZER**

Enerji; ülkelerin sosyal ve ekonomik anlamda gelişmişlik düzeyini yansıtan, uluslararası politikalarına yön veren ve üretimin sürdürülebilirliği için temel bir üretim faktörüdür. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik gelişmeler, artan yaşam standartları ve bunlara bağlı olarak hızla artan enerji tüketimi, enerji talebinin her geçen gün daha da artmasına yol açmaktadır. Bu bağlamda, enerjide büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye’nin yerli ve yenilenebilir olan kaynaklarının potansiyeli ve bu alanda uygulanan politikalar, üzerinde önemle durulması gereken bir husustur.

Bu çalışma, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirerek, ülkenin geleceğine yönelik plan, program ve politikalarına katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmada, Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikaları, 2019-2023 öngörü dönemini kapsayan toplam ve sektörler bazında elektrik enerjisi talep tahminleriyle değerlendirilmekte ve elde edilen bulgular neticesinde çözüm önerileri sunulmaktadır. Bu doğrultuda ilk olarak uzun ve kısa dönemli ilişkiler, Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Sınır Testi Yaklaşımı ile incelenmiştir. Daha sonra Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)’nin 2019-2023 Stratejik Planı çerçevesinde hazırlanan düşük, baz ve yüksek senaryolar ile simülasyon yaklaşımı kullanarak 2023 yılı sonuna kadar öngörülerde bulunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının genel anlamda elektrik talebi üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Elektrik Enerjisi, ARDL Sınır Testi, Simülasyon

ABSTRACT**Ph. D. DISSERTATION****EVALUATION OF THE RENEWABLE ENERGY
POLICIES IN TURKEY BY THE SIMULATION APPROACH****Fatih SOĞUKPINAR****Advisor: Prof. Dr. Hüseyin ÖZER****2020, 226 Pages****Jury: Prof. Dr. Recep TARI****Prof. Dr. Erkan OKTAY****Prof. Dr. Yusuf AKAN****Prof. Dr. E. Muhsin DOĞAN****Prof. Dr. Hüseyin ÖZER**

Energy is an essential production factor for the sustainability of production, that reflects the social and economic development of countries and guides their international policies. Population growth, industrialization, technological developments, increasing living standards and the rapidly increasing energy consumption due to these causes the energy demand to increase day by day. In this context, the potential of domestic and renewable resources of Turkey, highly dependent on foreign energy, and the policies implemented in this field are the issues that should be emphasized. This study aims to contribute to the country's future plans, programs and policies, assessing by simulation method the renewable energy policies implemented in Turkey.

In the study, Turkey's renewable energy policies are evaluated by aggregate and sectoral demand forecasts for electricity energy covering the period of 2019-2023 and solution suggestions are offered as a result of the findings. For this purpose, firstly, long-and short-term relationships were examined with Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Boundary Test approach. Then, predictions were made until the end of 2023 with a simulation approach based on low, base and high scenarios prepared within the framework of the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Energy and Natural Resources of Turkish Republic. The obtained results, in general, have shown that the renewable energy policies in Turkey has an impact of reducing the demand for electricity.

Keywords: Renewable Energy, Electrical Energy, ARDL Boundary Test, Simulation

KISALTMALAR DİZİNİ

ADF	: Genelleştirilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller)
AIC	: Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion)
ARDL	: Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (Autoregressive Distributed Lag)
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
ARIMA	: Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average)
BCM	: Milyar Metreküp (Billion Cubic Meters)
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BEPA	: Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
BTEP	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
CSP	: Konsantre Güneş Enerjisi (Concentrated Solar Power)
DF	: Dickey-Fuller
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EG	: Engle-Granger
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GİP	: Gün İçi Piyasası
GSMH	: Gayri Safi Milli Hâsıla

GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawattsaat
HDM	: Hata Düzeltme Modeli
HES	: Hidroelektrik Santrali
HQ	: Hannan-Quinn
HWÜD	: Holt-Winters Üstel Düzeltme
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IMF	: Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund)
KDV	: Katma Değer Vergisi
KPSS	: Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin
KW	: Kilowatt
KWh	: Kilowattsaat
LCOE	: Düzeltilmiş Elektrik Maliyetleri (Levelized Cost Of Electricity)
LM	: Lagrange Çarpanı (Lagrange Multiplier)
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz (Liquefied Natural Gas)
LS	: Lee-Strazicich
MAED	: Enerji Talep Analizi Modeli (Model for Analysis of Energy Demand)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MJ	: Megajoule
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
MWe	: Megawatt Elektrik

MWh	: Megawattsaat
MWt	: Megawatt Termal (Isı)
NP	: Narayan-Popp
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler (Organization of Petroleum Exporting Countries)
PP	: Philips-Perron
PTF	: Piyasa Takas Fiyatı
PV	: Fotovoltaik (Photovoltaic)
REPA	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
R/P	: Rezerv/Üretim Oranı
SBB	: Strateji ve Bütçe Başkanlığı
SIC	: Schwarz Bilgi Kriteri (Schwarz Information Criterion)
SMF	: Sistem Marjinal Fiyatı
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TKİK	: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TW	: Terawatt
TWh	: Terawattsaat
WB	: Dünya Bankası (World Bank)

YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YÜKT	: Yerli Üretim Karşılığı Tahsis
ZA	: Zivot-Andrews



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA).....	54
Şekil 1.2. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA).....	56
Şekil 1.3. Türkiye Hidroelektrik Enerjisi Potansiyel Haritası	58
Şekil 1.4. Türkiye Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası	59
Şekil 1.5. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA)	61
Şekil 1.6. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi	68
Şekil 2.1. Türkiye’de Elektrik Sisteminin Yapısı	92
Şekil 3.1. Simülasyon Yönteminin Aşamaları	134
Şekil 4.1. Sanayi, Ticarethane, Aydınlatma ve Toplam Model Varsayımları	184
Şekil 4.2. Mesken ve Resmi Daire Model Varsayımları	184

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	19
Tablo 1.2. Rüzgâr Enerjisi Yoğunluk Sınıflandırması	31
Tablo 1.3. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları.....	53
Tablo 1.4. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyeli	55
Tablo 1.5. 50 m Yükseklikte Türkiye Kara ve Deniz Rüzgâr Potansiyeli	56
Tablo 1.6. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA).....	61
Tablo 1.7. Ülkeler Bazında Yatırım ve Finansman Uygulamaları.....	64
Tablo 1.8. 6094 Sayılı Kanun Eki I Sayılı Cetvelde Belirtilen Teşvikler	69
Tablo 1.9. 6094 Sayılı Kanun Eki II Sayılı Cetvelde Belirtilen Teşvikler.....	70
Tablo 1.10. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü 2019-2023 Stratejik Plan Hedefleri (kümülatif, MW).....	74
Tablo 2.1. Türkiye Elektrik Üretiminin Kuruluşlara Göre Dağılımı (2018).....	93
Tablo 2.2. Türkiye'de Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (1988-2017).....	95
Tablo 3.1. Nelson-Plosser Veri Seti'nin Birim Kök Test Sonuçları	117
Tablo 3.2. Kullanılan Değişkenlere İlişkin Bilgiler	132
Tablo 4.1. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları.....	138
Tablo 4.2. LS Birim Kök Testi Sonuçları.....	140
Tablo 4.3. KPSS ve LS Birim Kök Test Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	143
Tablo 4.4. Mesken Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları	145
Tablo 4.5. Mesken Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları.....	146
Tablo 4.6. Mesken Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları	149
Tablo 4.7. Sanayi Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları.....	151
Tablo 4.8. Sanayi Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları.....	152

Tablo 4.9. Sanayi Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları.....	155
Tablo 4.10. Ticarethane Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları.....	157
Tablo 4.11. Ticarethane Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları.....	158
Tablo 4.12. Ticarethane Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları.....	160
Tablo 4.13. Resmi Daire Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları.....	162
Tablo 4.14. Resmi Daire Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları	163
Tablo 4.15. Resmi Daire Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları.....	165
Tablo 4.16. Aydınlatma Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları.....	166
Tablo 4.17. Aydınlatma Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları.....	168
Tablo 4.18. Aydınlatma Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları.....	170
Tablo 4.19. Toplam Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları	172
Tablo 4.20. Toplam Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları	173
Tablo 4.21. Toplam Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları	176
Tablo 4.22. Türkiye Toplam Elektrik Tahmininde Mevcut Çalışma ile Diğer Çalışmaların Sonuçlarının Kıyaslanması.....	181
Tablo 4.23. Mesken Elektrik Talebi Senaryoları.....	185
Tablo 4.24. Mesken Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	186
Tablo 4.25. Sanayi Elektrik Talebi Senaryoları	187
Tablo 4.26. Sanayi Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	188
Tablo 4.27. Ticarethane Elektrik Talebi Senaryoları	189
Tablo 4.28. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	189
Tablo 4.29. Resmi Daire Elektrik Talebi Senaryoları	190
Tablo 4.30. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	191
Tablo 4.31. Aydınlatma Elektrik Talebi Senaryoları	192
Tablo 4.32. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları	192

Tablo 4.33. Toplam Elektrik Talebi Senaryoları.....	193
Tablo 4.34. Toplam Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları.....	194



GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1.1. Enerji Verimliliği Konusunda Öne Çıkan Ülkeler Sıralaması (2018).....	7
Grafik 1.2. Dünya Fosil Kaynaklı Yakıtların Rezerv Miktarları ve Kalan Ömürleri	9
Grafik 1.3. 2018 Yılı İspatlanmış Petrol, Doğalgaz, Kömür Rezervlerinin Dünyadaki Dağılımı (%)	10
Grafik 1.4. Dünya Toplam Enerji Arzı İçerisinde Birincil Enerji Kaynaklarının Payı (%)	11
Grafik 1.5. Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP).....	12
Grafik 1.6. Kaynaklarıyla Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP).....	12
Grafik 1.7. Dünya Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı (2018).....	13
Grafik 1.8. Türkiye’deki Fosil Kaynaklı Yakıtların Rezerv Miktarları	15
Grafik 1.9. Türkiye Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı (2018)	15
Grafik 1.10. Türkiye’de Üretilen Birincil Enerjinin Yerli ve İthal Kaynaklara Göre Dağılımı (2018)	16
Grafik 1.11. Kaynaklarıyla Türkiye Birincil Enerji Tüketimi (MTEP).....	17
Grafik 1.12. Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Sektörler Bakımından.....	18
Grafik 1.13. Dünya Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları Tüketimi (2018).....	43
Grafik 1.14. Kaynaklarıyla Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Dağılımı	43
Grafik 1.15. Kaynaklarıyla Dünya Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh).....	44
Grafik 1.16. Türkiye’nin Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları Tüketimi ..	46
Grafik 1.17. Kaynaklarıyla Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Dağılımı	46
Grafik 1.18. Kaynaklarıyla Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh)	47
Grafik 2.1. Dünya Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı (2018).....	83
Grafik 2.2. Dünyada En Fazla Elektrik Üreten Ülkeler ve Üretim Kaynakları (2018) ..	84
Grafik 2.3. Türkiye Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı (2018).....	85

Grafik 2.4. Kaynak Çeşitleriyle Dünyada Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Üretim Payları (2018)	86
Grafik 2.5. Dünyada Yenilenebilir Enerjiden En Fazla Elektrik Üreten Ülkeler ve Üretim Kaynakları (2018).....	87
Grafik 2.6. Türkiye’de Elektrik Üretiminin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (2018).....	88
Grafik 2.7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretiminin Gelişimi	88
Grafik 2.8. Dünya Elektrik Tüketimi (TWh)	89
Grafik 2.9. Dünyada En Çok Elektrik Tüketen 10 Ülke (2018)	90
Grafik 2.10. Yıllar İtibarıyla Türkiye’nin Net Elektrik Tüketimi (GWh)	90
Grafik 2.11. Türkiye Toplam Elektrik Üretiminde Kamu ve Özel Sektörün Payı (%) .	94
Grafik 2.12. Sektörler İtibarıyla Türkiye’nin Net Elektrik Tüketimi (2018).....	96
Grafik 2.13. Türkiye’nin Kurulu Gücünün Yıllar İtibarıyla Gelişimi (MW)	97
Grafik 2.14. Türkiye Kurulu Gücünün Kamu ve Özel Sektöre Göre Dağılımı (%)	98
Grafik 2.15. Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Gelişimi	98
Grafik 2.16. Türkiye Toplam Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW).....	99
Grafik 2.17. Yıllık Ortalama Piyasa Takas Fiyatı (TL/MWh).....	102
Grafik 2.18. Aylık Ortalama Piyasa Takas Fiyatı (TL/MWh).....	103
Grafik 4.1. Türkiye’nin Büyüme ve Elektrik Tüketiminin Yıllara Göre Artış Yüzdeleri.....	142
Grafik 4.2. Mesken Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği	146
Grafik 4.3. Sanayi Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği.....	152
Grafik 4.4. Ticarethane Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği.....	158
Grafik 4.5. Resmi Daire Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği	163
Grafik 4.6. Aydınlatma Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği.....	167

Grafik 4.7. Toplam Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği	173
Grafik 4.8. Mesken Elektrik Talebi Simülasyonu	178
Grafik 4.9. Sanayi Elektrik Talebi Simülasyonu	178
Grafik 4.10. Ticarethane Elektrik Talebi Simülasyonu	179
Grafik 4.11. Resmi Daire Elektrik Talebi Simülasyonu	179
Grafik 4.12. Aydınlatma Elektrik Talebi Simülasyonu	179
Grafik 4.13. Toplam Elektrik Talebi Simülasyonu.....	180
Grafik 4.14. Mesken Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023).....	186
Grafik 4.15. Sanayi Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)	188
Grafik 4.16. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)	190
Grafik 4.17. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)	191
Grafik 4.18. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)	193
Grafik 4.19. Toplam Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023).....	195
Grafik 4.20. Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketimi Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması.....	195

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca akademik bilgi ve tecrübesi ile çalışmamın her aşamasında katkılarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÖZER'e ve çalışmayı hazırlarken beni yönlendiren, çeşitli aşamalarda yardım eden sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ERKAL'a, bu süreçte bana göstermiş oldukları hoşgörü ve sabırdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez jürimde bulunarak bana fikirleriyle yol gösteren ve katkı sunan sayın Prof. Dr. Yusuf AKAN'a, sayın Prof. Dr. Erkan OKTAY'a, sayın Prof. Dr. Recep TARI'ya ve sayın Prof. Dr. E. Muhsin DOĞAN'a ve lisansüstü eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Hakan EYGÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatım boyunca gösterdikleri sabır ve destek için sevgili eşim Sema'ya, Rabbimin bana verdiği en büyük nimetler olan kızım Esma'ya ve oğlum Hamza'ya, bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan değerli annem ve babama sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca hayatımın her aşamasında koşulsuz şartsız yanımda olan değerli kardeşim Yasin Yıldırım'a teşekkürü bir borç bilirim.

GİRİŞ

İnsanların yaşamlarını sürdürmelerinde zorunlu bir ihtiyaç olan enerji, ülke ekonomilerinin temelini oluşturmaktadır. Ekonomik gelişimin sağlanması için enerjinin güvenli ve sürdürülebilir olarak temin edilmesi ve etkin kullanımı gerekmektedir. Dünyada ihtiyaç duyulan enerji büyük oranda yenilenemez (fosil yakıt) enerji kaynaklarından (kömür, petrol ve doğalgaz) elde edilmektedir. Bu fosil enerji kaynaklarının tüketimi günümüzde de yoğun bir şekilde devam etmektedir. Ancak 1973 petrol krizi sonrasında bu enerji kaynakları arz güvenliği sorunu ile karşı karşıya gelmiştir. Karşılaşılan bu sorun neticesinde dünya alternatif enerji kaynakları arayışına yönelmiştir. Bu süreçte fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaya başlamıştır.

Enerji; ülkelerin sosyal ve ekonomik anlamda gelişmişlik düzeyini yansıtan ve uluslararası politikalarına yön veren, üretimin sürdürülebilirliği için zorunlu bir üretim faktörüdür. 1973 petrol krizine kadar bir üretim girdisi olarak enerjiye yeterli derecede önem verilmemiştir. Kriz sonrası süreçte enerjinin önemi daha da ön plana çıkmış ve enerji bir üretim faktörü olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik gelişim, yükselen yaşam standartları ve bunlara bağlı olarak hızla artan enerji tüketimi, enerji talebinin her geçen gün daha da artmasına yol açmaktadır. Bu enerji talebini karşılamak için gerçekleştirilen enerji üretiminde, yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha az maliyetli olması nedeniyle büyük oranda fosil yakıtlar tercih edilmektedir. Gerek sektörel olarak gerekse toplamda enerji tüketiminin sürekli olarak artması ve fosil yakıt kaynaklarının yoğun kullanımı; enerji arz güvenliği, küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunların çözümüne yönelik yapılan çalışmalar, yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle) kullanımını destekleyen ve arttıran politikalara hız kazandırmıştır.

Enerji bileşenlerine ayrılarak incelendiğinde elektriğin en kaliteli enerji bileşeni olduğu ve enerji tüketimi içindeki payının hızla arttığı görülmektedir. Elektriği sırasıyla doğalgaz, petrol, kömür ve bio yakıtlar takip etmektedir (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul, 2007). Bir ülkenin elektrik enerjisi tüketimi o ülkenin kalkınmışlığının bir göstergesidir (Üstün vd., 2009). Ekonomik faaliyetlerin gerçekleşmesinde vazgeçilmez bir araç olarak

elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi ülkelerin gelişimine bağlı olarak artmaktadır. Buradan hareketle elektrik enerjisi talebi, hem üretim hem de tüketim faaliyetlerinin gerçekleşmesinde önemli bir rol üstlenmekte ve ülkelerin ekonomisini etkileyen önemli bir değişken olarak kabul edilmektedir.

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye için enerji stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye fosil yakıt rezervleri açısından ihtiyacı olan enerjiyi karşılayacak potansiyele sahip değildir. Enerjisinin yarıdan fazlasını ithal etmekte ve bu sebeple ülke ekonomisi bundan olumsuz etkilenmektedir. Fakat çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından yeterli zenginliğe sahiptir. Bu potansiyelin iyi değerlendirilmesi halinde ülke ekonomisine çok yönlü katkı sağlanabilecektir. Yeterli enerji kaynaklarına ve etkin enerji politikalarına sahip olmayan ülkelerde enerjide kaçınılmaz bir son olan dışa bağımlılık, alternatif enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırılarak en az indirilmesi gereken bir sorundur. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak çok çeşitli alternatiflerine sahip Türkiye, bu kaynakları özellikle elektrik enerjisi üretimi olarak çok daha yüksek oranda değerlendirmelidir (Keskinılıç, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynakları; doğada hazır bir şekilde bulunan, kullandıkça tükenmeyen, kısa sürede kendini yenileyebilen kısaca sürdürülebilir bir özelliğe sahip olan enerji kaynaklarıdır. Türkiye’de 18.05.2005 tarihinde 25819 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile değer kazanan yenilenebilir enerji kaynakları; Güneş enerjisi, Rüzgâr enerjisi, Jeotermal enerji, Biyokütle enerjisi ve Hidrolik enerji gibi fosil kökenli olmayan kaynaklardan oluşmaktadır. Türkiye temiz enerji için kullanılabilecek bu yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu bu kaynakların etkin kullanımını mümkün kılmaktadır (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017). Ancak Türkiye bu kaynaklardan sadece hidrolik enerji kaynaklarını yoğun bir şekilde kullanmakta, enerji ihtiyacının geri kalan kısmını dışarıya bağımlı olarak yenilenemez (fosil yakıtlı) enerji kaynaklarından karşılamaktadır. Bu fosil yakıtlara bağımlılık ekonomik olumsuzlukların yanı sıra iklim değişikliğine neden olan sera gazı salınımının artmasına yol açmaktadır. Nitekim iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzlukları önlemek için 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Antlaşması ile küresel sıcaklık artışının ilk aşamada 2 °C'nin altında tutulması

hedeflenmiştir. Bu hedefe ancak elektrik üretiminde fosil yakıtların payının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması ile ulaşılabileceği anlaşılmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019).

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının çeşitli yöntemlerle dönüştürülmesi sonucu elde edilen ve ikincil enerji kaynağı olan elektrik enerjisi, üretim ve tüketim bağlamında paralellik göstermektedir. Elektrik enerjisi depolanamadığı için üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisi talebinin kendine özgü bu yapısı nedeni ile üretim-tüketim dengesi önem arz etmektedir. Bu ise talep tahminlerinin önemini artırmaktadır (Akan ve Tak, 2003). Bu çerçevede enerji kaynaklarının talep analizi ülkelerin enerji politikalarının belirlenmesinde çok büyük öneme sahiptir.

Çalışmanın konusu, Türkiye'de yenilenebilir enerji piyasasında uygulanan politikaların etkilerinin değerlendirilmesidir. Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi elektrik enerjisi talebi yönünden yapılmıştır. Politika etkileri uygulanan politikaların günümüzde de devam etmesi dikkate alınarak iki açıdan değerlendirilmiştir. Bunlar;

- 1) Politikaların uygulanmadığı dönem
- 2) Politikaların uygulandığı dönem

2019-2023 yıllarına yönelik öngörülerde bulunulurken bu iki husus dikkate alınarak senaryolar oluşturulmuştur.

Türkiye'de elektrik enerjisi talebini ekonometrik modellerle ele alan bu çalışmanın amacı; 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile başlayan ve günümüzde de geliştirilerek devam ettirilen yenilenebilir enerji politikalarının elektrik enerjisi talebi üzerindeki etkilerini simülasyon yaklaşımıyla analiz etmektir. Bu amaçla yola çıkılarak, 2023 hedefleri doğrultusunda uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının elektrik enerjisi talebi üzerindeki meydana getireceği etkilere yönelik öngörülerde bulunmak çalışmanın ikinci amacıdır.

Bu çalışma; Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla Türkiye'de elektrik enerjisi talebini hem toplam hem de sektörler bazında incelemiştir. Bu doğrultuda birinci aşamada, ekonometrik modeller

yardımıyla elektrik enerjisi talebini belirleyen etkenler ortaya konulmuştur. İkinci aşamada, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'nın 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hazırlanan yenilenebilir enerji politika senaryoları ile 2023 yılına kadar öngörülerde bulunulmuştur.

Bu doğrultuda hazırlanan çalışma, dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde enerji–yenilenebilir enerji başlığı altında enerjinin tanımı ve önemi işlendikten sonra dünyada ve Türkiye’de enerjinin görünümüne bakılmıştır. Ardından enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerjinin dünyada ve Türkiye’deki durumu incelenerek ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynak potansiyelleri ve bu alanda sağlanan destek ve teşvik politikaları detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

İkinci bölümde, elektrik enerjisinin önemi, elektrik enerjisinin arz ve talebini etkileyen faktörler incelendikten sonra dünyada ve Türkiye’de elektrik enerjisinin üretim ve tüketimine bakılmıştır. Bu bölümün son kısmında ise Türkiye elektrik enerjisinin arz/ talep yapısı detaylı olarak verilmiştir.

Üçüncü bölümde konuyla ilgili literatür özeti sunulduktan sonra çalışmada kullanılan ekonometrik modellerin yapısı ile tahmin ve test yöntemleri anlatılmıştır. Ayrıca bu bölümde çalışmada incelenen değişkenler ve veri seti tanıtıldıktan sonra simülasyon (benzetim) yaklaşımı açıklanmıştır.

Çalışmanın son bölümü olan dördüncü bölümde konuya yönelik ampirik bir uygulama ortaya konulmuştur. Uygulamadan elde edilen test sonuçları ve tahmin modelleri grafik ve tablolar yardımıyla detaylı olarak sunulmuş ve yorumlanmıştır. Son olarak bu bölümde oluşturulan senaryolar yardımıyla yapılan öngörü sonuçları verilmiştir.

Sonuç bölümünde ise uygulama neticesinde elde edilen temel bulgular ele alınmış ve Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikaları konusunda çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ – YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.1. ENERJİNİN ÖNEMİ

En basit haliyle iş yapabilme yeteneği olarak ifade edebileceğimiz enerji, sosyal ve ekonomik hayatta her zaman ve her alandan ihtiyaç duyulan vazgeçilmez unsurlardan biridir. Günümüz ekonomileri için temel bir girdi olan enerji, güçlü bir sanayi ve gelişmiş bir teknoloji için büyük bir öneme sahiptir. Sürekli büyüyen dünya ekonomisi, artan nüfus ve yaşam standartlarındaki değişimler enerji üretim ve tüketiminin çok büyük boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Enerji talebindeki bu artış; gelişmiş ülkelerin mevcut durumlarını korumaları, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin ise gelişimlerini sürdürebilmeleri için enerji konusu üzerinde önemle durmaları ve bu konuda etkin politikalar geliştirmeleri gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Enerji üretimi için gerekli yer altı kaynakları bakımından bazı ülkeler önemli derecede kaynak potansiyeline sahip iken, diğerleri bundan mahrumdur. 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi ile birlikte meydana gelen fosil enerji kaynaklarının tükenme tehlikesi ve oluşturduğu çevresel sorunlar ülkeleri var olan enerji kaynaklarının nasıl daha verimli kullanılabileceği konusunda çalışmalar yapmanın yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla kullanmaya yöneltmiştir.

Gelişmekte olan ve buna bağlı olarak her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duyan fakat enerji kaynağı potansiyeli veya değerlendirmesi açısından yetersiz olan ülkeler enerji alanında dışa bağımlı durumdadırlar. Bu ülkelerin gelirlerinin önemli bir kısmını ihtiyaçları olan enerji talebini karşılamak için harcamaları gerekmektedir. Ülkeler için ağır bir maliyete neden olan bu sorunun çözümü yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Yenilenebilir enerji kaynakları tükenmeyen bir kaynak olması, daha az çevre kirliliğine neden olması ve yerli bir kaynak olması açısından ülkelerin bu dışa bağımlılığının azaltılmasında çok etkin role sahiptir.

Türkiye'de kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının çok üzerindedir. Bu durum Türkiye'de yaşam standartlarının arttığını göstermektedir. Fakat artan enerji talebinin nasıl karşılanacağı sorunu Türkiye'yi ekonomik ve politik açıdan sıkıntıya düşürmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir bir kalkınma için fosil enerji kaynakları

bakımından yetersiz bir potansiyele sahip olan Türkiye’de de bu enerji arz sorununa çözüm bulunmalıdır. Bu çözüm ise yenilenebilir enerji kaynaklarının etkili ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi ve enerji sektörünün hızla bu kaynaklara yönelmesinin sağlanması için kamu teşviklerinin artırılması ve politikaların geliştirilmesi olmalıdır.

1.2. ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Dünyada ve Türkiye’de özellikle son yıllarda gündemi en çok meşgul eden konulardan birisi olan hızla tükenen fosil yakıtlar ve buna bağlı olarak enerji arz ve talebinde yaşanan olumsuzluklar ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Günümüzde enerjinin etkin ve verimli kullanımı büyük önem taşımakla birlikte, enerji kaynaklarına ulaşma konusunda tüm ülkeler aynı oranda potansiyele sahip değildir. Hatta çoğu ülke bu anlamda tamamen dışa bağımlı haldedir.

Artan dünya nüfusu, küreselleşme, teknolojik gelişim ve artan yaşam kalitesi enerji tüketiminde artışa neden olmaktadır. Yaşanan enerji krizleri, fiyat artışları, iklim değişikliği ve çevresel faktörler çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Bu doğrultuda dünyadaki tüm ülkelerin enerji verimliliği konusu üzerinde önemle durmaları gerekmektedir.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne neden olmadan, ürün miktarı başına enerji tüketiminin minimum hale getirilmesidir. Dolayısıyla tasarruf enerji verimliliği alanında öne çıkan en önemli etkenlerin başında yer almaktadır. Burada tasarruftan kasıt ekonomik gelişim ve yaşam standartlarını engellemeden enerji tüketiminin en aza indirilmesidir. Enerji verimliliği alanındaki politikalar, bir taraftan ekonomik ve sosyal kalkınmanın sürdürülebilirliği ile doğrudan ilişkili olması diğer taraftan ise sera gazı salınımlarının azaltılmasında çok önemli bir role sahip olması nedeniyle, önemle üzerinde durulması gereken bir konudur (ETKB, 2020).

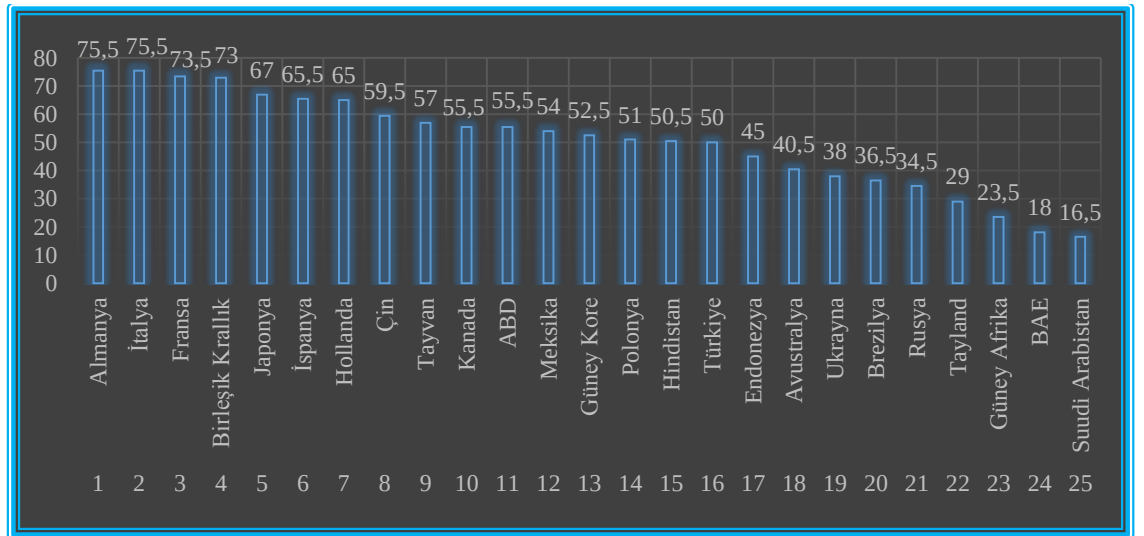
Ülkeler bazında enerji verimliliği genel olarak enerji yoğunluğuyla tahmin edilmektedir. Enerji yoğunluğu kavramı, enerji tüketiminin gayrisafi yurt içi hâsıla (GSYH) gibi ekonomik bir göstereye bölünmesi yoluyla bulunmaktadır. Yani enerji yoğunluğu birim GSYH başına tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir. Buradan hareketle bir ülkedeki enerji yoğunluğunun düşük seviyede çıkması, birim hâsıla üretmek

için harcanan enerjinin düşük olduğu ve o ülkede enerjinin verimli kullanıldığı anlamına gelmektedir. Dolayısıyla enerji verimliliği ve enerji yoğunluğu arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu söylenebilir (Kavaz, 2019).

Enerji verimliliği konusunda bazı ülkeler ön plana çıkmaktadır. Söz konusu ülkelerin enerji tüketim miktarlarının yüksek olması enerjiyi verimli kullanma yönünde hareket etmelerine sebep olmaktadır. Grafik 1.1’de yer alan sıralamada kullanılan ülke puanları ülkelerin şu dört kategori üzerinden değerlendirilmesiyle hesaplanmıştır:

- Ulusal Çaba: Enerji verimliliği konusunda yapılan yatırımlar, enerji yoğunluğundaki değişim, enerji tasarruf hedefleri, enerji verimliliği konusunda yapılan araştırma-geliştirme harcamaları, vergi indirimleri, verilerin ulaşılabilirliği
- Konut: İmar yönetmeliği, bina derecelendirmeleri, binalarda uygulanan güçlendirme politikaları, konut enerji yoğunluğu, cihaz ve donanımdaki standartlar
- Sanayi: Sanayi alanındaki enerji yoğunluğu, enerji yönetimini destekleyen politikalar, kullanılan makine-ekipmanın minimum verimlilik standartları, araştırma-geliştirme yatırımları, zorunlu enerji denetimleri
- Ulaşım: Kişi başı araç kullanımı, taşımacılıktaki enerji yoğunluğu, yakıt verimliliği standartları, toplu taşıma kullanımı, kara yolu ve demir yolları için yapılan yatırımlar

Bu sınıflandırmada kategorilerin her birine maksimum 25 puan verilerek toplam 100 puan üzerinden bir puanlama yapılmaktadır (Kavaz, 2019).



Grafik 1.1. Enerji Verimliliği Konusunda Öne Çıkan Ülkeler Sıralaması (2018)

Grafik 1.1 incelendiğinde Almanya (75,5), İtalya (75,5) ve Fransa (73,5)'nin sıralamada ilk üçte yer almalarının nedenleri arasında bu ülkelerin özellikle konut ve sanayi sektörlerinde gösterdikleri performanslar sayılabilir. Özellikle Almanya ve İtalya'nın enerji verimliliği konusundaki AR-GE yatırımları ve enerji yönetimini teşvik edici politika uygulamaları bu ülkeleri ilk sıralara taşımıştır. Almanya son zamanlarda ulusal çaba kategorisinde gelişme gösterirken İtalya ise ulaşım alanında öne çıkmıştır. Bununla birlikte 50 ülke puanıyla 25. sırada yer alan Türkiye ise özellikle konut ve sanayi alanındaki atılımlarıyla dikkat çekmektedir (Kavaz, 2019).

Enerji talebi en hızlı artan ülkeler arasında yer alan Türkiye, enerji kaynaklarında büyük oranda dışa bağımlı yapısı nedeniyle alternatif politikalar geliştirmelidir. Bu bağlamda söz konusu kaynakların tüketimini ekonomik ve sosyal gelişmelere zarar vermeden azaltmak için enerji verimliliği Türkiye için üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Türkiye'de yüksek seviyede bulunan enerji yoğunluğunun azaltılması için GSYH miktarındaki artışın enerji tüketimi artışından fazla olması gerekmektedir. Bu da enerjinin verimli kullanımıyla mümkündür.

Türkiye'nin enerji yoğunluğu endeksi yıllar itibarıyla 3 ve 4 değerleri arasında değişmektedir. Yani Türkiye'de 1 birim GSYH elde edebilmek için 3 veya 4 birim enerji tüketilmektedir. Enerji yoğunluğu açısından Türkiye dünya ortalamasından daha iyi durumda olmasına rağmen İsviçre, Singapur ve Danimarka gibi gelişmiş ülkelere göre geri plandadır (Kavaz, 2019).

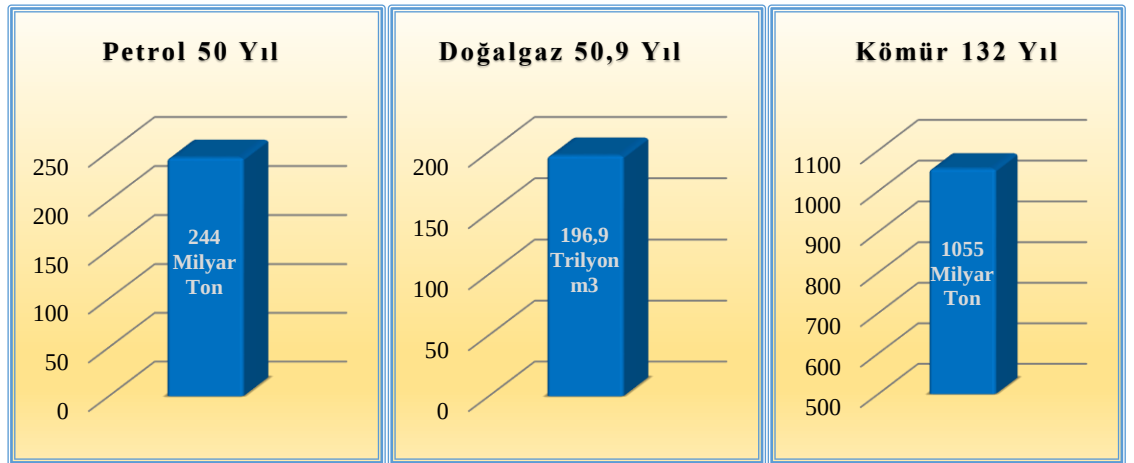
Enerji verimliliği ve tasarrufu; enerji arz güvenliği, dışa bağımlılığın azaltılması, çevrenin korunması ve iklim değişikliğine karşı mücadelenin etkinliğinin artırılmasının sağlanması gibi 2023 yılı ulusal strateji hedeflerinin ve enerji politikalarının en önemli bileşenlerinden biridir. Enerji verimliliği konusundaki çalışmalar ile Türkiye'nin enerji yoğunluğunun 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca, Türkiye'nin ilk enerji verimliliği eylem planı olan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023), 02.01.2018 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 6 farklı sektörde bulunan 55 adet eylemin hayata geçirilmesi ile 2023 yılına kadar 10,9 milyar ABD doları yatırım ile kümülatif olarak 23,9 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) enerji tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Bu da 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde

%14 oranında bir azalma demektir. 2033 yılına kadar hedeflenen tasarruf değeri ise 30,2 milyar dolardır (ETKB, 2020).

1.3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ

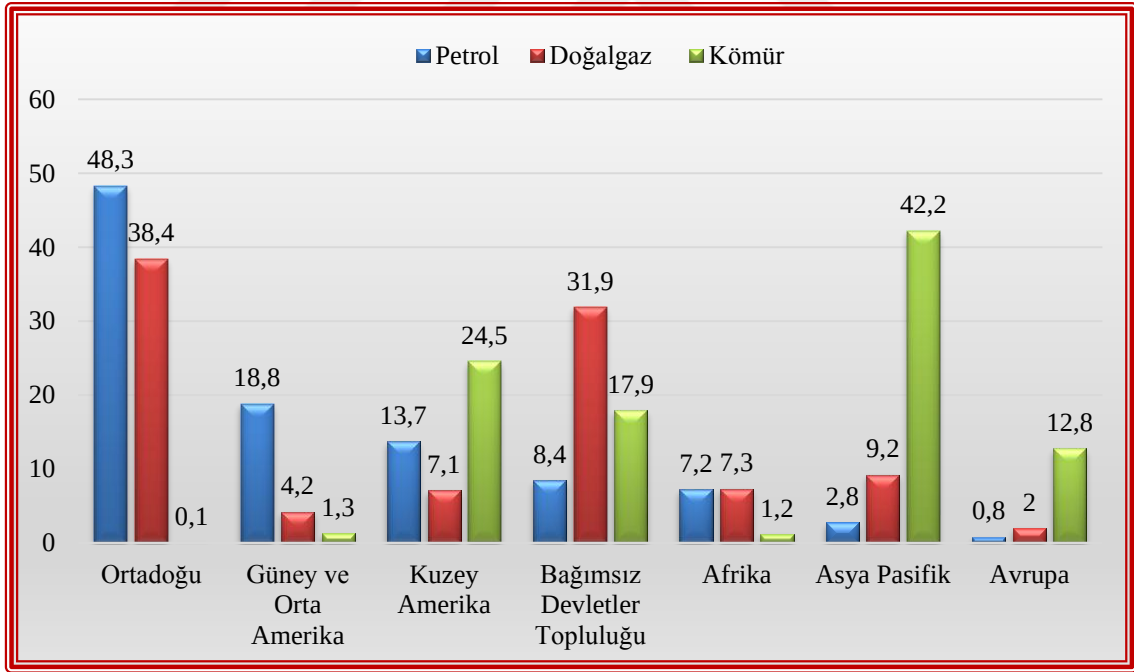
1.3.1. Dünyada Enerji

Küresel ölçekte tüketilen enerji kaynakları arasında en büyük pay yaklaşık %85 ile rezerv olarak neredeyse tükenme noktasında olan fosil kaynaklara aittir. Grafik 1.2'de görüldüğü üzere 2018 yılı sonunda petrol rezervleri 2017'ye göre 2 milyar varil artışla 1730 milyar varil (244 milyar ton) olmuştur. Küresel R/P (Rezerv-Üretim) oranı 2018'deki petrol rezervlerinin 50 yıllık cari üretime yetebileceğini göstermektedir. Dünya kanıtlanmış doğalgaz rezervleri, ağırlıklı olarak Azerbaycan'da artan rezervlerin bir sonucu olarak, 2018 yılında 0,7 trilyon m³ artarak 196,9 trilyon m³'e yükselmiştir. Rusya (38,9 trilyon m³), İran (31,9 trilyon m³) ve Katar (24,7 trilyon m³) en büyük rezerve sahip ülkelerdir. Mevcut küresel R/P oranı, 2018'deki doğalgaz rezervlerinin 50,9 yıllık üretim sağlayabileceği anlamına gelmektedir. 2018'de dünya kömür rezervleri ise 1055 milyar ton olup, büyük bir bölümü sadece birkaç ülkede yoğunlaşmıştır: ABD (%24), Rusya (%15), Avustralya (%14) ve Çin (%13). Kömür için 2018 yılı küresel R/P oranı dikkate alınarak 2018'deki kömür rezervlerinin, 132 yıllık mevcut üretimi karşılayabileceği söylenebilir (BP, 2019).



Grafik 1.2. Dünya Fosil Kaynaklı Yakıtların Rezerv Miktarları ve Kalan Ömürleri

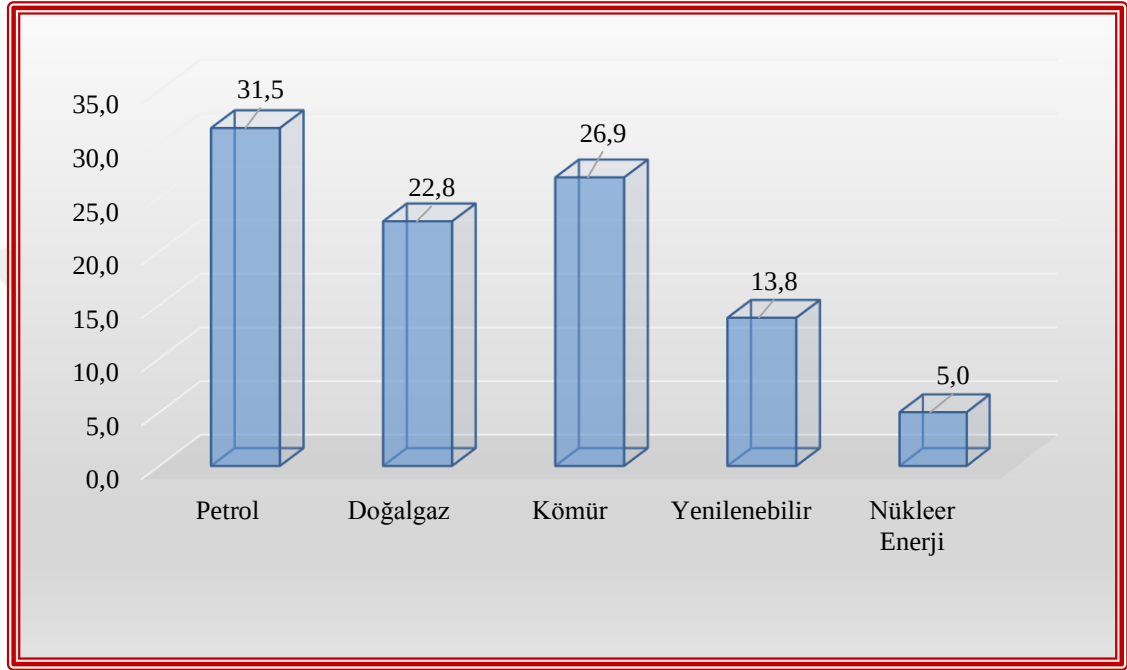
Dünya petrol rezervleri bölgesel olarak değerlendirildiğinde, Güney ve Orta Amerika en yüksek R/P oranına (136 yıl) sahipken, Avrupa en düşük orana (11 yıl) sahiptir. Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC), küresel rezervlerin %71,8'ine sahiptir. Rezerv açısından ilk sırada yer alan ülke Venezuela (küresel rezervlerin %17,5'i) olup, onu Suudi Arabistan (%17,2), ardından Kanada (%9,7), İran (%9,0) ve Irak (%8,5) izlemektedir. Dünya ispatlanmış doğalgaz rezervleri açısından Orta Doğu 109,9 yıl ve Bağımsız Devletler Topluluğu (Azerbaycan, Kazakistan, Rusya, Türkmenistan, Özbekistan, Kırgızistan, Tacikistan, Moldova, Ermenistan ve Beyaz Rusya) 75,6 yıl ile en yüksek R/P oranına sahip bölgelerdir. 2018 yılı itibarıyla kömür rezervi olarak en yüksek R/P oranına sahip bölgelerin ise 342 yıl ile Kuzey Amerika ve 329 yıl ile Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT)'nin olduğu tespit edilmiştir. Grafik 1.3 incelendiğinde 2018 yılı sonu itibarıyla fosil kaynakların dünyadaki bölgesel dağılımında, petrol ve doğalgazda Orta Doğu'nun, kömürde ise Asya Pasifik bölgesinin en fazla pay sahibi olan bölgeler olduğu belirlenmiştir (BP, 2019).



Grafik 1.3. 2018 Yılı İspatlanmış Petrol, Doğalgaz, Kömür Rezervlerinin Dünyadaki Dağılımı (%)

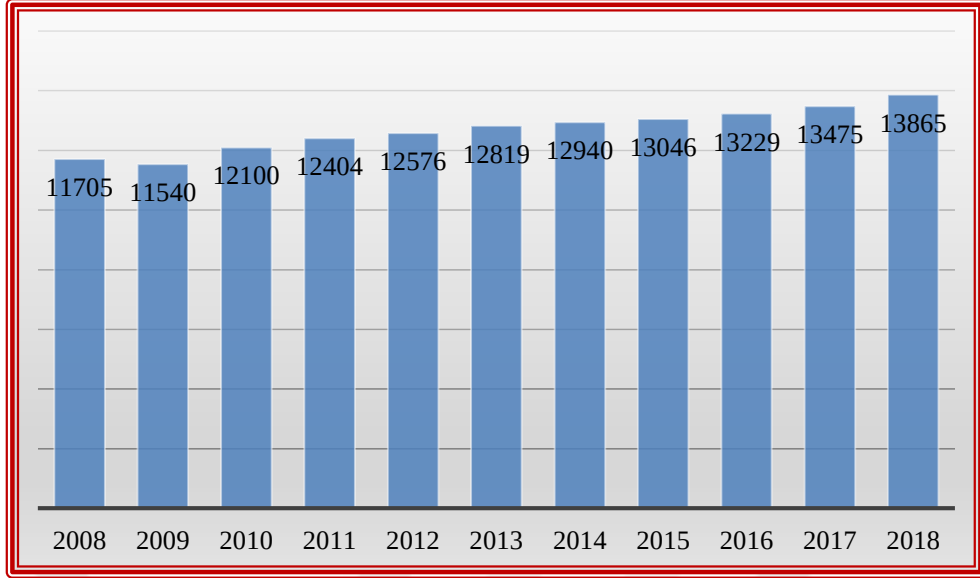
Dünya enerji arzı 2018 yılında toplam 14.282 MTEP olarak hesaplanmıştır. 2017 yılına kıyasla %2,4 oranında bir artış göstermiştir. 2018 yılında dünya toplam enerji arzı

içerisinde birincil enerji kaynaklarının payları Grafik1.4'te sunulmuştur. Enerji arzındaki en büyük pay fosil kaynaklı yakıtlardan petrole (%31,5) ait olup, onu yine fosil kaynaklı olan kömür (%26,9) ve doğalgaz (%22,8) izlemektedir. Dünya enerji arzında yenilenebilir enerji kaynakları ise %13,8 ile nükleer enerjiden sonra en düşük ikinci paya sahiptir (BP, 2019).



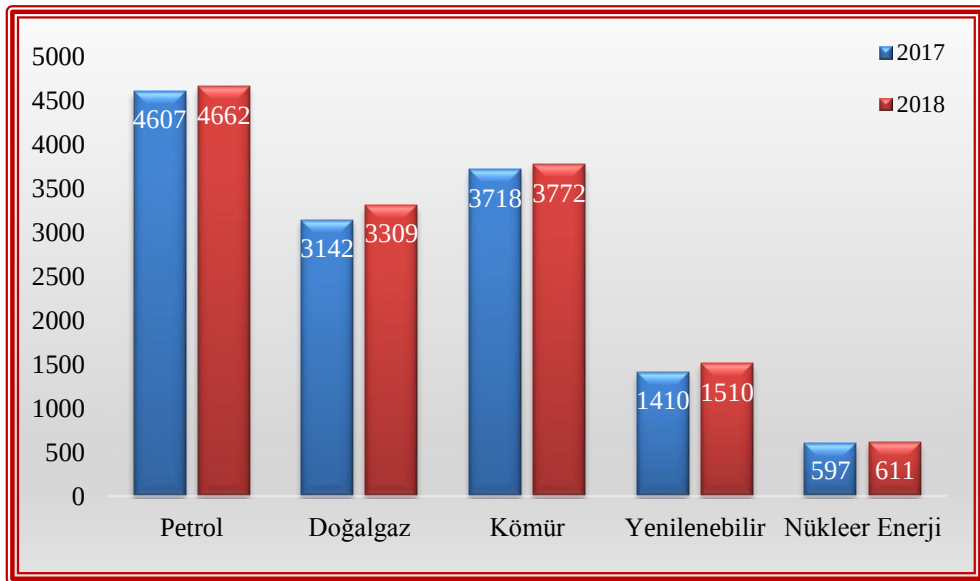
Grafik 1.4. Dünya Toplam Enerji Arzı İçerisinde Birincil Enerji Kaynaklarının Payı (%)

Grafik 1.5'e bakıldığında, dünyadaki toplam birincil enerji tüketimi 2018 yılında %2,9 oranında artışla 13.865 MTEP olmuştur. 2010 yılından sonra en hızlı artışı göstererek son 10 yıl içerisinde yıllık ortalama artış oranı olan %1,5 değerinin neredeyse iki katına çıkmıştır. Çin, ABD ve Hindistan birlikte enerji talebindeki küresel artışın üçte ikisinden fazlasını oluştururken, ABD enerji tüketimi 30 yıl boyunca en hızlı oranda artmıştır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkelerinde önceki yıla nazaran 2018 yılında enerji talebi doğalgaz talebindeki yüksek artışa (70 MTEP) bağlı olarak 82 MTEP artmıştır. OECD dışı ülkelerde ise, enerji talebi artışı (308 MTEP), artışın büyük kısmını temsil eden doğalgaz (98 MTEP), kömür (85 MTEP) ve petrol (47 MTEP) artışları ile daha homojen dağılmıştır (BP, 2019).



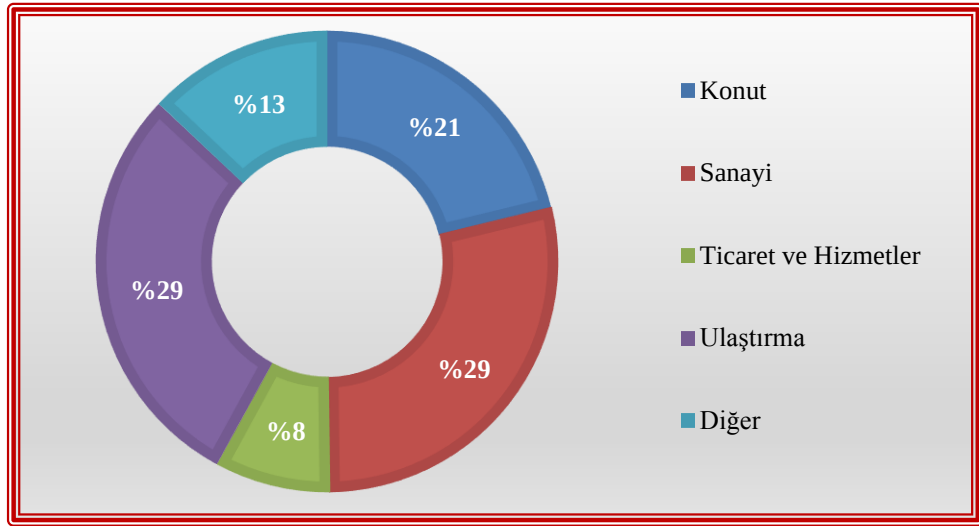
Grafik 1.5. Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)

Grafik 1.6’da görüldüğü üzere dünya birincil enerji tüketimindeki artış kaynak türlerine göre incelendiğinde ise, artışın büyük kısmının (167 MTEP) doğalgazdan kaynaklandığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış (100 MTEP) her ne kadar ikinci en büyük artışı oluştursa da, yenilenebilir enerji dışındaki tüm kaynaklar 10 yıllık ortalamalarından daha fazla artış göstermişlerdir (Bu değerlendirmede yenilenebilir enerji kaynaklarına hidro dâhildir) (BP, 2019).



Grafik 1.6. Kaynaklarıyla Dünya Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)

Dünya genelinde tüm kaynaklara olan talep artmıştır, ancak artış özellikle doğalgaz (168 MTEP, küresel artışın %43'ü) ve yenilenebilir enerji (100 MTEP, küresel artışın %26'sı) kaynaklarında diğer kaynaklara oranla daha fazla olmuştur. Petrol Afrika, Avrupa ve Amerika'da baskın yakıt olmaya devam ederken, doğalgaz BDT bölgesinde ve Orta Doğu'da hâkim olup her iki bölgede de enerji karışımının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Petrol çoğunlukla Asya Pasifik ve Kuzey Amerika'da tüketilmektedir. Bu bölgeler birlikte küresel tüketimin %60'ını oluşturmaktadır. Küresel kömür tüketimi büyük ölçüde Asya Pasifik'te yoğunlaşırken, nükleer tüketimin üçte ikisinden fazlası Kuzey Amerika ve Avrupa'da yoğunlaşmıştır. Asya Pasifik ile Güney ve Orta Amerika, hidroelektrik santrallerinin neredeyse %60'ını oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerjinin %90'ından fazlası Asya Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika'da tüketilmektedir. Enerji sektöründe petrol en çok kullanılan kaynak olmaya devam etmektedir. Petrolü takip eden ikinci en büyük yakıt kömür olmasına rağmen 2018 yılında pay kaybederek %27 oranıyla son 15 yılın en düşük seviyesine gerilemiştir. Üçüncü sırada yer alan doğalgazın payı %24'e yükselerek kömür ile arasındaki fark %3 olmuştur. Yenilenebilir (Hidro dâhil) ve nükleer enerjinin katkısı 2018'de sırasıyla %11 ve %4 olmuştur (BP, 2019).



Grafik 1.7. Dünya Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı (2018)

Dünya 2018 yılı birincil enerji tüketiminin sektörel dağılımı Grafik 1.7'de gösterilmiştir. 2018 yılı içerisinde ulaştırma ve sanayi sektörleri enerji tüketen en büyük

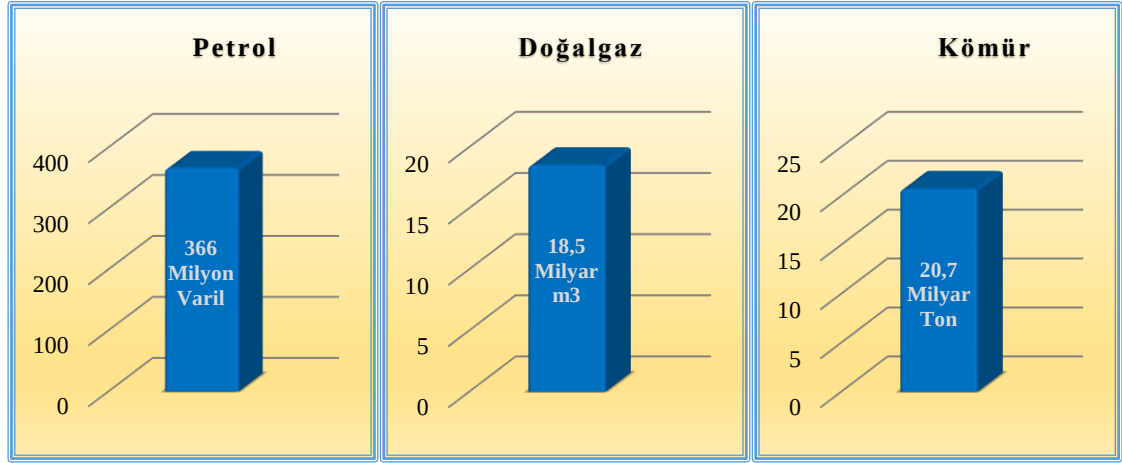
iki sektör konumundadır. Bu sektörleri takiben %21'lik oran ile konut sektörü dünya genelinde üçüncü sırada yer almıştır (IEA, 2020).

1.3.2. Türkiye’de Enerji

Türkiye’de enerji arzının %30’unu, enerji tüketiminin ise ortalama %35’ini petrol ve petrol ürünleri oluşturmaktadır. Türkiye sınırlı doğal kaynakları nedeniyle petrol ihtiyacının %90’dan fazlasını ithal etmektedir. Son dönemde özellikle Akdeniz ve Karadeniz’de hız kazanan petrol ve doğalgaz arama çalışmaları ile birlikte üretimde artış olacağı beklenmektedir. Türkiye üretilebilir petrol rezervi, 2018 yılında 366 milyon varil olarak hesaplanmış olup rezervlerin büyük kısmı Türkiye’nin güneydoğusunda tespit edilmiştir. Mevcut rezerv miktarı ve üretim miktarı göz önüne alındığında, kalan üretilebilir ham petrol rezervinin yaklaşık 18 yıllık ömrü olduğu tespit edilmiştir.

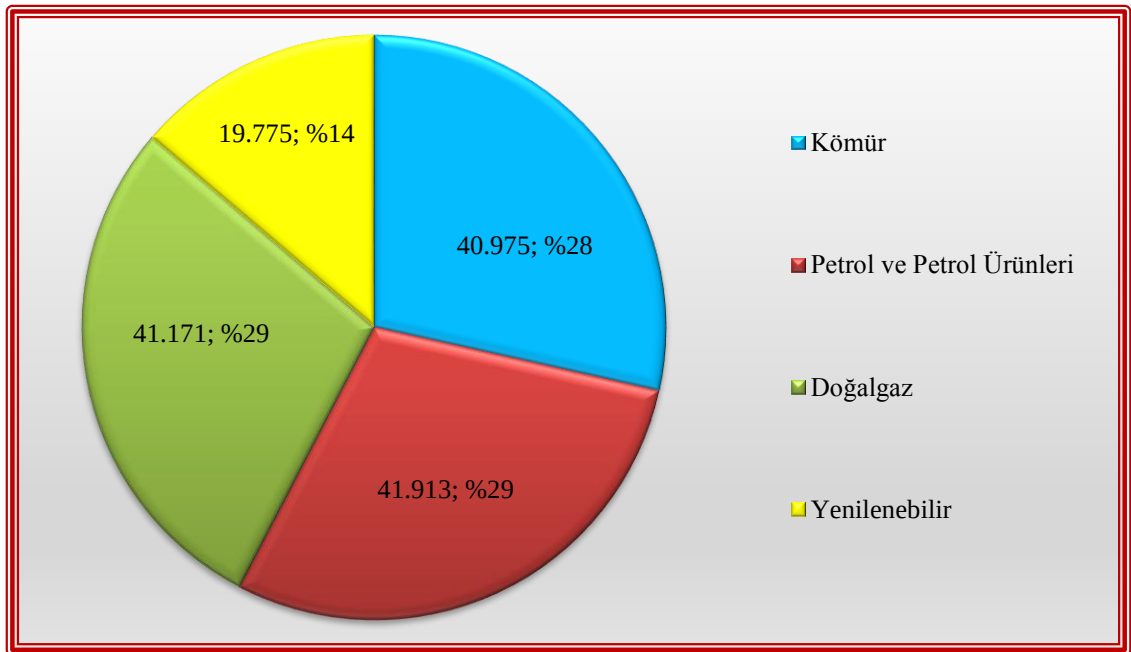
Küresel bazda yapılan enerji tüketim tahminlerine göre fosil yakıtlar arasında 2040 yılına kadar tüketimi artmaya devam edecek olan tek yakıtın doğalgaz olması öngörülmektedir. Günümüzde dünya birincil enerji tüketiminde üçüncü sırada yer alan doğalgazın, ilerde yıllarda kömürü geride bırakarak ikinci sıraya yükselmesi beklenmektedir. Kaya gazındaki gelişmeler ve sıvılaştırılmış doğalgaz (Liquefied Natural Gas, LNG) üretiminin artmasına bağlı olarak doğalgaz tüketim alanları da dünya genelinde artmaktadır. Türkiye yaklaşık 18,5 milyar m³’lük rezervi ve düşük üretimi ile yıllık tüketiminin %1’ini bile karşılayamamaktadır (Bektaş, Hakyemez, Yanık ve Kavak, 2019).

Türkiye kömür kaynağı ve üretim miktarları bakımından dünya ölçeğinde linyitte orta seviyede, taşkömüründe ise alt seviyede yer almaktadır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)’nın güncel raporlarına göre, 736 milyon tonu görünür olmak üzere taşkömürü kaynağı 1,52 milyar ton’dur. Linyit, asfaltit ve taşkömürü ile birlikte toplam kömür kaynağı 20,7 milyar ton’dur. Türkiye’de kömür kaynaklarının sadece üçte birinin etüt ve fizibilite çalışmaları tamamlandığı için çok az bir kısmı rezerv olarak değerlendirilmektedir (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu [TKİK], 2019). Bahsi geçen fosil kaynaklı yakıtların Türkiye’deki rezerv miktarları Grafik 1.8’de özetle verilmiştir.



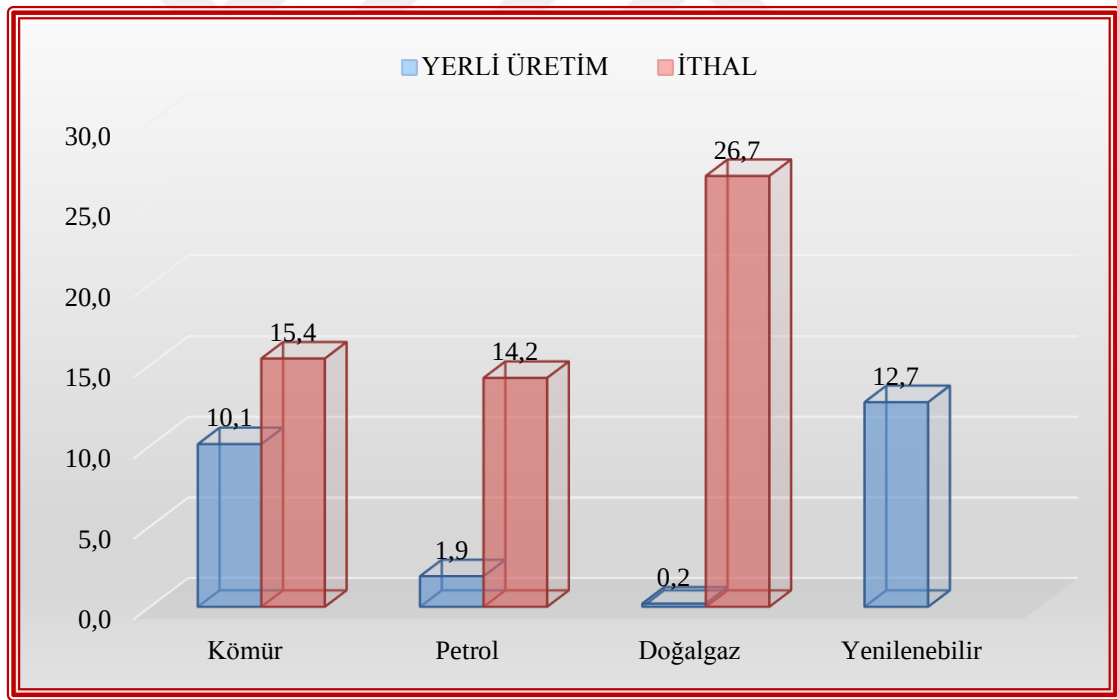
Grafik 1.8. Türkiye’deki Fosil Kaynaklı Yakıtların Rezerv Miktarları

Türkiye’nin birincil enerji arzı 2018 yılında bir önceki yıla göre %1,1 azalarak 143.666 bin ton eşdeğer petrol (BTEP) olmuştur. Bu arzın kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, ilk sırayı 41.913 BTEP ile ham petrol ve petrol ürünleri alırken, 41.171 BTEP ile doğalgaz ikinci sırada, 40.975 BTEP ile kömür (Taşkömürü, Linyit, Asfaltit, Kok) üçüncü sırada ve 19.775 BTEP ile yenilenebilir enerji kaynakları (Hidrolik, Jeotermal, Rüzgâr, Güneş, Biyoenerji ve Atık) son sırada yer almıştır. Grafik 1.9’da Türkiye’de 2018 yılı toplam birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı gösterilmiştir (ETKB, 2020).



Grafik 1.9. Türkiye Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre Dağılımı (2018)

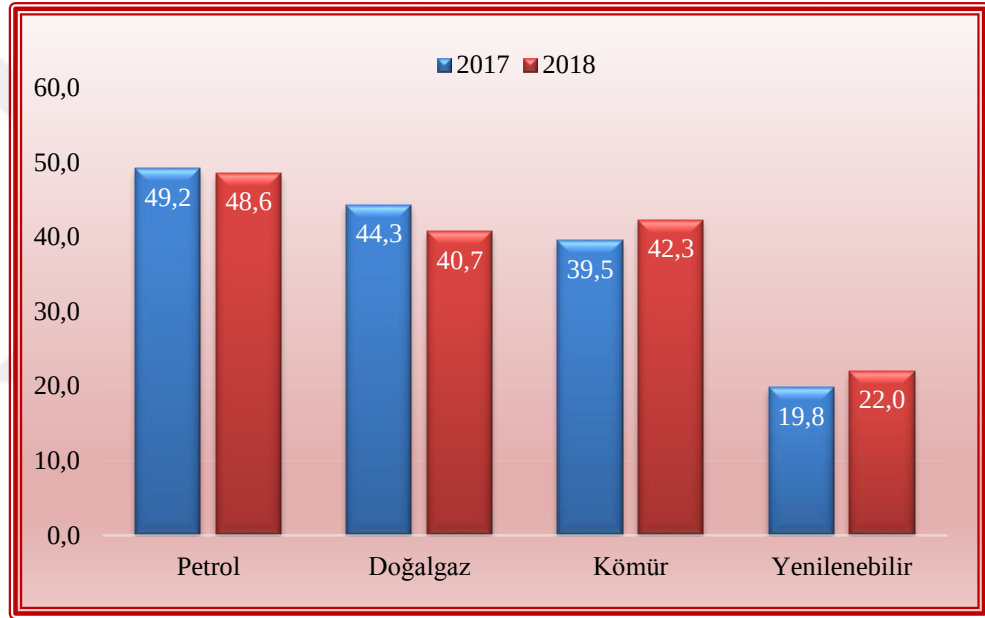
Türkiye’de yerli ve ithal olarak 2018 yılı toplam birincil enerji üretiminde yerli kaynaklar bazındaki dağılımda en yüksek payı %12,7 ile Grafik 1.10’da görüldüğü üzere yenilenebilir kaynaklar (Jeotermal %42, Hidrolik %26, Biyoenerji ve atık %15, Rüzgâr %9, Güneş %8) oluştururken ikinci sırada kömür %10,1 oranı (%96 Linyit ve %4 Taşkömürü) ile onu takip etmektedir. 2017 yılı toplam birincil enerji üretiminde yerli kaynaklar bakımından yenilenebilir %10,8 (Jeotermal %41, Hidrolik %29, Biyoenerji ve atık %15, Rüzgâr %9, Güneş %6) ve kömür %9,1 (%95 Linyit ve %5 Taşkömürü) oranında paya sahip iken bu oranlar 2018 yılında çok az da olsa artış göstermiştir. 2018 yılı itibarıyla Türkiye’de yerli birincil enerji üretimi 39.675 BTEP olarak hesaplanırken, ithal edilen birincil enerji 115.792 BTEP’dir. Bu ithal edilen enerji kaynaklarına bakıldığında Grafik 1.10’da görüldüğü üzere özellikle fosil kökenli yakıtlarda dışa bağımlı olduğumuz açıkça görülmektedir. Yerli ve yabancı kaynaklara bağlı olmak üzere toplam birincil enerji üretimi 155.467 BTEP olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2020).



Grafik 1.10. Türkiye’de Üretilen Birincil Enerjinin Yerli ve İthal Kaynaklara Göre Dağılımı (2018)

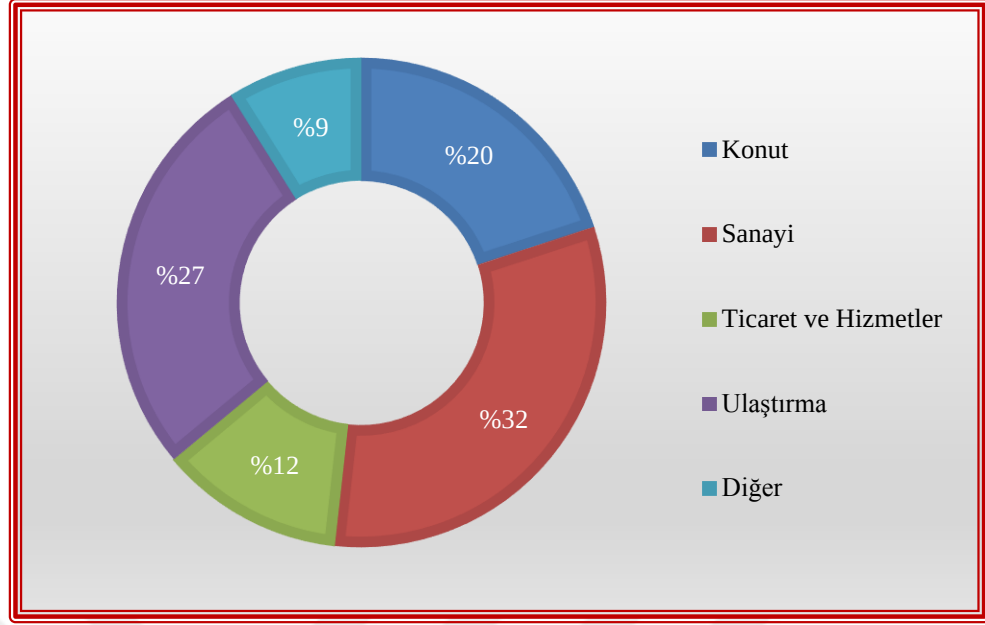
Türkiye’deki toplam birincil enerji tüketimi 2017 yılında 152,7 MTEP iken 2018 yılında %0,5 oranında artışla 153,5 MTEP olmuştur. Türkiye’de birincil enerji

tüketiminin kaynaklar açısından dağılımı Grafik 1.11’de sunulmuştur. Grafik 1.11’de görüldüğü üzere 2018 yılında Türkiye geneli birincil enerji tüketimine kaynaklar açısından bakıldığında petrol ilk sırada 48,6 MTEP miktarı ile bulunmaktadır. Ardından bu tüketim kömür (42,3 MTEP) ve doğalgaz (40,7 MTEP) ile devam etmektedir. Son yıllarda tüketimi kömürle birlikte giderek artış gösteren yenilenebilir enerji kaynakları ise Türkiye’nin birincil enerji tüketiminde 22,0 MTEP ile son sırada yer almaktadır. Önceki yıla kıyasla 2018 yılında büyük oranda dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğalgaz tüketimi azalırken yerli ve yenilenebilir kaynakların tüketiminde artış gözlemlenmektedir.



Grafik 1.11. Kaynaklarıyla Türkiye Birincil Enerji Tüketimi (MTEP)

Türkiye’de birincil enerji tüketiminin sektörler bazında dağılımı Grafik 1.12’de gösterilmiştir. Tüketimde en büyük pay %32’lik oranla sanayi tüketiminde kullanılmaktadır. Bu oran 32.734 BTEP’e denk gelmektedir. Sanayi sektörünü takiben ulaştırma sektörü %27’lik oran ile ikinci sırada yer alırken, konut sektörü ise %20’lik oran ile üçüncü sırada bulunmaktadır (IEA, 2020).



Grafik 1.12. Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Sektörler Bakımından Dağılımı (2018)

Çalışmanın buraya kadar olan bölümünde enerjinin önemi ve enerji verimliliği konularına değinilmiş, enerjinin genel durumu incelenmiştir. Dünyada ve Türkiye’de enerji kaynaklarının rezervi, üretimi ve tüketimi güncel veriler ışığında ortaya konulmuştur. İlerleyen bölümlerde enerji kaynaklarının tanımı, sınıflandırılması ve bu kaynaklardan özellikle çalışmaya konu olan yenilenebilir enerji kaynakları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

1.4. ENERJİ KAYNAKLARI

Artan nüfus, sanayileşme, kentleşme, ekonomik gelişme ve gelişen yaşam standartları gibi etkenler nedeniyle insanoğlunun günlük yaşantısında zorunlu bir ihtiyaç olan enerji her geçen gün artan bir talebe sahiptir. Temel yaşam kaynaklarından birisi olan enerji doğada maddenin değişik formlarında bulunabilmektedir. Çeşitli yöntemlerle değişim ve dönüşüme uğratarak enerji elde edilen bu maddelere enerji kaynakları denilmektedir. Bazı enerji kaynakları kullanım oranına bağlı olarak giderek tükenmekte iken bazı kaynaklar ise tükenmeyen hatta kullanım hızından daha kısa sürede kendini yenileyebilen özelliğe sahiptir. Bu anlamda kullanılışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Enerji kaynaklarının bir kısmı doğadaki saf haliyle kullanılabilirken, bir kısmı ise çeşitli

işlemlerle dönüştürüldükten sonra kullanımı mümkün hale gelmektedir. Bu durumda ise enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak gruplandırılmaktadır (Bkz. Tablo 1.1.) (Koç ve Şenel, 2013).

Tablo 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji Kaynakları	
Kullanılışlarına Göre	Dönüştürülebilirliklerine Göre
A) Yenilenemez (Tükenir)	A) Birincil (Primer)
a) Fosil Kaynaklı Kömür Petrol Doğalgaz b) Çekirdek Kaynaklı Uranyum Toryum	Kömür Petrol Doğalgaz Nükleer Biyokütle Hidrolik Güneş Rüzgâr Dalga, Gel - Git
B) Yenilenebilir (Tükenmez)	B) İkincil (Sekonder)
Hidrolik Güneş Biyokütle Rüzgâr Jeotermal Dalga, Gel - Git Hidrojen	Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin İkincil Kömür Kok, Petrokok Havagazı Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)

Birincil Enerji Kaynakları, doğadaki ilk haliyle herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan elde edilen kaynaklardır. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğalgaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgârdır. Herhangi bir dönüşüme uğramayan enerji türü birincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Birincil enerjinin çeşitli yöntemlerle dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji türü ise ikincil enerji olarak adlandırılmaktadır. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, havagazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarındandır. Birincil enerji kaynakları yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır (Koç ve Kaya, 2015).

Fosil yakıt olarak da adlandırılan yenilenemez enerji kaynakları, oluşumu uzun yıllar alan, kullanımına bağlı olarak zamanla tükenen enerji kaynaklarıdır.

Günümüzde de yoğun olarak kullanılan başlıca yenilenemez enerji kaynakları kömür, doğalgaz, petrol ve nükleer enerjidir.

Enerji hammaddeleri arasında önemli bir konuma sahip olan kömür, bitkilerin yüksek basınç ve sıcaklık altında metamorfizma (başkalaşım) geçirmesiyle oluşmaktadır. Dünyada geniş rezervlere sahip olan kömür, bitki kökenli bir kayaç olduğu için yüksek oranda karbon içeriğine sahiptir. Kömür; antrasit, taşkömürü ve linyit gibi türlerden oluşmaktadır. Kömürün fosil enerji kaynakları arasında dünyada en çok bulunan enerji kaynağı olması çeşitli sektörlerde daha çok kullanılmasını sağlamaktadır. Dünyadaki kömür üretiminin yaklaşık %69'u elektrik ve ticari ısı üretimi için, %13'ü demir-çelik sanayisinde, %15'i diğer sanayi sektörlerinde ve kalan %3'lük kısım ise ısınma amacıyla tüketilmektedir. Linyit kömürünün ülkeler arasındaki ticareti günümüzde ekonomik olmadığından dolayı dünya kömür ticaretinin neredeyse tamamı taşkömürüne aittir (TKİK, 2019).

Bir petrol ürünü olan doğalgaz, bitki ve hayvan kalıntılarının milyonlarca yıl boyunca yüksek basınç ve sıcaklık altında değişime uğramasıyla oluşur. Petrol ve kömür gibi fosil bir yakıt olan doğalgaz, çeşitli hidrokarbon gazlarının (metan, etan, propan ve bütan) bir karışımıdır. Doğalgazın %70'inden fazlası ana bileşen olan metan tarafından oluşturulur. Renksiz ve kokusuz olup toksik değildir. Nakliye veya işleme sırasında, kullanıcıların gazı güvenlik amacıyla tespit etmelerini sağlamak için ticari bir koku verici eklenir. Yaklaşık olarak 0,6-0,8 özgül ağırlığa sahip olup havadan daha hafiftir. Daha temiz yanma özelliğine sahip temiz bir yakıt olduğundan, doğalgazın diğer yakıt türlerine göre daha az çevresel etkisi vardır. Doğalgaz elektrik üretiminde, ulaşımda, doğrudan veya elektriğin ikamesi olarak sanayide, konutlarda evsel amaçlı (gaz fırınları, ısıtma, sıcak su) kullanılmaktadır. Sanayinin ihtiyacı olan enerjinin büyük bir bölümü elektrik ile birlikte, doğalgazdan karşılanmaktadır ("Natural Gas Knowledge", 2015; Bektaş vd., 2019).

Taşıyağı anlamına gelen petrol, akarsu ve rüzgârların taşıdığı malzemelerden oluşan çökellerle bitki ve hayvan kalıntılarının bir araya gelerek, milyonlarca yıl boyunca yüksek ısı ve basınç etkisiyle fosilleşmeleri sonucu oluşmaktadır. Katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilen petrol, hidrokarbonların bir karışımıdır. Çeşitli renklerde bulunabilen petrolün rengi içeriğinde bulunan hidrokarbonların çeşidi ve miktarından

kaynaklanmaktadır. Enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamada kullanılan petrol, ulaşımda yakıt olarak, sanayide ısıtma ve soğutma sistemlerinde, katı haldeki asfalt türü ile yol yapımında, tekstil ürünlerinde ham madde olarak birçok sektörde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze ülkelerin ekonomisinde stratejik bir öneme sahip olan petrol, ülkeler için büyük bir ekonomik güç demektir (Bektaş vd., 2019).

Elektrik üretiminde elektrik akımını üreten jeneratörlerin döndürülmesi için gerekli olan ısı enerjisi, fosil yakıtlı santrallerde kömür ve petrol yakılarak elde edilirken, nükleer santrallerde uranyum yakıtı parçalanarak elde edilmektedir. Atom çekirdeğinden elde edilen bir enerji türü olan nükleer enerji; uranyum, toryum gibi atomların parçalanmasıyla elde edilen enerjidir. Enerji alanında özellikle dışa bağımlı olan ülkelerde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra nükleer enerji ülkelerin enerji arz güvenliği konusunda büyük önem taşımaktadır. Diğer enerji kaynaklarına göre iklim koşullarına bağlı olmaksızın çalışması, yüksek kapasite faktörü, kurulum aşamasında küçük alanlara ihtiyaç duyması, daha ucuz ve sürdürülebilir olması, çevre dostu olması gibi birçok etken nükleer enerjiyi tercih sebebi yapmıştır. Nükleer santraller sadece elektrik üretmekle kalmayıp ülke ekonomisi açısından istihdam ve insan kaynakları gibi birçok alanda da önemli katkılar sunmaktadır.

Dünyada nükleer santrallerin durumuna baktığımızda fosil kaynaklar açısından zengin sayılabilecek ülkelerde dahi nükleer enerji elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada 31 ülkede 450 nükleer santral bulunmaktadır. En fazla nükleer santralin bulunduğu ABD'de 2, Fransa, İngiltere ve Türkiye'de 1'er, Çin'de 9, Birleşik Arap Emirliklerinde 4 nükleer santral inşaatı devam etmektedir.

Türkiye'nin nükleer enerji santrali kurma hedefi Rusya ile Akkuyu Sahasında 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanan anlaşmayla gerçekleşmeye başlamıştır. İnşaat Lisansı 2 Nisan 2018'de onaylanmış, böylece Akkuyu Nükleer Santralinin ilk ünitesinin temeli atılmıştır. Bu ünitenin 2023 yılında işletmeye alınması hedeflenmektedir. Ülkemizin ikinci nükleer santral projesi olan Sinop Nükleer Santrali için 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile anlaşma imzalanmıştır. Bu konuda çalışmalar halen devam etmektedir (ETKB, 2020).

1.5. YENİLENEBİLİR ENERJİ

1.5.1. Yenilenebilir Enerjinin Önemi

Gelişmekte olan ülkelerdeki nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişim neticesinde artan enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan (kömür, petrol, doğalgaz) karşılanmaktadır. Fakat bu kaynakların sınırlı potansiyeli ve oluşturduğu çevresel sorunlar gibi birtakım problemler özellikle bu kaynaklar özelinde dışa bağımlı olan ülkeleri alternatif enerji kaynakları arayışına yöneltmiştir. Bu bağlamda öne çıkan alternatif enerji kaynakları ise sürdürülebilir bir özelliğe sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Doğal bir süreçle hızla yenilenen bu enerji kaynakları, herhangi bir çevre problemi oluşturmamaktadır. Bu kaynakların en önemli avantajı, yıl boyunca mevcut olması ve bir kerelik yatırımla çevreyi etkilemeden onlarca yıl enerji elde edilmesidir (Alrikabi, 2014).

Yenilenebilir enerji kaynakları, dünya enerji talebini çok fazlasıyla karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir. Bu kaynaklar çok rahat bir şekilde sürdürülebilir enerji hizmeti sağlayabilir. Son yıllarda yenilenebilir enerji teknolojilerindeki maliyet düşüşü bu teknolojilere geçişi hızlandırmış ve bu kaynakların kullanımını artırmıştır. Bu anlamda yenilenebilir enerji piyasaları (elektrik, ısıtma) ciddi anlamda büyümektedir. Hidrolik enerjinin yanı sıra rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle gibi daha yeni teknolojilerin kullanımı hızla artmıştır.

1.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji; güneş, rüzgâr, su, jeotermal ısı ve atık gibi doğal kaynaklardan üretilen ve doğal olarak yenilenen enerjidir. Yenilenebilir kaynaklar ise kısa sürede yenilenebilen sınırsız doğal kaynaklardır (Gorjian, 2017). Yenilenebilir enerji teknolojileri bu doğal enerji kaynaklarını kullanılabilir enerji formlarına (elektrik, ısı ve yakıt) dönüştürmektedir. Bu bölüm kapsamında incelenecek yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji ve biyokütle enerjileridir.

1.5.2.1. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroenerji, hareketli suyun gücünden gelen enerjidir. Suyun akması (düşüşü) ve hareketi, su döngüsü adı verilen sürekli bir doğal döngünün parçasıdır. Güneşten gelen

enerji okyanuslar ve nehirlerdeki suyu buharlaştırır ve onu su buharı olarak gökyüzüne doğru çeker. Su buharı atmosferdeki daha serin havayla karşılaştığında, yoğunlaşır ve bulutları oluşturur. Meydana gelen nem dünyaya yağmur veya kar olarak düşer ve okyanuslardaki ve nehirlerdeki suyu yeniler. Yerçekimi, suyun yüksek bölgelerden alçak bölgelere doğru hareket etmesine neden olur. Bu şekilde sürekli bir döngü halinde bulunan hareketli su son derece önemli bir enerji kaynağıdır. Su döngüsü sürekli devam ettiği için hidroenerji, tükenmeyen bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir.

Hidroenerji yüzyıllardır önce buğdayı un haline getirmek için su çarklarında kullanılmıştır. Su çarkları suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye (harekete) dönüştürülmesini sağlar. Bu enerji tahıl öğütmek, kereste fabrikalarını çalıştırmak veya su pompalamak için kullanılmıştır. 19. yüzyılın sonlarında ise, suyun hareketinden faydalanarak santrallerde elektrik üretilmeye başlanmıştır (“Hydropower”, 2018).

Elektriğin üretildiği tesisler olan hidroelektrik santraller, çok basit bir fiziksel anlayışa dayanır. Hidroelektrik santralleri suyun potansiyel enerjisini önce mekanik enerjiye, daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürür. Elektrik üretmek için suyun hareket halinde olması gerekir. Yerçekimi kuvveti ile düşen su, elektrik üreten türbin bıçaklarının dönmesini sağlar. Dönen türbin bıçakları suyun potansiyel enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Daha sonra bir shaft vasıtasıyla jeneratöre bağlanan türbin, jeneratör rotorunu döndürerek bu mekanik enerjiyi başka bir enerji formu olan elektrik enerjisine dönüştürür.

Hidroelektrik, sonsuz ve sürekli şarjlı bir sistem olan su döngüsüne dayandığı için yenilenebilir bir enerjidir. Hidroelektrik santralleri elektrik üretmek için diğer kaynakları kullanmaz ve diğer santrallerde olduğu gibi havayı, araziye veya suyu kirletmez. Elektrik enerjisi üretmenin en etkin yolu olan hidroelektrik santrallerinin verimliliği günümüzde yaklaşık %90'dır. Hidroelektrik santral projelerinin ömrü diğer enerji üretim çeşitlerine göre uzun olup değişen sistem koşullarına daha hızlı tepki vermektedir. Bu olumlu özellikler, hidroelektrik projelerini daha da cazip hale getirmektedir (“Hydroelectric Power”, 2005).

Bir hidroelektrik enerji santralinin üretebileceği enerji miktarı hidrolik kafa (suyun düştüğü dikey yükseklik) ve debi miktarıyla (salınan su hacmi) orantılıdır. Hidrolik kafa,

tesisin giriş ve çıkış noktası arasındaki su seviyelerindeki farktır. Salınan su hacmi (veya deşarjı), belirli bir sürede bir noktadan geçen saniyede metreküp olarak ifade edilen su hacmidir. Hidrolik kafa ve su akış hızı arttıkça, elektriğe dönüştürülebilecek potansiyel enerji de artar. Düşük debili hidroelektrik santralleri yüksek kafa gerektirirken, düşük kafalı santraller aynı miktarda elektrik enerjisi üretmek için yüksek debiye ihtiyaç duyar.

Hidroelektrik santrallerini işletme ve su hacmine göre iki ana hidroelektrik santrali olarak ayırabiliriz:

- Bir rezervuara sahip olan hidroelektrik santraller
 - i. Depolamalı hidroelektrik santraller
 - ii. Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller
- Rezervuarı bulunmayan nehir tipi hidroelektrik santraller

Depolamalı hidroelektrik santralleri, bir barajın arkasında su tutulması üzerine kuruludur. Elektrik üretmek için rezervuardaki su alınır ve türbine gönderilir. Depolamalı tesisler, suyun doğal akışına daha az bağımlı olmaları avantajına sahiptir. Başka bir deyişle, gerektiğinde elektrik enerjisine dönüştürülecek potansiyel enerjiyi esnek bir şekilde kolayca depolayabilirler. Bu nedenle, bu tesisler yaygın olarak yoğun talebi karşılamak için kullanılır. Bir hidroelektrik santrali deposu ne kadar büyük olursa, o kadar fazla depolama alanı sağlayabilir. Büyük rezervuarlara sahip hidroelektrik santralleri en iyi hizmeti sunmaktadır. Düşük talep dönemlerinde enerjiyi büyük ölçekte depolayabilir ve saatlik, haftalık, aylık hatta mevsimsel bazda yoğun talep dönemlerinde kullanılabilir hale getirebilirler. Ayrıca, hızlı tepki süreleri, talepte ani dalgalanmaları karşılamalarını sağlar. Küçük bir rezervuarı olan hidroelektrik santralleri esas olarak, günlük veya maksimum haftalık bazda üretimi sağlamak için tasarlanmıştır.

Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller, depolamalı hidroelektrik santrallerine benzer, ancak bir alt ve bir üst olmak üzere iki basamaklı rezervuar sistemi ile çalışırlar. İki rezervuar birbirine tüneller veya savaklarla (baraj kapakları) bağlanır. Bir pompa tesisatı aracılığıyla sular iki rezervuar arasında taşınır. Üretim modunda, tesis normal bir hidroelektrik santrali gibi çalışır. Elektrik üretmek için su türbinlerden üst rezervuardan serbest bırakılır. Pompalama modunda, şebekeden alınan elektrik enerjisi, suyu alt rezervuardan yukarıdakine pompalamak için kullanılır. Bu durumda, bir motor jeneratörü, üretim modunda bir jeneratör olarak veya pompalama modunda bir motor

olarak çalışmak için kullanılır. Pompaj depolamalı santraller günlük ve haftalık döngülerde çalıştırılır (tam kapasitede çalışma süresi üst rezervuarın depolama kapasitesi tarafından belirlenir) ve yüksek elektrik talebi dönemlerinde pik elektrik talebini karşılamak üzere tasarlanmıştır. Pompaj depolamalı hidroelektrik tesisleri şu anda en verimli ve büyük ölçekli enerji depolama sistemleridir ve %70-85 aralığında verimliliğe sahiptir. Arazinin topografyasına ve hidrolojik koşullara bağlı olarak, mevcut rezervuarlar veya göller kullanılabilir. Pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri net enerji tüketicileridir; su pompalamak için üretilen enerjinin tüketilen enerjiye oranı %70 ile %85 arasında değişmektedir. Bununla birlikte, bu dezavantaj, bu santraller tarafından sağlanan esneklik ile telafi edilmektedir. Pompaj hidroelektrik santralleri günümüzde en esnek ve düşük maliyetli enerji depolaması biçimidir. Bu nedenle, bu hidroelektrik santrallerinin görevi iki yönlüdür: Talebe bağlı dalgalanmalar için şebekenin dengelenmesi ve üretim kaynaklı dalgalanmaların dengelenmesi.

Nehir tipi hidroelektrik santraller, akarsuyun doğal akışını kullanır ve besleyici bir depolama alanı içermez. Bu nedenle, bu santraller pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerinden daha az esnektir. Nehir tipi enerji santralleri, nehir akışına uygun olarak girişteki su seviyesini hassas bir şekilde kontrol etme kısıtlaması altında çalışır. Nehir tipi santrallerin elektrik üretimi nehirdeki suyun mevcudiyetine bağlıdır ve bu nedenle yıl boyunca önemli ölçüde değişebilir. Nehir tipi santrallerin tasarımı değişiklik gösterir ve hem büyük nehirde küçük kafa ile büyük akış hızı hem de dağlık alanlarda yüksek kafa ile küçük akış hızı için optimize edilebilir. Nehir tipi santraller basamaklı veya çok aşamalı bir tasarımda birleştirilebilir. Bu durumda, aynı nehir üzerinde iki veya daha fazla santral sırayla bulunur. Basamaklı santraller, tüm santrallerde eşzamanlı üretim artışına göre birkaç saat boyunca yüksek miktarda enerji üretebilir (Cora, 2019).

Hidroelektrik enerjisinin birtakım avantaj ve dezavantajları vardır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. Avantajları;

- ❖ Bir baraj inşa edildiğinde, sabit bir oranda elektrik üretilir.
- ❖ Elektriğe ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda, baraj kapıları kapatılabilir ve elektrik üretimi durdurulabilir. Su, elektrik talebinin yüksek olduğu başka bir kullanım için saklanabilir.

- ❖ Barajlar onlarca yıl dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve bu nedenle uzun yıllar boyunca elektrik üretimine katkıda bulunabilir.
- ❖ Baraj gerisinde oluşan göller, su sporları, dinlenme ve eğlence etkinlikleri için kullanılabilir. Büyük barajlar genellikle turistik yerler olarak değerlendirilebilir.
- ❖ Biriktirilen göl suyu sulama amaçlı kullanılabilir.
- ❖ Kullanım sırasında, baraj sistemleri tarafından üretilen elektrik sera gazı üretmez. Atmosferi kirletmez.
- ❖ Hidroelektrik enerji tüketemeyeceğimiz yenilenebilir bir enerjidir. Bununla birlikte, hidroelektrik santrallerin inşası için sınırlı sayıda uygun rezervuar vardır.
- ❖ Hidro enerjiyle elektrik üretilirken oluşan tek kirlilik, elektrik santrallerinin inşası sırasında ortaya çıkar.
- ❖ Hidroelektrik çok güvenilir enerjidir. Farklı bir üretim istenmediği sürece, santraller tarafından elektrik enerjisi açısından çok az dalgalanma vardır. Büyük hidroelektrik kaynaklarına sahip ülkeler, temel enerji ihtiyaçları için kaynak olarak hidroelektrik kullanırlar. Rezervuarlarda su olduğu sürece elektrik üretilir.
- ❖ Hidroelektrik esnek bir enerji kaynağıdır. Yani su kullanımını ve elektrik üretimini ayarlamak kolaydır. Enerji tüketiminin düşük olduğu zamanlarda, su akışı kısılır ve rezervuardaki su enerjinin tüketiminin yüksek olduğu zamanlar için saklanır.
- ❖ Fosil yakıtlar ve nükleer enerji ile karşılaştırıldığında hidroelektrik çok daha güvenlidir. Su haricinde kullanılan yakıt yoktur.

Dezavantajları;

- ❖ Barajların inşa edilmesi son derece pahalıdır ve çok yüksek bir standarda göre inşa edilmeleri gerekir.
- ❖ Baraj inşaatının yüksek maliyeti, kurulan tesisin kârlı hale gelmesi için uzun yıllar faaliyet göstermesini gerektirir.
- ❖ Geniş arazilerin sular altında kalması, doğal çevrenin tahrip olmasına yol açabilir.
- ❖ Baraj suları altında kalan vadide bulunan köy ve kasabalarda yaşayan insanlar taşınmak zorunda kalabilirler.
- ❖ Büyük barajların inşası ciddi jeolojik hasara neden olabilir. (Depremlerin tetiklenmesi)
- ❖ Elektrik üretimi mevcut su miktarıyla doğrudan ilişkili olduğu için kuraklık hidroelektrik santralleri için olumsuz bir sonuç oluşturur.

- ❖ Hidroelektrik santraller için uygun rezervuarlar sınırlıdır.
- ❖ Bir ülkede bir nehir üzerine inşa edilen barajlar, aynı nehirdeki su kaynağını paylaştığı komşu ülkelerle arasında ciddi sorun oluşturabilir.
- ❖ Hidroelektrik enerji santralleri, suyun zarar görmesi, değişen su akışı, yolların ve elektrik hatlarının inşası nedeniyle birtakım çevresel problemlere yol açabilir.
- ❖ Hidroelektrik santraller balık vb. su canlılarının yaşam alanlarını olumsuz etkileyebilir (Askari, Mirhabibi ve Abadi, 2015).

1.5.2.2. Güneş Enerjisi

Dünyanın en eski ve en büyük enerji kaynağı olan güneş hidrojen ve helyum gazlarından oluşmaktadır. Güneş enerjisi, sıcaklığın 15 milyar °C'ye ulaştığı çekirdeğindeki nükleer füzyon reaksiyonu sonucu ortaya çıkan bir enerjidir. Güneşteki bu nükleer füzyon sonucunda saniyede yaklaşık 600 milyon ton hidrojen helyuma dönüşmekte ve bu dönüşüm sırasında 4 milyon ton hidrojen enerjiye dönüşmektedir. Işık ve ısı biçimindeki bu enerjinin küçük bir kısmı dünyaya ulaşacak şekilde evrene yayılır (Khan vd., 2018).

Güneş, 3.8×10^{23} kilowatt (kw) değerinde enerji yaymaktadır. Yayılan bu enerjinin yaklaşık 1.8×10^{14} kw'ı güneşten yaklaşık 150 milyon km uzakta olan dünya tarafından tutulmaktadır. Dünya tarafından yansıtılan ve absorbe edilen kısım hariç tutulduktan sonra, bu miktarın yaklaşık %60'ı yeryüzünün yüzeyine ulaşmaktadır. Bu enerjinin yaklaşık %0,1'inin, %10 verimlilikle dönüştürüldüğü varsayıldığında, dünyanın toplam enerji üretim kapasitesi olan yaklaşık 3.000 GW enerjinin dört katı enerji oluşacaktır. Bu kadar büyük potansiyele ve sürekli yenilenebilir bir özelliğe sahip olan güneş enerjisi, özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkeler açısından vazgeçilmez doğal bir kaynaktır.

Dünyadaki tüm yaşamın kaynağı olan güneş enerjisinden birçok farklı şekilde faydalanılmaktadır. Güneş, bitkilerdeki fotosentezden fotovoltaiik (Photovoltaic, PV) hücrelerle elektrik üretmeye, su ve yiyecekleri ısıtmaya kadar birçok faaliyet için kullanılabileceğimiz iki ana enerji türü olan ışık ve ısı enerjisinden oluşmaktadır. Güneş enerjisi yaygın bir şekilde su ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır. Çoğu güneş enerjili su ısıtıcıları evlerde bir çatı hücresi kullanılarak güneşin ısınıyı toplayıp su tankına aktarmak suretiyle tüketilen suları ısıtmada kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin su ısıtma amacıyla kullanıldığı bir başka uygulama ise yüzme havuzlarıdır. Havuz suyu bir

toplayıcıda biriktirilir ve burada güneş ışığı ile ısıtıldıktan sonra tekrar havuza pompalanmak suretiyle kullanılabilir. Uygulanan ısıtma ve soğutma sistemleri ile farklı iklim şartlarında konut ve işletmelerin ısı gereksinimlerini karşılamada da güneş enerjisi kullanılmaktadır. Güneş enerjisi uygulamalarının en önemlisi son yıllarda çok fazla ivme kazanan güneş enerjisinden elektrik üretmektir. Güneş paneli maliyetleri azaldıkça ve daha fazla insan güneş enerjisinin finansal ve çevresel faydalarının farkına vardıkça, güneş elektriği giderek daha erişilebilir hale gelmektedir. Güneş enerjisi ile elektrik üretiminde iki ana teknoloji bulunmaktadır. Bunlar:

- Konsantre Güneş Enerjisi (Concentrated Solar Power, CSP): Güneş enerjisinin uygun ayna sistemleri ile konsantre edildiği teknoloji
- Fotovoltaik (PV) Hücreler: Güneş ışınının doğrudan elektrik enerjisine dönüştürüldüğü teknoloji

PV ve CSP teknolojileri elektrik üretimi açısından farklılık gösterir. PV teknolojisi, güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürürken, CSP güneş teknolojileri güneşin ısı enerjisini kullanarak buhar elde eder ve daha sonra buharı elektrik üretmek için buhar türbinlerini çalıştırmada kullanır (Çelebi, 2012).

Güneş PV teknolojisi, elektrik üretmek için güneşin ışık enerjisini ve yarı iletkenlerin özelliklerini kullanır. Yarı iletkenler hücreler şeklinde tasarlanır ve bu hücreler bir panele monte edilir. Paneller, daha fazla miktarda elektrik üretmek için tekrar büyük dizilere monte edilebilir. Birkaç panel daha büyük gruplara monte edildiğinden ve her panel bağımsız olduğundan, güneş PV sistemi bir veya birkaç panel kırıldıktan sonra bile çalışmaya devam edebilir. Genellikle, güneş PV sistemlerinde farklı boyutlar vardır. Büyük ölçekli PV sistemleri şebekeye bağlanır ve birden fazla müşteriye elektrik sağlayabilir. Küçük PV sistemleri genellikle tek bir ev veya bina için elektrik sağlar. Tek bir ev için küçük PV sistemleri genellikle elektrik üretmek için çatıya veya toprağa monte edilir. Şebekeye bağlı PV sistemlerinin birçok avantajı vardır. Güneş PV sistemleri ile kullanım yerinde elektrik üretilerek, müşterilerden uzaktan bulunan santrallerin iletim maliyetleri azaltılabilir. Ayrıca, şebekeye bağlı güneş PV sistemleri, şebekenin büyük bir depolama tesisi olarak kullanılabilmesi açısından depolama tesislerine ihtiyaç duymaz. Sistemlerin bu özellikleri güneş pazarını gelecekte daha da cazibeli hale getirebilir (Jung, 2014).

CSP güneş enerjisi teknolojisi, güneş enerjisini bir kuleye veya başka bir alıcıya yansıtmak ve yoğunlaştırmak için aynalar kullanır ve elektrik üretmek için bir türbine güç sağlayacak ısı üretir. Bu termal enerji, bir jeneratöre güç vermeden önce depolanabilir, bu da onu güneş PV'den daha esnek bir elektrik kaynağı yapar. Arazi alanı fotovoltaiik ve termal enerji (CSP) üretim süreçlerinde önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Fotovoltaiik tesis, aynı güç kapasitesine sahip bir CSP tesisinin alanından %50-55 daha az alan kullanmaktadır. Güneş fotovoltaiik panellerinin pozisyonu düz veya eğimli olabilir. Bir CSP santrali fotovoltaiik santrale kıyasla düz bir araziye ihtiyaç duyduğundan, güneş fotovoltaiik bir tesisin kurulumu genellikle bir CSP tesisinin kurulumundan daha kolaydır, eğimli bölgelere kolayca monte edilebilir. Bu nedenle, fotovoltaiik tesisler genişlemek için güneş ısıll olanlarından daha uygundur. Güneş fotovoltaiik tesisinin kurulum süreleri de termal santralden daha azdır. PV santralleri CSP Santrallerinden daha kısa sürede inşa edilmektedir. Bununla birlikte, güneş termal (CSP) santrallerinin fotovoltaiik tesislere göre önemli bir avantajı vardır. PV tesisleri, bir şebekeye öngörülebilir enerji sağlanması için uygun değildir. Fakat CSP tesisleri depolama sistemlerinden dolayı daha öngörülebilir enerji sağlayabilmektedir (Shah, 2012).

Güneş enerjisi üretimi, mevcut gelişim seviyesi göz önüne alındığında maliyetler hala etkin olmasa da, artan teknoloji ile güçlü bir potansiyele sahiptir. Son birkaç yıldır PV piyasası; düşen maliyetler, yeni uygulama alanları, ciddi derecede yatırımcı ilgisi ve devam eden güçlü politika desteği ile yönlendirilmektedir. IEA (2004) tarafından güneş enerjisinin 2050'ye kadar dünya enerji arzının %20'sine ve 2100'e kadar %60'ın üzerinde katkıda bulunacağı öngörülmektedir. Diğer bazı tahminler de uzun dönemde güneş enerjisi potansiyelinin kullanımının artacağını göstermektedir. Bu da güneş enerjisinin en yüksek enerji kapasitesine sahip olduğunu ve inkâr edilemez bir şekilde en büyük potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, PV'nin dünyanın gelecekteki enerji talebini karşılamada ne kadar önemli bir rol oynayacağını göstermektedir (Çelebi, 2012).

Güneş enerjisi kullanımının avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz. Avantajlar;

- ❖ Güneş enerjisi fosil enerji kaynakları gibi sera gazları oluşturmaz ve nükleer enerji gibi depolanması gereken atıklar oluşturmaz.

- ❖ Enerjiyi yararlı bir forma dönüştürürken oluşan gürültü kirliliğini önemli ölçüde azaltır, kullanımı çok daha sessizdir.
 - ❖ Güneş enerjisi sistemlerinin rüzgâr ve hidroelektrik enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine bulunduğu çevre üzerinde çok az etkisi vardır.
 - ❖ Güneş panellerinde hareketli parça yoktur ve düzenli temizliğin haricinde çok az bakım gerektirir.
 - ❖ Panellerin ilk kurulum maliyetlerinden sonra bakım ve onarım maliyetleri çok makuldür.
 - ❖ Güneş enerjisi mevcut enerji talebini karşılama potansiyeli ile ilk sırada yer almaktadır.
 - ❖ Herhangi bir yakıtı ihtiyaç duymadan, neredeyse her alanda güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.
- Dezavantajlar;
- ❖ Güneş enerjisini kullanmanın temel sorunu maliyettir. Teknolojideki ilerlemelere rağmen, güneş panelleri ve enerjiyi depolamak için gereken sistem oldukça maliyetlidir.
 - ❖ Konvansiyonel enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklar) ile henüz maliyet açısından rekabetçi değildir.
 - ❖ Tüm bölgeler aynı miktarda yıllık güneş ışığına sahip değildir, güneş enerjisinin etkinliği ekvatordan uzaklaştıkça önemli ölçüde düşer.
 - ❖ Güneş panelleri kurmak isteyen ev sahipleri için, özellikle çatıya monte edildiklerinde, çok büyük kurulum alanına ihtiyaç olmazken, çok fazla enerji üretmek isteyen büyük şirketler yüksek verimlilikte elektrik sağlamak için çok büyük bir kurulum alanına ihtiyaç duyacaktır.
 - ❖ Güneş enerjisi, arazi ve su kullanımı ve kirliliği, doğal alan kaybı ve üretim sürecinde oldukça tehlikeli maddelerin (güneş panellerinde bulunan kadmiyum, kurşun ve son derece toksik metaller) neden olduğu bazı olumsuz çevresel etkilere sahiptir.
 - ❖ Güneş enerjisi güneş ışınlarına bağlı olduğu için, gece boyunca elektrik üretilemez, bu da gün içinde üretilen fazla enerjiyi depolamanızı veya elektrik şebekesi gibi alternatif bir güç kaynağına bağlanmanızı gerektirir.

- ❖ Güneş enerjisi hava durumuna bağlıdır. Bulutlar ve fırtınalar, güneş panelleri tarafından emilen güneş ışınlarını engelleyerek üretilebilecek enerji miktarını da kısıtlar.
- ❖ Rüzgâr enerjisi tesislerinde olduğu gibi, toprağı tarımsal vb. kullanım için kullanmak mümkün değildir (Mohtasham, 2015).

1.5.2.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisinin bir dönüşümü olarak kabul edilebilir. Güneş ışınları, dünyaya ulaştığında coğrafi koşullar nedeniyle farklı bölgeleri farklı derecelerde ısıtır. Bu ısıtma, ekvatorlarda daha yüksek kutuplarda en düşüktür. Hava dalgaları, daha sıcak bölgelerden daha soğuk bölgelere doğru hareket etme eğiliminde olduğu için farklı derecelerde ısınan bölgeler arasında hava akımları meydana gelir. Oluşan bu hava akımlarına rüzgâr denilmektedir. Rüzgârın özelliğı, coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün ısınma derecelerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Rüzgârın hızı yükseklikle birlikte artmakta iken, teorik gücü (yoğunluğu) hızının küpü ile orantılı olarak değişir (ETKB, 2020). Bir alanın rüzgâr enerjisi yoğunluğu (rüzgâr gücü), rüzgâr türbinleri için en uygun alanların karşılaştırılmasına ve seçimine yardımcı olur. Yüksek rüzgâr yoğunluğuna sahip alanlara kurulan türbinler genellikle daha fazla elektrik enerjisi üretir. Amerikan Rüzgâr Enerjisi Birliğı'ne göre; rüzgâr, gelecekteki rüzgâr çiftlikleri için potansiyel bir alanın göstergesi olarak Tablo 1.2'deki kategorilere ayrılabilir (Zafar, 2018).

Tablo 1.2. Rüzgâr Enerjisi Yoğunluk Sınıflandırması

Rüzgâr Güç Sınıfı	Kaynak Potansiyeli	50 m'deki rüzgâr enerjisi yoğunluğu	50 m'deki rüzgâr hızı
		Watt/m ²	m/s
1	Kötü	0 - 200	0 - 6
2	Sınır	200 - 300	6 - 6,8
3	Orta	300 - 400	6,8 - 7,5
4	İyi	400 - 500	7,5 - 8,1
5	Mükemmel	500 - 600	8,1 - 8,6
6	Muhteşem	600 - 800	8,6 - 9,5
7	Süper	> 800	> 9,5

Rüzgâr enerjisi, insanlar tarafından yüzlerce yıldır başlangıçta su pompalamak, yelkenli gemiler ve yel değirmenleri gibi mekanik enerji sağlamada kullanılırken, günümüzde elektrik enerjisi elde etmek için kullanılmaktadır. Rüzgâr, kendi hareketinden kaynaklanan ve hızının artmasıyla artan bir kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgârın sahip olduğu bu kinetik enerji bir rüzgâr türbini aracılığıyla önce mekanik enerjiye sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Michalena ve Hills, 2013). Rüzgâr türbinleri, türbinin içinde döndüğü eksene göre iki türlüdür: Yatay eksenli rüzgâr türbinleri ve Dikey eksenli rüzgâr türbinleri.

Yatay eksenli rüzgâr türbinleri, bir kulenin tepesinde ana rotor gövdesine (rüzgârın döndürdüğü bıçaklar ve göbek kısmı) ve elektrik jeneratörüne sahip sistemler olup, genellikle rüzgâra doğru yönlendirilmeleri gerekir. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri, optimum rüzgâr yakalanmasını sağlayan türbin kanatlarına sahiptir. Türbinler, her zaman rüzgâra dik konumda olduklarından yüksek verim sağlarlar. Rüzgârı yakalayabilmek için gerekli kanat açısının uzaktan kumanda edilebilmesi maksimum rüzgâr enerjisi sağlar. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin bu tür avantajların yanı sıra, yüksek kulelerin montaj zorluğu, taşınması, çok uzun ve pahalı vinçlere ve kalifiye operatörlere ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları da vardır.

Dikey eksenli rüzgâr türbinleri ana gövdeye dikey olarak tasarlanmıştır. Bu sistemin temel avantajı, türbinin etkili olabilmesi için rüzgâra yönlendirilmesinin gerekmemesidir. Bu, rüzgâr yönünün oldukça değişken olduğu bölgelerde bir avantajdır. Bu türbinler rüzgârları farklı yönlerden kullanabilir. Dikey bir eksen kullanarak, jeneratör yere yakın bir bölgeye yerleştirilebilir. Zemine yakın monte edildiği için devasa bir kule yapısına gerek duymamaktadır. Böylece hareketli parçaların bakımı da kolaylaşır. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri yatay eksenli rüzgâr türbinlerine göre daha düşük hızda çalışırlar ve elektrik üretmeye başlarlar. Fakat yatay eksenli rüzgâr türbinlerine göre enerji üretiminde daha az verimliliğe sahiptirler. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri dikey eksenli türbinlere göre daha yaygın olup daha fazla kullanılmaktadırlar (Nagpurwala, 2008).

Rüzgâr endüstrisi gün geçtikçe gelişmekte ve rüzgâr türbinlerinin boyutları ve kapasiteleri de artmaktadır. Giderek daha büyük rüzgâr türbinleri tasarlanmakta ve geliştirilmektedir. Kıyı rüzgâr türbinlerine olan ilgi ve gelişme son yıllarda azalmış ve açık deniz endüstrisi kara rüzgâr endüstrisinden teknolojik olarak daha da ilerlemiştir.

Halen faaliyette olan ve üretilen açık deniz rüzgâr türbinlerinin ortalama kapasitesi 2,5 megawatt (MW) ila 3,5 MW arasındadır (Zafar, 2018).

Rüzgâr türbinleri belirli bir yerde kalıcı olarak bulunurlar ve yıllık maksimum enerji üretmek için tasarlanmışlardır. Rüzgârın yönü ve hızı, sık sık ve hızlı bir şekilde değişikliklere maruz kaldığı için, rüzgâr türbinleri ve ilgili yardımcı cihazlar her ikisine de yanıt verecek şekilde tasarlanmıştır. Bu türbinler kuruldukları alanın sadece %2'sini işgal ettiğinden ve yerden oldukça yüksekte olduğundan, türbinler arasında kalan arazinin büyük bir kısmı ağır ekipmanlar kullanılmadan bağ, bahçe, fidanlık gibi bir tür tarım vb. amaçlar için kullanılabilir (Evrendilek ve Ertekin, 2003).

Rüzgâr, dünya enerji üretimine önemli katkıda bulunmaktadır. Dünya tarafından alınan toplam güneş enerjisinin yaklaşık %2'si veya $3,46 \cdot 10^{12}$ KW rüzgâr enerjisine dönüştürülür. Rüzgâr mekanik enerjisine dönüştürülen toplam güneş enerjisi yılda $1,1 \cdot 10^{17}$ MJ'den fazladır. Bu, 2010 yılında insan nüfusu tarafından kullanılan toplam enerjiden iki milyon daha fazladır. Bu rakamlar, rüzgâr enerjisinin etkin bir şekilde kullanıldığında önemli bir alternatif enerji kaynağı olduğunu ve dünya enerji talebinin önemli bir bölümünü karşılayabileceğini göstermektedir (Michaelides, 2012). Dünyadaki her ülke ve her sektör küresel finansal krizlerden az çok etkilenmesine rağmen, BP Dünya Enerji İstatistiksel incelemesi (2010) verilerine göre rüzgâr enerjisinin performansı bir başarı öyküsüdür (Demirtaş, 2013). Rüzgâr enerjisinin bu başarıya ulaşmasında etkili olan avantajlı yönlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- ❖ Rüzgâr enerjisi diğer yakıt kaynakları ile maliyet açısından rekabetçidir.
- ❖ Rüzgâr enerjisi istihdam yaratır. Rüzgâr türbini imalatı, inşaat ve montaj, bakım ve işletme, hukuk ve pazarlama hizmetleri, nakliye ve lojistik hizmetleri gibi alanlarda uzun vadeli, yüksek ücretli binlerce iş imkânları sağlar.
- ❖ Rüzgâr enerjisi, ulusal enerji portföyünü çeşitlendirmeye yardımcı olan yerli bir enerji kaynağıdır. İthal fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca elektrikli araçların kullanımıyla, rüzgâr enerjisi ithal yakıtlara olan bağımlılığımızı ve arz kesintilerine karşı çaresizliğimizi azaltabilir.
- ❖ Rüzgâr enerjisi çiftçilere gelir sağlamanın yanı sıra toplumlara ekonomik faydalar sağlayabilir. Rüzgâr projeleri, bulundukları bölgelerde arazi sahiplerine kira ödemeleri, istihdam vb. yollarla gelir sağlar.

- ❖ Rüzgâr enerjisi tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağı olup, bol ve hazırdır.
- ❖ Rüzgâr türbinleri su tüketmez. Çoğu elektrik santralinin çalışması için suya ihtiyaç vardır, ancak rüzgârdan elektrik üretmek için su gerekmez.
- ❖ Rüzgâr enerjisi temizdir. Rüzgâr türbinleri tarafından üretilen elektrik, içtiğimiz suyu veya soluduğumuz havayı kirlletmez, bu nedenle rüzgâr enerjisi daha az duman, daha az asit yağmuru ve daha az sera gazı emisyonu anlamına gelir. Temiz bir enerji kaynağı olduğu için rüzgâr enerjisi hava kirliliğiyle ilişkili sağlık hizmetlerini ve çevresel maliyetleri azaltır.
- ❖ Rüzgâr enerji sistemlerinde herhangi bir yakıt kullanımına ihtiyaç olmadığından işletme maliyetleri düşüktür.
- ❖ Rüzgâr enerjisi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Büyük ölçekli rüzgâr çiftlikleri, daha geniş bölgelere elektrik sağlarken, küçük rüzgâr türbinleri tek başına evlere, işletmelere, çiftliklere ve okullara enerji sağlayabilir (“Wind Energy Benefits”, 2015).

Rüzgâr enerjisinin avantajlarının yanı sıra sıralayabileceğimiz dezavantajları ise şunlardır:

- ❖ Rüzgârlar belirsiz ve tahmin edilemez olduğu için güvenilir olmayan bir enerji kaynağıdır.
- ❖ Rüzgâr enerjisi sadece havanın rüzgârlı olduğu ve rüzgârın istenilen güçte olduğu bölgelerde kullanılabilir.
- ❖ Rüzgâr enerjisi santrallerinin bulunduğu yerler genellikle elektrik talebinin yoğun olduğu yerlerden uzaktır. Bu tür yerler elektrik iletim maliyetini artırır.
- ❖ Rüzgâr türbininin ortalama verimliliği fosil yakıt enerji santrallerine göre çok daha azdır. Benzer etkiyi yaratmak için birçok rüzgâr türbinine ihtiyaç duyabiliriz.
- ❖ Yaban hayatı için bir tehdit olabilir. Kuşlar türbinlere çarparak ölebilir veya yaralanabilir.
- ❖ Rüzgâr çiftlikleri kurmak için geniş açık alanlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- ❖ Gürültü kirliliği sorunu genellikle rüzgâr değirmenleriyle ilişkilidir.
- ❖ Rüzgâr enerjisi, üretim süresi boyunca pahalı depolama gerektirir.
- ❖ Rüzgâr türbinleri zamanla aşınma ve yıpranmaya maruz kalan mekanik parçalara sahip oldukları için bakım maliyeti yüksektir (“Wind Energy: Advantages and Disadvantages”, 2012).

1.5.2.4. Jeotermal Enerji

Dünyanın üst tabakası, altı ana tektonik plaka ve birkaç küçük plakadan oluşan 8-10 km kalınlığında ince bir katı tabakadan meydana gelen kabuktur. Yer kabuğu adı verilen bu tabaka, bir magma (erimiş kayalar) havuzu üzerinde yüzer haldedir. Magma, üzerinde bulunan plakalardan daha az yoğun olduğu için yüzeye doğru yükselme eğilimindedir. Ancak genellikle yüzeye ulaşmaz ve plakaları oluşturan kayaların içerisine girerek, kayaların gözeneklerinde ve kırıklarında bulunan suları ısıtır (Michaelides, 2012). Bu şekilde yer kabuğunu oluşturan kayaların içerisinde sıvı su ve/veya buhar şeklinde depolanmış halde bulunan kaynaklara jeotermal kaynak denmektedir.

Jeotermal kaynakları sınıflandırmak için en yaygın kriter, ısıyı derin sıcak kayalardan yüzeye taşıyan, taşıyıcı olarak hareket eden jeotermal akışkanların entalpisine dayanmaktadır. Sıcaklıkla orantılı olarak değişen entalpi, akışkanların ısı (termal enerji) içeriğini ifade etmek için kullanılmaktadır (Dickson ve Fanelli, 2002). Hidrotermal kaynaklar sıcaklıklarına göre düşük, orta ve yüksek entalpili (veya sıcaklıklı) kaynaklar olarak üçe ayrılmaktadır. Düşük entalpili jeotermal kaynaklar sıcaklığı 100 °C'den daha düşük olan kaynaklar, orta entalpili jeotermal kaynaklar 100-180 °C arası sıcaklığa sahip olan kaynaklar, yüksek entalpili jeotermal kaynaklar ise 180 °C'den daha büyük sıcaklığa sahip olan kaynaklardır (Sigfusson ve Uihlein, 2015).

Jeotermal enerji, en genel anlamda, dünyanın doğal ısısidir. Çok büyük bir termal (sıcak) enerji kaynağı olan dünya, çok yüksek miktarda termal enerji üretir. Hidrotermal sirkülasyona dayanan bu enerji, uluslararası enerji tablolarında “yeni yenilenebilir enerji kaynakları” arasında sınıflandırılmasına rağmen, hiç de yeni bir enerji kaynağı değildir. İnsanlar uygarlığın başlangıcından beri dünyanın birçok yerinde kaplıcalarda bu enerji kaynağını kullanmışlardır (Fridleifsson, 2003). Jeotermal kaynakların ısı enerjisinin doğrudan kullanımı, jeotermal enerjinin en eski ve en yaygın kullanım biçimlerinden biridir. Alan ve bölgesel ısıtma, tarımsal uygulamalar, su ürünleri yetiştiriciliği ve endüstriyel kullanımlar en iyi bilinen ve en yaygın kullanım biçimleridir. Jeotermal kaynakların bir diğer kullanım alanı ise bireysel binaları veya evleri ısıtmak veya soğutmak için kullanılan jeotermal ısı pompalarıdır. Jeotermal ısı pompası, bina hava sıcaklığını düzenlemek için doğal ısıtma ve soğutmayı yerden aktaran bir elektrikli ısı pompasıdır. Bu sistemler, soğuk kış ve sıcak yaz mevsimlerinde yüksek verimlilikte

kullanılan sistemlerdir. Kışın, binaları ısıtmak için üstündeki havadan daha sıcak olan zemin sıcaklığını kullanarak çalışır; yazın tersi bir şekilde, iç mekân havasından gelen ısının evden daha soğuk bir zemine aktarıldığı binaları soğutmak için kullanılabilir. Esas olarak, zemin kışın soğukta bir ısı kaynağı ve sıcak yaz aylarında ise bir ısı alıcı olarak düşünülebilir (Zoet, Bowyer, Bratkovic, Frank ve Fernholz, 2011).

Jeotermal kaynaklar sıvı sıcaklığına bağlı olarak elektrik üretiminde de kullanılan önemli enerji kaynaklarıdır. Elektrik üretimi, yüksek sıcaklıklı jeotermal kaynakların ($>150\text{ }^{\circ}\text{C}$) en önemli kullanım şeklidir. Elektrik üretiminde asıl olarak elektrik üreten bir jeneratörü etkinleştiren türbini döndürmek için buhara ihtiyaç vardır. Çoğu enerji santrali buhar elde edebilmek amacıyla suyu kaynatmak için fosil yakıtları kullanırken, jeotermal enerji santralleri yeraltı sıcak akışkanlarından üretilen buharı kullanarak elektrik üretmektedir (Butterfield, Gillette ve Shin, 2003). Jeotermal sahadaki ısı içeriği, kullanılacak üretim teknolojisini belirleyen ana etkindir. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi, yüksek ila orta derecede ısı içeriğine sahip kaynaklar gerektirmektedir. Jeotermal enerji üretiminde günümüzde aşağıdaki dört teknoloji kullanılmaktadır:

1. Doğrudan kuru buhar santralleri (Tek fazlı santraller)
2. Flaş buharlı elektrik santralleri (İki fazlı santraller)
3. İkili (Binary) çevrim enerji santralleri
4. Kombine çevrim veya hibrit (Melez) santraller

Doğrudan kuru buhar santralleri (tek fazlı santraller), üretim kuyuları aracılığıyla çıkarılan yüksek sıcaklıkta buharın kullanıldığı santrallerdir. Bu sistemlerde buhar, elektrik üreten türbinleri çalıştırmak için kullanılır. Bu tür jeotermal enerji santrallerinde $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ veya daha yüksek sıcaklıkta bir buhar kullanılır. Doğrudan kuru buhar santralleri 8 MW ile 140 MW arasında değişmektedir.

Flaş buharlı elektrik santralleri (iki fazlı santraller), günümüzde en yaygın kullanılan jeotermal elektrik santralleridir. Su ve buharın karışım halinde işletildiği santrallerdir. Bir ayırıştırıcı (separatör) aracılığıyla sudan ayırıştırılan buhar türbine gönderilerek elektrik üretmek için kullanılır. Flaş santrallerinden en iyi verim $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha yüksek sıcaklıklarda elde edilmektedir.

İkili (binary) çevrim enerji santralleri, genellikle kaynak jeotermal akışkanın (sıcak su) ısı eşanjörleri (değişik sıcaklıklardaki iki akışkanın ısılarının, birbirine temas etmeden bir ısı transfer yüzeyi ile birinden diğerine aktarılmasını sağlayan cihazlar) aracılığıyla bir proses akışkanını (aracı sıvı) ısıtmak için kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemler kullanılarak, sıcak su, kendine göre daha düşük bir sıcaklıkta buhara dönüşen ikincil bir proses sıvısını (örn. amonyak/su karışımları veya hidrokarbonlar) ısıtarak buhar haline getirir. Buharlaşan aracı sıvı türbinleri döndürerek elektrik üretimini sağlar. İkili santraller 100 °C ile 170 °C arasındaki kaynak sıcaklıkları için kullanılır. 100 °C'den düşük sıcaklıklarda çalışmak mümkün olmasına rağmen, elektrik üretiminin verimliliği azalır. İkili santrallerin büyüklüğü 1 MW'tan 50 MW'a kadar değişmektedir.

Kombine çevrim veya hibrit (melez) santraller, elektrik üretmek için farklı tip santrallerin birlikte çalıştırıldığı santrallerdir. Bu santrallerin büyüklüğü birkaç MW ile 10 MW arasında değişmektedir (Ito ve Ruiz, 2017; Bowyer vd., 2011).

Jeotermal enerjinin birtakım avantaj ve dezavantajları vardır. Bunları kısaca aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. Avantajları;

- ❖ Jeotermal enerji, yerin derinliklerinde üretilen, doğrudan kullanılabilen veya elektriğe dönüştürülebilen bir tür yenilenebilir enerjidir.
- ❖ Jeotermal enerjinin güneş ve rüzgâr gibi kesintili güç kaynaklarının aksine önemli bir avantajı, yıl boyunca mevcut olduğu için süreklilik arz etmesidir.
- ❖ Jeotermal enerji üretiminin toplam maliyeti diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla ucuzdur.
- ❖ Jeotermal teknolojiler, çok düşük seviyelerde sera gazı emisyonları üretmektedir.
- ❖ Jeotermal enerji, yüksek kapasite faktörleri, uzun tesis ömürleri ve yakıt maliyetlerinin olmaması sayesinde rekabetçi olabilir ve diğer üretim kaynaklarını tamamlayabilir.
- ❖ Jeotermal elektrik santralleri fosil veya nükleer santrallerden daha basittir, yani daha az sayıda bileşene sahiptirler.

Dezavantajları;

- ❖ Yüksek delme maliyetleri ile birlikte sondaj öncesi üretimi tahmin etme zorluğu nedeniyle sermaye, ön maliyetler çok yüksektir.

- ❖ En değerli jeotermal kaynaklar, yer kabuğunun ısı akışının çevredeki alanlardan daha yüksek olduğu bölgelerle sınırlıdır.
- ❖ Tesislerden salınan hidrojen sülfür gazının kokusu çevresel kirliliğe yol açmaktadır.
- ❖ Jeotermal enerjinin en büyük dezavantajı, konuma özgü olmasıdır. Jeotermal santraller enerjinin erişilebilir olduğu yerlerde inşa edilmelidir, bu durum uzak bölgelerin bu kaynaktan yararlanabilmesi için geniş dağıtım sistemleri ağı gerektirir ve jeotermal sistem kurmanın toplam maliyetini arttırır.
- ❖ Jeotermal enerji santrallerinin inşası, yeraltında dengesizliklere neden olur ve depremleri tetikleme potansiyeline sahiptir. Jeotermal enerji santrali inşaatı, boşluklarında ve doğal kırıklarında sıkışmış su veya buhar içeren sıcak kayaların delinmesi işlemidir. Bu kırıklar delinmiş bir delikle kesiştiğinde, sıkışan su basınçta ani bir düşüş nedeniyle buhar olarak patlar. Buharın patlaması ve daha sonra kullanılan suyun sıcak su rezervuarına geri dönüşü kırık çizgileri boyunca dengesizliklere yol açar ve depremleri tetikleyebilir.
- ❖ Jeotermal enerji üretimi için son derece yüksek sıcaklıklar gereklidir. Jeotermal enerji üretimi kolay bir arayış değildir ve sıcak kayaları delmek riskli bir iştir. Bu nedenle bir jeotermal sürecin başlaması için gerekli sıcaklık mevcut olmalıdır.

1.5.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, bitki veya hayvan kaynaklı tüm organik maddeleri ve doğal veya yapay dönüşümler yoluyla elde edilen materyalleri ifade etmektedir. Biyokütle, yakacak olarak kullanılan odundan, deniz bitkilerine kadar her türlü organik maddeyi kapsamaktadır. Başka bir ifade ile dünyanın yüzeyinde bulunan fotosentez yoluyla üretilen tüm organik maddeleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bunlar, tüm su ve toprak bazlı bitki örtüsü ve ağaçları, katı atıkları, kanalizasyon ve hayvan atıklarını (gübreler), ormancılık ve tarımsal kalıntıları ve belirli endüstriyel atıklar gibi tüm atıkları içerir (Khan, S., Paliwal, V., Pandey, V.V. ve Kumar, V., 2015).

Biyokütle, yenilenebilir enerjinin potansiyel bir kaynağıdır. Bu kaynak, çeşitli yöntemler kullanılarak biyoenerji adı altında elektrik, ısı ve yakıt olarak en uygun bir enerji formuna dönüştürülebilmektedir. Biyokütlenin enerjiye dönüştürülmesi çok çeşitli biyokütle ve kaynak türleri, dönüşüm seçenekleri, son kullanım uygulamaları ve altyapı gereksinimlerini kapsar. Dönüştürme işlemi seçimini etkileyen faktörler şunlardır:

Biyokütle hammaddesinin türü ve miktarı, enerjinin istenen formu, çevresel standartlar, ekonomik koşullar, vb. birçok durumda, dönüşüm işlemlerinin yöntemini belirleyen etkenlerin başında enerjinin gerekli olduğu form, ardından mevcut biyokütle türleri ve miktarları gelir.

Biyokütlenin enerjiye dönüşümü iki ana dönüşüm teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilir: Termokimyasal ve Biyokimyasal dönüşüm. Mekanik ekstraksiyon ise (esterleşme denilen bir kimyasal reaksiyon ile) biyokütleden enerji üretmek için kullanılan üçüncü teknoloji olarak sayılabilir.

Termokimyasal dönüşüm, biyokütleyi enerjiye dönüştürmek için fiziksel ve kimyasal değişikliklerle sonuçlanan bir süreçtir. Termokimyasal dönüşümler, yüksek değerli hidrokarbonlar üretmek için, yüksek ısı ve basınç altında biyokimyasal dönüşümden çok daha hızlı (birkaç saniye, dakika veya saat aralığında) gerçekleştirilen işlemlerdir. Süreç, katı bir biyokütleyi yağa veya gaza dönüştüren aşamalardan oluşmaktadır. Termokimyasal dönüşüm kendi içerisinde üçe ayrılmaktadır: Yanma, Gazlaştırma ve Piroliz (McKendry, 2002).

Yanma, biyokütleden enerji elde etmenin en basit yöntemidir. Endüstriyel biyokütle yakma tesisleri; odun, tarımsal kalıntılar, belediye katı atıkları ve çöp türevi gibi birçok biyokütle yakıtını yakabilir. Biyokütlenin yanması işlemi ile biyokütle içinde depolanan enerji, doğrudan ısı enerjisine ya da buhar türbinleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Yakma tesislerinin kapasitesi evsel ısıtma için kullanılan çok küçük ölçekli tesisler ile 100–3000 MW aralığında değişen büyük ölçekli sanayi tesislerine kadar ulaşabilmektedir. Biyokütle yanmalı enerji santralleri için biyoenerji dönüşüm verimliliği %20 ila %40 arasında değişmektedir. Daha yüksek verimlilik, 100 MW üzerindeki sistemlerde veya kömürle çalışan elektrik santrallerinde biyokütle kömürle birlikte yakıldığında elde edilir.

Gazlaştırma, katı bir yakıtın (biyokütle) yüksek sıcaklık ve sınırlı oksijen ile gaz haline dönüştürülmesi işlemidir. Gazlaştırma ile biyokütleden 800-900 °C aralığında yüksek sıcaklıklarda yanıcı bir gaz karışımı elde edilir. Bu karışım; karbonmonoksit, karbondioksit, azot, hidrojen ve metan gibi gazlardan oluşmaktadır. Elde edilen gazlar; çeşitli kimyasallar, ısı ve elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Gazlaştırmanın katı yakıt yakmaya göre birçok avantajı vardır. Birincisi, elde edilen gazlardan biri olan

metan, doğalgazla aynı şekilde işlenebilir ve kullanılabilir. Gazlaştırmanın diğer bir avantajı ise, kirden arındırılmış birçok yakıt üretmesi ve bu nedenle yandığında daha az kirlilik sorununa neden olabilmektedir.

Piroliz, en basit haliyle uçucu maddeleri uzaklaştırmak ve katı materyali (karbon içeriği yüksek katı/odun kömürü) ayırt etmek için biyokütleyi oksijensiz ortamda yakma işlemidir. Piroliz, biyokütlenin havasız ortamda yaklaşık 500 °C'ye kadar ısıtılmasıyla yağimsı bir sıvı (biyoyağ), katı ve gaz yakıtlara dönüştürülmesidir. Biyoyağ veya pirolitik yağ (plastik ve lastiklerden elde edilen yağ) dizel motor yakıtı olarak ve elektrik üretimi için türbinlerde kullanılabilmektedir (Khan vd., 2015; McKendry, 2002).

Piroliz yöntemi ile benzer süreçlerin kullanıldığı pirolitik yağ üretilen diğer işlemler hidrotermal iyileştirme ve sıvılaştırma'dır. Hidrotermal iyileştirme, yüksek basınçta nemli bir ortamda biyokütleyi kısmen oksijenli hidrokarbonlara dönüştürme işlemidir. Sıvılaştırma ise, biyokütlenin düşük sıcaklıklar ve yüksek hidrojen basınçları kullanılarak sıvı hidrokarbona dönüştürülmesidir. Piroliz işlemlerinden daha karmaşık ve daha pahalı olması nedeniyle sıvılaştırmaya olan ilgi düşüktür.

Biyokimyasal dönüşüm, biyokütlenin mikroorganizmaların enzimlerinin yardımıyla parçalanması işlemidir. Biyokimyasal dönüşüm, iki ana işlem olan anaerobik sindirim (biyogaz üretimi) ve fermentasyon (etanol üretimi) ile daha az kullanılan mekanik ekstraksiyon yönteminden meydana gelmektedir (McKendry, 2002).

Anaerobik sindirim (oksijensiz parçalanma), organik materyallerin doğrudan biyogaz olarak adlandırılan bir gaza dönüştürülmesidir. Biyokütle anaerobik (oksijensiz) bir ortamda bakteriler tarafından dönüştürülür. Bu mikroorganizmalar genellikle bataklıkların dibinde veya havanın olmadığı yerlerde yaşar, metan ve hidrojen üretmek için ölü organik madde tüketir. Anaerobik sindirim, ticari olarak kanıtlanmış bir teknolojidir ve yüksek nem içeriği (%80-90) olan organik atıkların işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyogaz, ateşlemeli gaz motorlarında ve gaz türbinlerinde yakılarak güç ve ısı üretimi sağlanabilmekte ve CO₂'den arındırılarak daha yüksek kaliteye, yani doğalgaz kalitesine yükseltilebilmektedir (Khan vd., 2015).

Fermentasyon (mayalanma), biyokütle materyalinin glikoz bileşenini maya veya bakteri yardımıyla temel içeriğine parçalamak için bir dizi kimyasal reaksiyon içeren bir anaerobik (oksijensiz) enzimatik dönüşüm işlemidir. Fermentasyon, pek çok ülkede

şeker mahsullerinden (örneğin şeker kamışı, şeker pancarı) ve nişasta mahsullerinden (örneğin mısır, buğday) etanol üretmek için büyük çapta ticari olarak kullanılmaktadır. Fermantasyon sürecinde biyokütle öğütülür ve nişasta, enzimler tarafından şekere dönüştürülür, daha sonra maya vasıtasıyla şekerler etanole dönüştürülür. Son olarak damıtma yoluyla etanol saflaştırılır. Fermantasyon işleminden elde edilen katı tortu, sığır yemi olarak kullanılabilir ve şeker kamışı olarak gazlaştırma için bir yakıt olarak kullanılabilir. Fermantasyon anaerobik sindirime benzer bir işlemde biyokütlenin mikroorganizmalar tarafından dönüştürülmesini içerir, ancak ürünler metan yerine alkoller veya organik asitlerdir.

Mekanik ekstraksiyon, biyokütleden enerji üretmek için kullanılan üçüncü teknolojidir. Kolza (kanola), pamuk ve yer fıstığı gibi çeşitli biyokütle bitkilerinin tohumlarından yağ üretmek için kullanılan bir dönüştürme işlemidir. Üretilen bu yağlar esterleşme adı verilen bir kimyasal tepkimeye girerek biyodizel denilen yakıt türü elde edilmektedir (McKendry, 2002).

Yukarıdaki anlatılan dönüşüm teknolojileri kullanılarak biyokütle kaynakları ısı ve elektrik enerjisi ile etanol, metanol, biyodizel ve çeşitli katkı maddeleri olarak yakıtla dönüştürülmektedir. En yaygın olarak kullanılan biyoyakıt olan etanol, biyokütlenin fermente edilmesiyle elde edilmektedir. Araç performansını artırmak ve hava kirliliğini azaltmak için benzine karıştırılarak kullanılmaktadır. Biyokütleden türetilen metanol gazlaştırma yoluyla üretilir. Biyokütle, metanol elde edilen bir sentez gazına dönüştürülür. Solvent (yağ, boya vb. çözücü), antifriz veya diğer kimyasalları üretmek için kullanılır. Mikro algler (yosun) ve diğer bitkilerde bulunan sıvı ve katı yağlardan yapılan biyodizel, ulaştırma sektöründe dizel yakıtla karıştırılarak kullanılmaktadır (Khan vd., 2015).

Biyokütle enerjisinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- ❖ Biyokütle enerjisi, özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkeler için değerlendirilmesi gereken yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- ❖ Kolay depolanabilir olması ve süreklilik arz eden bir kaynak olması nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre bir adım öndedir.
- ❖ Enerji üretiminde atıkları kullanarak hem üretime katkı sağlayan hem de çevre kirliliğini önleyen güvenilir ve çevreci bir enerji kaynağıdır.

- ❖ Kırsal kesimlerde kurulan santraller ile elverişsiz arazilerin değerlendirilmesini ve bölgedeki halka iş imkânı sağlar.
 - ❖ Diğer bazı enerji santralleriyle (örneğin; kömür yakıtlı santraller) birlikte kullanılabilmesi ve rahatlıkla erişilebilir olması önemli avantajlarından biridir.
 - ❖ Fosil kaynakların oluşturduğu insan sağlığını tehdit eden etkenlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olan bir enerji kaynağıdır.
- Biyokütle enerjisinin dezavantajları ise şunlardır:
- ❖ Üretim ve depolama için geniş alanlara ve çok fazla suya ihtiyaç duymaktadır.
 - ❖ Fosil yakıtlar kadar olmasa da sera gazı salınımına sebep olmaktadır.
 - ❖ En çok kullanılan biyokütle kaynağı olan odun kullanımı ormanların korunması açısından olumsuz bir sonuç oluşturmaktadır.
 - ❖ Elde edilen ürünlerin gerekli yerlere ulaşması zor olup, fazladan işgücü ve nakliye maliyetlerine sebep olmaktadır.
 - ❖ Enerji verimleri fosil yakıtlara oranla daha düşüktür.

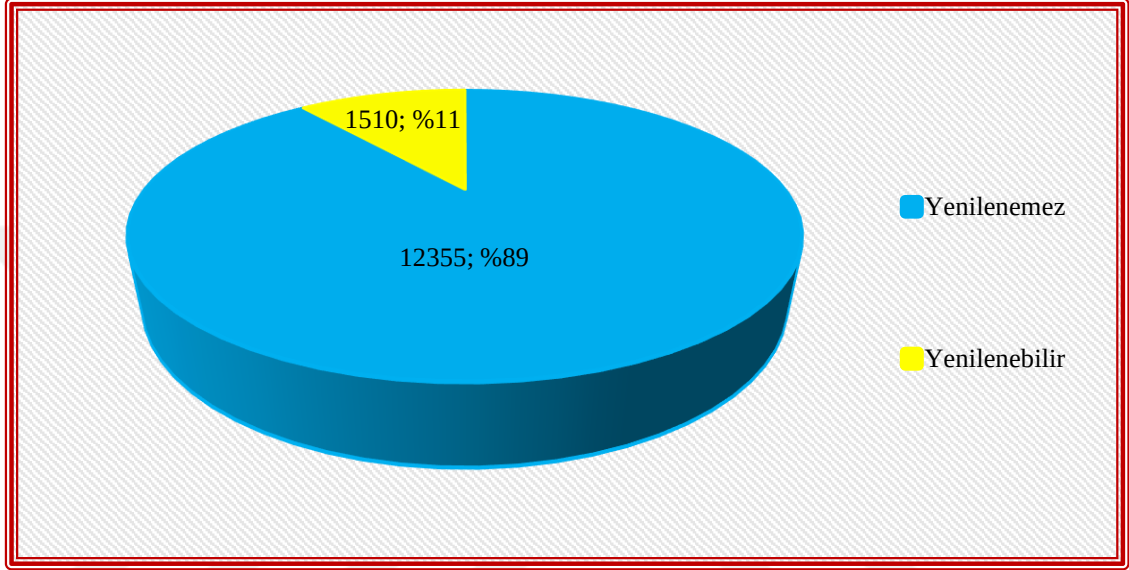
1.5.3. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Görünümü

1.5.3.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji

Günlük hayatta temel tüketim maddelerinden biri olan enerji, vazgeçilmez bir yaşam aracıdır. Sürekli olarak tüketmek zorunda olduğumuz enerji büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Günümüzde fosil kaynakların rezervlerinin kısıtlı olması, bu kısıt nedeniyle enerji alanında oluşan dışa bağımlılık ve ortaya çıkan çevre sorunları gibi faktörler, bu kaynakların temiz ve sürdürülebilir olmadığını göstermiştir. Bu durumda, enerji üretiminde fosil kaynaklarla devam edebilme imkânı kalmamış ve bu enerji kaynaklarının yerine yerli ve doğal olan yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiştir.

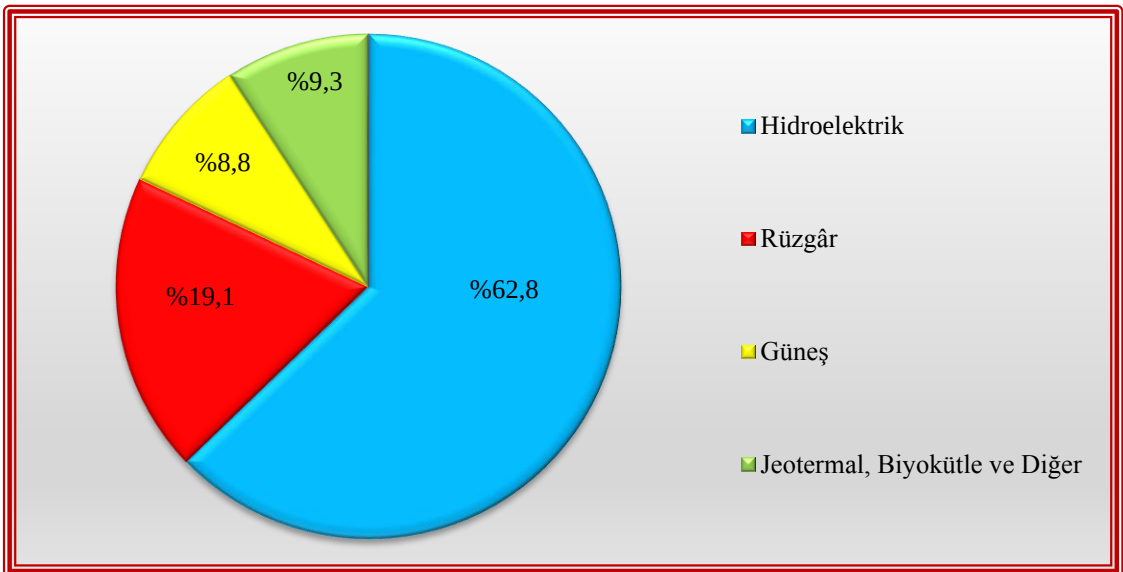
Dünyadaki toplam birincil enerji tüketimi 2018 yılında %2,9 oranında artışla 13.865 MTEP olmuştur. Dünya genelinde tüm kaynaklara olan talep artmakla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artış ikinci sırayı almıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış 2017 yılına kıyasla 100 MTEP olarak toplam küresel artışın %26’sını oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış küresel ölçekte tüm kaynaklar arasında her ne kadar ikinci en büyük artışı oluştursa da, yenilenebilir enerjiler

dışında tüm yakıtlar 10 yıllık ortalamalarından daha fazla artış göstermişlerdir. 2018 yılı sonunda küresel birincil enerji tüketiminde yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz, kömür, nükleer enerji) payı %89 (12.355 MTEP) olurken, yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, vd.) payı sadece %11 (1.510 MTEP) ile sınırlı kalmıştır. Grafik 1.13'te 2018 yılında dünyadaki yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının tüketimi gösterilmektedir (BP, 2019).



Grafik 1.13. Dünya Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları Tüketimi (2018)

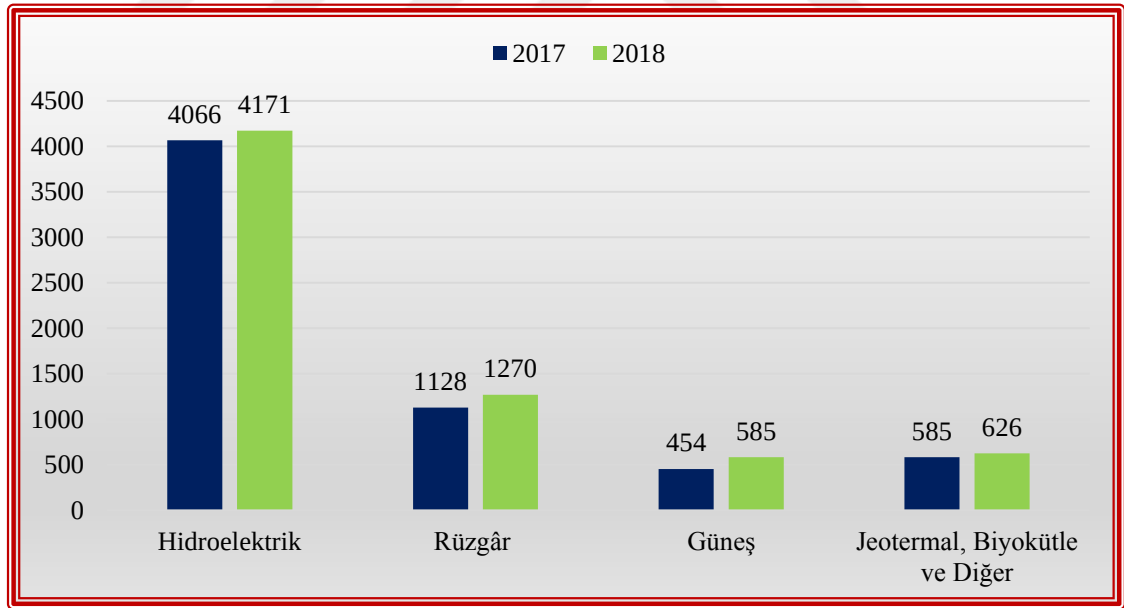
Grafik 1.14'te ise 2018 yılında Dünyadaki yenilenebilir enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı yer almaktadır.



Grafik 1.14. Kaynaklarıyla Dünyadaki Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Dağılımı

Dünya yenilenebilir enerji tüketimi kaynak türüne göre incelendiğinde ise, 2018 yılı itibarıyla tüketimin yarısından fazlasını (%62,8) hidroelektrik enerjisinin oluşturduğu gözlemlenmektedir. Dünya hidroelektrik tüketimi, 2018 yılında son on yıllık ortalamasının (%2,8) biraz üzerinde, %3,1 artmıştır. Bu artışa en büyük katkıyı ise Çin (8 MTEP) ve Brezilya (4 MTEP) yapmıştır. Hidroelektrik tüketiminde Asya Pasifik'in küresel payı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. 2018'de Asya Pasifik küresel tüketimin %41'ini oluştururken, 20 yıl önce yalnızca %20'sini oluşturuyordu. Yenilenebilir enerji tüketiminde ikinci yüksek payı %19,1'lik oranla son on yılda güneş enerjisinden sonra en fazla artış gösteren rüzgâr enerjisi almaktadır. Bu oran hidroelektrik haricindeki yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin yaklaşık yarısını temsil etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminde önceki yıla nazaran 2018 yılında en yüksek artış oranını (%30) gösteren güneş enerjisi bu yılda diğer kaynaklar arasında %8,8'lik bir tüketim payına sahiptir (BP, 2019).

Grafik 1.15'te 2017-2018 yılında kaynaklarıyla Dünyadaki yenilenebilir enerji üretimi sunulmuştur.



Grafik 1.15. Kaynaklarıyla Dünya Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh)

Yenilenebilir enerji üretimi 2018'de önceki yıla göre %6,7 artarak 6652 terawattsaat (TWh) olmuştur. Bu artış içerisinde en fazla katkıyı 142 TWh ile rüzgâr enerjisi yaparken, onu takiben ikinci sırayı 131 TWh ile güneş enerjisi almıştır. Yenilenebilir enerji üretimi (hidroelektrik hariç) 2018'de %14 artarak on yıllık ortalamasının (%16) biraz altında

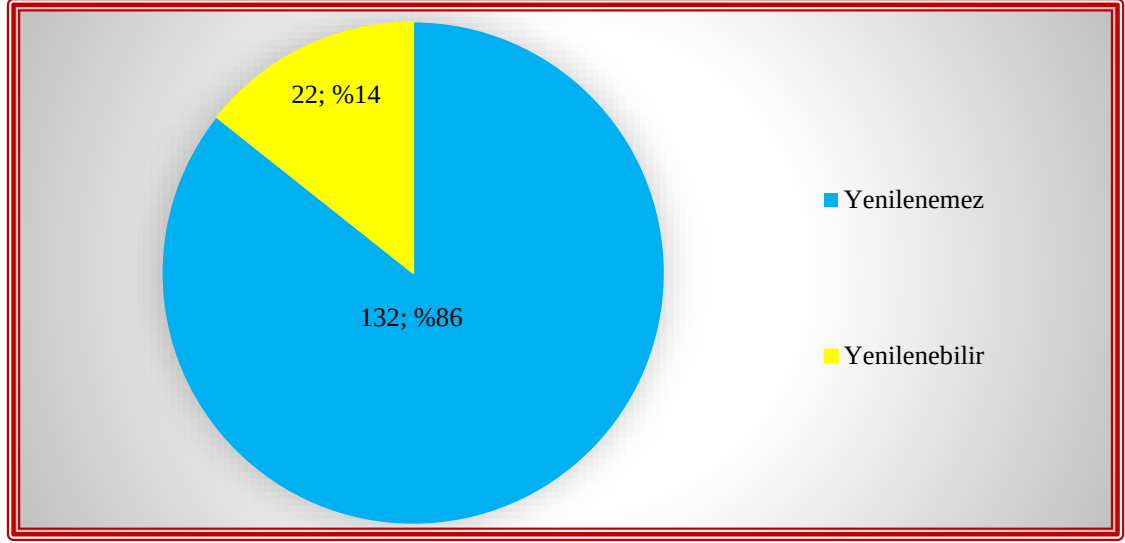
kalmıştır. Bununla birlikte, enerji cinsinden artışı (314 TWh), 2017'deki rekor artışın (331 TWh) biraz altında yer almıştır. Hidroelektrik hariç son birkaç yılda yenilenebilir enerji üretiminin yaklaşık %50'sini rüzgâr oluştururken, güneş enerjisi sürekli payını artırmakta ve şu anda 2013'e göre 13 puan artışla %24'ü temsil etmektedir (BP, 2019).

1.5.3.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji

Geleneksel termik enerji üretimi ile kıyaslandığında yenilenebilir enerjinin sektördeki payı giderek artmaktadır. 2018 yılında küresel elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 26’sı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla sağlanmıştır. Bu oran içerisinde güneş ve rüzgâr enerjisi santralleri önemli paya sahiptir. Bu oranın daha da artması yenilenebilir enerjiye dayalı uygulanacak etkin ve istikrarlı politikalara bağlıdır (Furuncu, 2020).

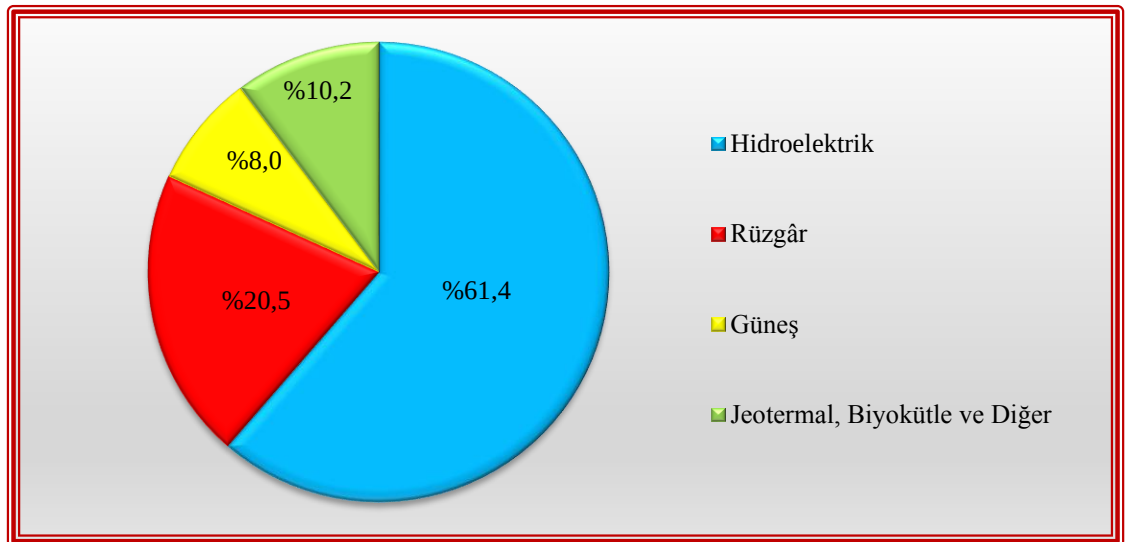
Dünya ve özellikle enerji sektöründe dışa bağımlı ülkeler bu alanda ciddi bir dönüşüm içerisinde. Artan enerji ihtiyacını büyük oranda dışa bağımlı olarak fosil yakıtlarla karşılayan Türkiye de bu dönüşüme ayak uyduran ülkeler arasındadır. Türkiye bu alanda uyguladığı politikalarla enerji portföyünde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmayı hedeflemektedir.

Türkiye yer aldığı coğrafi konum itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyele sahip zengin bir ülkedir. Ancak bu potansiyelin kullanılması noktasında henüz istenen seviyede değildir. Türkiye’deki toplam birincil enerji tüketimi 2017 yılında 153 MTEP iken 2018 yılında %0,5 oranında artışla 154 MTEP olmuştur. Kaynaklar açısından bakıldığında yenilenebilir enerji kaynakları ülkemizin birincil enerji tüketiminde 22,0 MTEP ile son sırada yer almasına rağmen, önceki yıla kıyasla 2018 yılında büyük oranda dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğalgaz tüketimi azalırken yerli ve yenilenebilir kaynakların tüketiminde artış görülmüştür. Grafik 1.16’da görüldüğü üzere 2018 yılında Türkiye’de enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların payı oldukça düşüktür. 2018 yılı sonunda Türkiye’de birincil enerji tüketiminde yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz, kömür, nükleer enerji) payı %86 (132 MTEP) iken, yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, vd.) payı sadece %14 (22 MTEP) oranındadır. Henüz istenilen seviyeye ulaşmasa da yenilenebilir enerji tüketimindeki bu oran dünya tüketim oranının (%11) üzerindedir (BP, 2019).



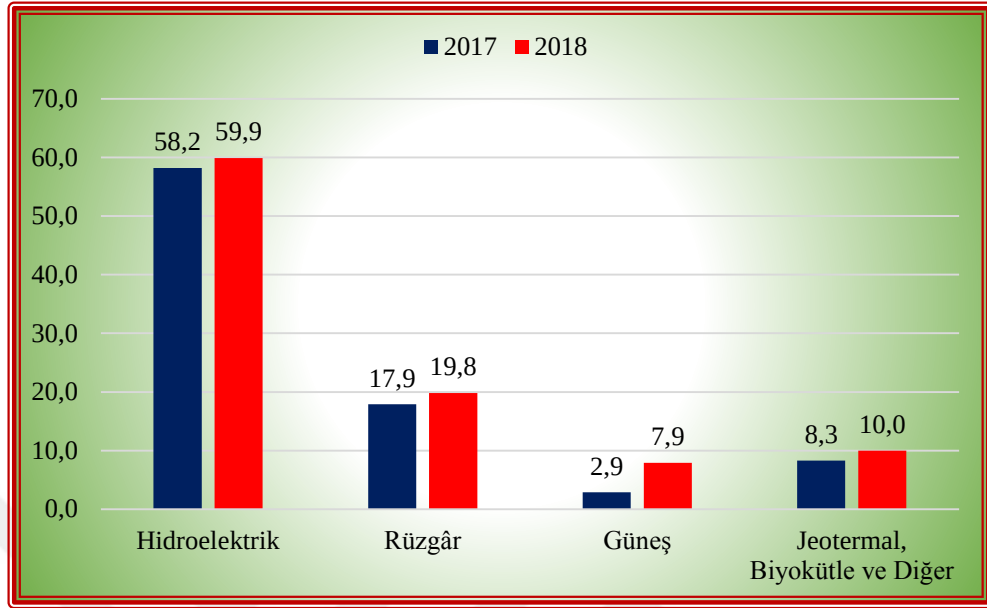
Grafik 1.16. Türkiye'nin Yenilenebilir ve Yenilenemez Enerji Kaynakları Tüketimi (2018)

Türkiye'deki yenilenebilir enerji tüketimi kaynak çeşidine göre incelendiğinde ise 2018 yılı itibarıyla tüketimin yarıdan fazlasını (%61,4) hidroelektrik enerjisinin oluşturduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji tüketiminde ikinci yüksek payı %20,5'lik oranla rüzgâr enerjisi almaktadır. Bu oran hidroelektrik haricindeki yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminden daha fazlasına denk gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminde 2017 yılına kıyasla 2018'de %133'lük oranla en yüksek artışı gösteren güneş enerjisi diğer kaynaklar arasında %8'lik bir tüketim payına sahiptir. Grafik 1.17 Türkiye'de 2018 yılındaki yenilenebilir enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımını vermektedir (BP, 2019).



Grafik 1.17. Kaynaklarıyla Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Dağılımı (2018)

Grafik 1.18 Türkiye’de 2017-2018 yıllarındaki yenilenebilir enerji üretimini kaynaklarıyla sunmaktadır.



Grafik 1.18. Kaynaklarıyla Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Üretimi (TWh)

2018 yılı itibarıyla Türkiye’deki yenilenebilir enerji üretimi incelendiğinde ise önceki yıla göre üretim %11,8 (11 TWh) artarak 98 TWh olmuştur. Bu artış içerisinde en fazla katkırı 5 TWh ile güneş enerjisi yaparken, diğer kaynakların her birindeki artış miktarı (yaklaşık 2 TWh) eşit olmuştur. Yenilenebilir enerji üretiminde en yüksek pay hidroelektrik kaynağında olmasına rağmen 2018 yılındaki en büyük artış oranı %172 oranıyla güneş enerjisine aittir. Diğer kaynakların artış oranlarına bakıldığında da en düşük artış oranının (%2,9) hidroelektrikte olduğu görülmektedir. Hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji üretiminin yarıdan fazlası rüzgâr enerjisinden karşılanırken, son yıllarda güneş enerjisindeki artış rüzgâr enerjisinin önüne geçmiştir (BP, 2019).

1.5.4. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Belirleme Modeli

Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA), idari izinler açısından kurulmasında herhangi bir engel bulunmayan, teknik olarak kurulmaya ve işletilmeye uygun, ekonomik açıdan önemli potansiyele sahip rüzgâr ve/veya güneş enerjisi kaynaklarına dayalı elektrik üretim santrallerinin kurulabileceği alanlardır. YEKA’nın amaçları genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Rüzgâr ve güneş enerjisi santrali kurulmasında herhangi bir idari sorun olmayan ve teknik olarak uygun ve potansiyel açıdan ekonomik olabilecek alanların belirlenmesi.
- Belirlenecek olan alanların doğru planlanması ile çevresel etkilere duyarlı ve çevre dostu projeler oluşturmak.
- Yenilenebilir enerji yatırımlarında zaman ve maliyet kalemlerinin boşa harcanmasını önleyerek ülke ekonomisi açısından ekonomik projelerin gerçekleştirilmesini sağlamak.
- Belirlenecek olan alanların santral kurulumuna hazır projeler olması sebebi ile yatırımların kısa sürede ve etkin bir şekilde devreye girmesi sayesinde enerji arz güvenliğine katkıda bulunmak.
- Kaynak alanlarının mevcut iletim altyapısı göz önünde bulundurularak belirlenmesi ile yenilenebilir enerji kaynaklarının şebeke üzerinde oluşturabileceği etkileri minimuma indirmek ve ihtiyaca göre kaynak alanlarına özel iletim altyapı planlanması yapılmasını sağlamak.

Bir alanın YEKA olarak kabul edilebilmesi için o bölgenin elektrik üretimi için kaynak bakımından ekonomik potansiyele sahip olması, kurulum ya da işletmeye engel herhangi bir kısıtlamanın olmaması, çevresel şartlara duyarlı olması ve üretilen elektriğin güvenilir bir şekilde iletim sistemine aktarılabilmesi gibi konuların dikkate alınarak analiz ve planlamaların yapılması gerekmektedir. YEKA yöntemi ile yatırımcının önü açılmakta ve yatırımlar çok daha hızlı bir şekilde devreye girebilmektedir. YEKA ile ekonomik yatırımlara öncelik verilerek en iyi kaynak alanları belirlenmekte bu sayede yatırımlar kamu ve özel sektör açısından daha kârlı hale gelmektedir (ETKB, 2020).

1.5.4.1. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı Belirlenmesi Yöntemi

YEKA belirlenmesi yöntemi, ülkelerin sahip olduğu mevcut iletim altyapısının, kaynak potansiyelinin ve o ülkede enerji yatırımlarına uygulanmakta olan mevzuat doğrultusunda yapılan analizlerden oluşmaktadır. Eleme kriterlerine dayanan bu yöntem genel olarak beş aşamada sınıflandırılabilir. Kaynak alanları belirlenirken dikkat edilmesi gereken bu aşamalar aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Minimum Eşik Değerinin Üzerinde Potansiyele Sahip Olan Alanların Belirlenmesi

Enerji yatırımlarının ekonomik geri dönüşüm süreleri göz önünde bulundurularak gerekli minimum eşik potansiyel değerlerinin hesaplanması aşamasıdır. Bu aşamada amaç, ekonomik yatırım bölgelerinin belirlenmesidir. Eşik potansiyel değerinin altında kalan yenilenebilir enerji kaynak alanlarının çalışma kapsamından çıkarılması gerekmektedir.

2) İdari İzinler Açısından Kullanılmaz Alanların Tespiti

YEKA yönteminde amaç çevre dostu yenilenebilir enerji projeleri geliştirmektir. İncelemeye alınan kaynak alanının elektrik üretimi açısından uygun potansiyele sahip olması o bölgenin kaynak alanı sayılabilmesi için tek başına yeterli değildir. Belirlenen kaynak alanda yenilenebilir enerji elektrik üretim santrali kurulmasında idari ve yasal açıdan herhangi bir kısıtlama olmaması gerekmektedir.

3) Teknik Kriterler Açısından Kurulamaz Alanların Tespiti

Bir elektrik üretim santralinin kurulumu kolay ve işletilmesi sorunsuz olması istenmektedir. Bu nedenle santralin kurulacağı kaynak alanlarında teknik olarak kurulum ve işletme sorununa, ekonomik açıdan ise fazla maliyete neden olan etkenlerin tespit edilmesi gerekmektedir.

4) Elektrik İletim Altyapısı Açısından İncelenmesi

Aday kaynak alanına kurulacak olan santralde üretilen elektriğin şebekeye güvenli bir şekilde iletilmesi açısından mevcut elektrik iletim altyapısının incelenmesi gerekmektedir.

5) Belirlenen Kaynak Alanlarının Ekonomik Açıdan Öncelik Sıralamasının Yapılması

YEKA yöntemi ile belirlenecek olan kaynak alanlarının ülke ekonomisi açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. İncelenen kaynak alanları arasında yapılan karşılaştırmalarla en ekonomik olan projenin öncelikli olarak sisteme dâhil edilmesi gerekmektedir.

Aday kaynak alanlarının arasından öncelikli olarak tercih edilecek projeler ülke ekonomisi ve enerji sistemi ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. İncelenen her kaynak alanı için düzeltilmiş elektrik üretim maliyet (LCOE) fiyatları hesaplanmalı ve ülke ekonomisi için maksimum faydayı sağlayacak olan projeler öncelikli olarak hayata geçirilmelidir. Kaynak alanlarının öncelikli olarak değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması

gereken diğer önemli husus ise kaynakların tüketimin daha yoğun olduğu bölgelere yakın yapılmasıdır (ETKB, 2020).

1.5.4.2. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Enerji ihtiyacı da gün geçtikçe artmakta olan dünyada elektrik ihtiyacının yaklaşık %80'i fosil kaynaklardan tedarik edilmektedir. Ancak fosil kaynakları potansiyelinin hızla tükenmesi ve çevre kirliliğine neden olması dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları yerli ve tükenmez olması, sürdürülebilir olması, her yerde bulunabilmesi ve çevre dostu olması sebebi ile dikkatleri üzerine çekmiş ve ülkelerin enerji politikalarını yönlendirmede etkili olmuştur. World Energy Outlook raporuna göre 2040 yılında dünyadaki toplam elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları payının %21'den %34'e yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu artıştaki en büyük payın da rüzgâr ve güneş enerjisine ait olacağı öngörülmektedir. Enerji talebinin artması ve fosil kaynakların tükenme tehlikesine bağlı olarak özellikle son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Yenilenebilir enerji yatırımlarını özendirmek için birçok ülke çeşitli teşvik mekanizmaları uygulamaktadırlar. Ancak teşvik mekanizmalarının yanı sıra uygun potansiyele sahip alanların belirlenmesi ve hızlı bir şekilde işletmeye girmek daha bir önem kazanmıştır.

Dünyada YEKA belirleme yöntemi kullanan ABD, İngiltere ve Almanya'daki uygulamalar incelendiğinde, Türkiye'de bir santral projesinin geliştirilmesinden işletmeye girmesine kadar geçen zaman ortalama 6-7 sene iken, dünyadaki uygulamalarda bu sürelerin ortalama 2-3 sene olduğu görülmüştür. Genel çalışma prensibi eleme kriterlerine dayanmakta olan kaynak alanı belirleme yönteminde belirlenecek olan kriterler ülkeden ülkeye değişkenlik gösterebilmektedir.

Sürdürülebilir enerji arzı ve dışa bağımlılığın azaltılması için zengin bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahip olan Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin ve verimli bir şekilde kullanması gerekmektedir. Türkiye'de bakanlık tarafından kaynak alanlarının belirlenmesi amacıyla ekonomik potansiyele sahip bölgeler için minimum eşik değerleri hesaplanmış, rüzgâr enerjisi santrali (RES) ve güneş enerjisi santrali (GES) kurulması teknik açıdan uygun olmayan alanlar belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında ülkemizde aday kaynak alanları tespit edilmiştir. Elde edilen verilere

göre, ülkemizin kaynak alanı olarak belirlenmesi için üzerinde çalışılması gereken yüksek bir potansiyele sahip olduğu ortaya konulmuştur. Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri arasında toplam elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları payının en az %38,8 olması yer almaktadır. Bu açıdan uygun kaynak alanlarının kısa sürede belirlenmesi ve yatırımların daha hızlı bir şekilde devreye girmesi büyük önem taşımaktadır.

Türkiye'de kaynak alanlarının tespiti amacıyla teknik, idari ve ekonomik kriterler belirlenmiş ve standartlar geliştirilmiştir. Bu kriterlerin ilki 27.11.2013 tarihinde ve 28834 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Derecelendirilmesi, Korunması ve Kullanılmasına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik"tir. Son olarak 09.10.2016 tarihinde ve 29852 sayılı Resmi Gazete'de "Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde bu yönetmelik ile birlikte yeni bir model hayata geçmiştir. YEKA modeli sayesinde;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılması sağlanmış olacaktır.
- Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri daha güvenli hale gelecektir.
- Piyasa fiyatlarına nazaran YEKA'larda üretilecek elektrik daha ekonomik şartlarda satın alınabilecektir.
- Yerli Üretim Karşılığı Tahsis (YÜKT) modeli kapsamında kurulacak fabrikalarla istihdama ciddi anlamda katkı sağlanacaktır.
- Teknoloji transferinin teminine katkılar sağlanacak ve yenilenebilir enerji konularında Araştırma-Geliştirme faaliyetleri geliştirilecektir (ETKB, 2020).

Türkiye'de yenilenebilir enerji sektöründe Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ile atılan ilk adım, yatırımların artması anlamında YEKA ile bir adım daha ileri taşınmıştır. ETKB'nin YEKA adı altında uyguladığı yeni süreçte, yerli ekipman üretimi koşuluyla yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için belirli alanların yatırımcılara aktarılmasına yönelik ilk ihale 2017 yılında yapılan 1.000 MW'lık Karapınar YEKA-1 GES ihalesidir. Mart 2017'de yapılan ihaleyi 6,99 dolar cent/kilowattsaat (kWh) fiyat ile Kalyon Grup ve Güney Koreli ortağı Hanwha kazanmıştır. 19 Ağustos 2020'de Kalyon Enerji ile Çin Elektronik Teknoloji Grup Şirketi (CETC) yıllık kapasitesi 500 MW olan güneş paneli fabrikasını açarak üretime

başlamıştır. Diğer taraftan ilk 1.000 MW'lık RES YEKA ihalesi ise 2017'de yapılmış ve ihaleyi Siemens-Türkerler-Kalyon ortaklığı 3,48 dolar cent/kWh ile kazanmıştır. Balıkesir, Çanakkale, Aydın ve Muğla illerinde 250 MW'lık RES'leri kapsayan RES YEKA-2 ihalesi 30 Mayıs 2019'da yapılmış ve sahalardan ikisini Enercon, ikisini de EnerjiSA 3,53-4,56 dolar cent/kWh fiyat aralıklarıyla kazanmıştır.

Türkiye'de ilk kez açılan yıllık üretim kapasitesi 500 MW olan güneş entegre panel fabrikası için 400 milyon dolar yatırım yapılmıştır. Bünyesinde Ar-Ge merkezini de barındıran fabrika yaklaşık 1.400 kişiyi istihdam etmektedir. Dünyada bulunan 20 entegre güneş paneli fabrikasından bir tanesinin de Türkiye'de açılması ülkemize birçok avantajlar kazandıracaktır. Türkiye Konya Karapınar'daki 1.000 MW'lık güneş enerjisi santrali ile güneş enerjisi üretimini %17 artıracak ve yaklaşık 2 milyon kişinin elektrik ihtiyacını da bu yatırımla karşılayacaktır. Ayrıca santral emisyon salınımını 1,5 milyon ton azaltarak temiz enerji sağlayacaktır. Kalyon Enerji'nin entegre güneş paneli fabrikasında GES kurulumunda kullanılacak birçok ekipmanın üretimi yapılacak ve Çin'den başka bir yerde üretilmeyen ingot (silikon kütük/külçeler) da bu fabrikada üretilecektir. Yenilenebilir enerji üretimini arttıran Türkiye, yüzde 65'lik yerlilik oranıyla enerji alanında kendi teknolojisini üretmeye başlamış ve sektörde söz sahibi olan ülkeler arasına girmiştir (Furuncu, 2020).

1.5.5. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

Dünya genelinde özellikle enerjide dışa bağımlı ülkelerde yenilenebilir enerji, dışa bağımlılığın azaltılması, enerjinin kullanımının sürdürülebilirliği ve çevresel sorunların en aza indirgenmesi bakımından çok büyük bir önem taşımaktadır. Son yıllarda giderek artış sergileyen yenilenebilir enerji sektöründe Türkiye'de de önemli adımlar atılmıştır.

Türkiye jeopolitik yapısı ve bulunduğu coğrafi konum itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Diğer ülkelerle kıyaslandığında özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından iyi bir konumda olduğu görülmektedir. Ancak bu kaynaklardan yararlanma oranı özellikle de rüzgâr ve güneş gibi modern yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanan kaynaklar olmak üzere henüz istenilen düzeyde değildir. Türkiye özellikle 2023 hedefleri doğrultusunda uyguladığı politikalarla mevcut yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirmeye öncelik vermektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017). Bu bağlamda 2023

yılında elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji payının (hidroelektrik dâhil) en az yüzde 38,8 olması hedeflenmektedir (SBB, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğunun ana kaynağı güneş enerjisidir. Tablo 1.3'te yenilenebilir enerji çeşitleri ve bunların ana kaynakları gösterilmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Tablo 1.3. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerjisi	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerjisi	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

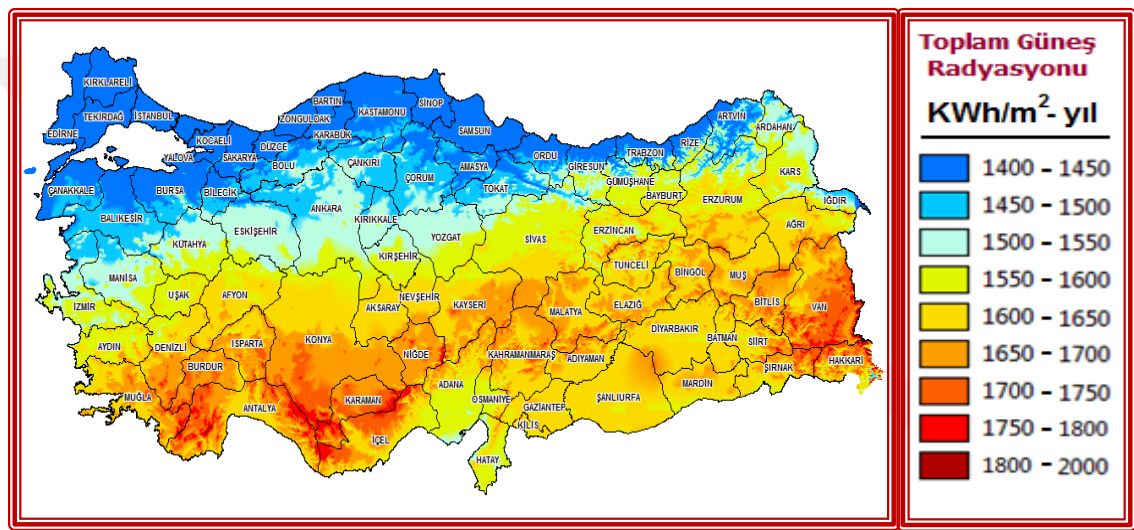
1.5.5.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli

Güneş enerjisi, kurulumu ve işletme kolaylığının yanı sıra çevre dostu olması gibi önemli özellikleri olan yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Temiz olması ve kurulumdan sonra düşük maliyetle çalışması güneş enerjisini çekici hale getirmektedir. Ayrıca güneş enerjisi fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunları ortadan kaldırmak amacıyla alternatif bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılmamasına rağmen son yıllarda bu alanda yapılan yatırımların yaygınlaşması ve maliyetlerin düşmesi ile giderek ilgi artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneşe daha fazla önem veren ülkeler, güneş enerjisini elektrik üretiminde daha fazla kullanmak adına önemli kanuni düzenlemeler ve teşvik sistemleri geliştirmektedirler.

Coğrafi konumu itibarıyla ekvatorun kuzeyinde yer alan Türkiye, güneşlenme potansiyeli oldukça yüksek olan bir ülkedir. Yıllık 88 MTEP/yıl güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin güneşten elde edebileceği enerji kapasitesi teorik

olarak 380 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Fakat hesaplanan bu potansiyelin ekonomik olarak sadece %40'ı kullanılabilir (Polat ve Şekerci, 2011).

Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ülkemizin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741,07 saat/yıl iken, ortalama günlük toplam güneşlenme süresi ise 7,5 saat/gün'dür. Ülkemizin güneşten aldığı ortalama yıllık toplam ışıyım şiddeti 1527,46 kWh/m²-yıl olup, ortalama günlük toplam ışıyım şiddeti ise 4,18 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Şekil 1.1'de Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilmiştir (ETKB, 2020).



Şekil 1.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Türkiye'nin güneşlenme potansiyeli bölgelere göre incelendiğinde, yukarıdaki haritada da görüldüğü gibi, Güney'den Kuzeye doğru gidildikçe potansiyel azalmaktadır. Güneydoğu Anadolu (2993 saat/yıl) ve Akdeniz (2956 saat/yıl) bölgeleri en fazla güneş alan bölgelerimiz iken, Türkiye'nin en az güneş alan bölgesinin Karadeniz (1971 saat/yıl) bölgesi olduğu görülmektedir. Coğrafi konumu itibarıyla Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli İspanya hariç tüm Avrupa ülkelerinden daha fazladır. Türkiye'de 1 m²'lik alandan yıllık ortalama 1000–1450 kWh güneş enerjisi elde edilebilmektedir. Elde edilen enerjinin ve güneşlenme sürelerinin bölgesel dağılımı Tablo 1.4'te verilmiştir.

Tablo 1.4. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bölgeler	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² – yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Elektrik İşleri İdaresi (EİE) tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına (GEPA) göre, Türkiye’de 56000 MW termik santral kapasitesine eşdeğer güneş enerjisi kapasitesinin bulunduğu belirlenmiştir (Koç ve Kaya, 2015).

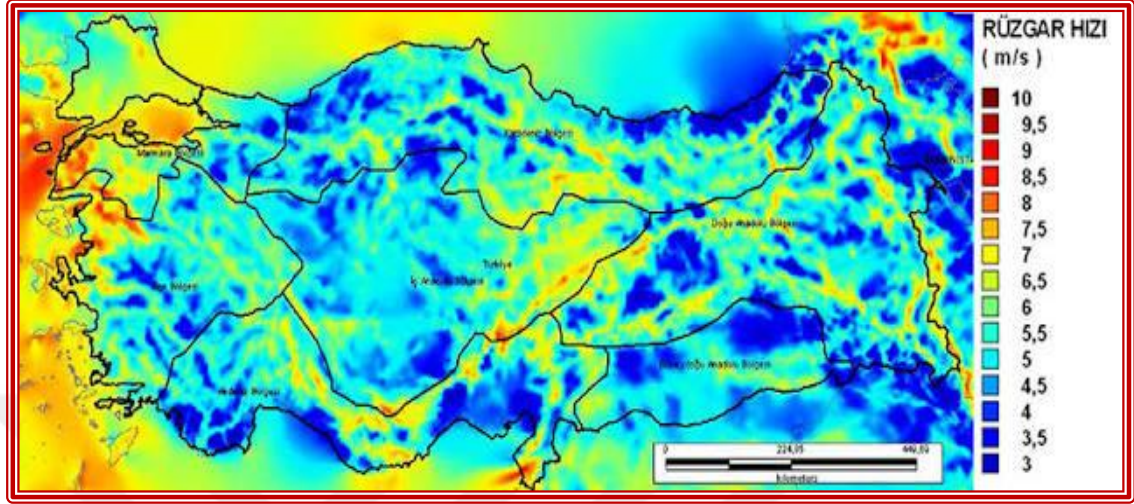
1.5.5.2. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Güneşin yer yüzeyini farklı ısıtması sonucu oluşan rüzgâr enerjisinin potansiyeli, alçak ve yüksek basınç alanlarının oluşmasına bağlı olarak değişir. Bu farklı basınç alanları havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da rüzgâr dediğimiz hava kütlesi hareketine neden olur. Bu kütlenin iş yapabilme gücüne ise rüzgâr enerjisi potansiyeli denmektedir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgâr enerjisine dönüşür. Dünya rüzgâr enerji potansiyelinin, 50° kuzey ve güney enlemleri arasındaki alanda 26.000 TWh/yıl olduğu ve ekonomik ve diğer nedenlerden dolayı 9.000 TWh/yıl kapasitenin kullanılabilir olduğu tahmin edilmektedir (MGM, 2020).

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabullere dayanarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin yer aldığı Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak tespit edilmiştir (ETKB, 2020).

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlasında (REPA) yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde, Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ülkenin diğer alanları ise orta ve düşük enerji yoğunluğuna sahiptir. İç bölgeler ve özellikle Doğu Anadolu

Bölgesinin yıl boyunca enerji yoğunluğu yok denecek kadar azdır (Serkendiz, Tatlı ve Öztürk, 2018). Şekil 1.2’de Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan rüzgâr hız ölçümlerine göre 6,5 m/s’den daha yüksek rüzgâr hızları referans alındığında, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131.756,40 MW, Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17.393,20 MW olarak tespit edilmiştir. Rüzgâr türbin santrallerinin ekonomik yatırımlar olarak kabul edilebilmesi için türbinin kurulacağı arazide 50 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızının minimum 7 m/s olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu açıdan, Türkiye’nin 7 m/s ve üzerindeki rüzgâr potansiyeli değerlendirildiğinde, Türkiye’nin karasal rüzgâr potansiyelinin 48.000 MW, deniz rüzgâr potansiyelinin ise 10.000 MW düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Türkiye kara ve deniz rüzgâr potansiyeli Tablo 1.5’te sunulmuştur.

Tablo 1.5. 50 m Yükseklikte Türkiye Kara ve Deniz Rüzgâr Potansiyeli

Rüzgâr Sınıfı	Rüzgâr Hızı (m/s)	Kara Potansiyeli (MW)	Deniz Potansiyeli (MW)
3	6,5-7	83906,96	6929,92
4	7-7,5	29259,36	5133,20
5	7,5-8	12994,32	3444,80
6	8-9	5399,92	1742,56
7	> 9	195,84	142,72
Toplam		131.756,40	17.393,20

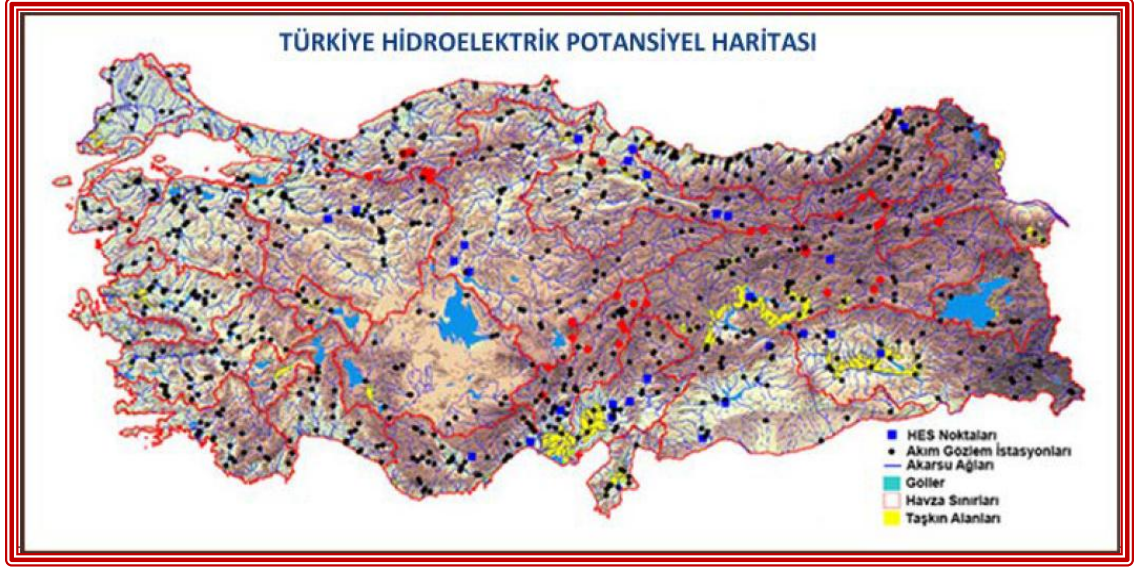
Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000 MW olduğu ve 2018 yılı rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 7.005 MW olduğu dikkate alınırse ülkemizin sahip olduğu potansiyelin çok altında kaldığı net bir şekilde görülmektedir (Şenel ve Koç, 2015; TEİAŞ, 2018).

1.5.5.3. Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli

Hidroelektrik santraller (HES); çeşitli enerji kaynakları içerisinde çevre dostu, temiz, yüksek verime sahip, yakıt maliyeti olmayan, uzun ömürlü, işletme maliyeti çok düşük, dışa bağımlı olmayan yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Enerjinin %70'ini dışardan doğalgaz ve petrol olarak ithal ettiğimiz göz önünde bulundurulduğunda; Türkiye'nin topoğrafik yapısı, elverişli su kaynakları, ekonomik ve çevresel şartlar hidroelektrik enerjinin ülkemiz için alternatif enerji kaynakları arasında yer alması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bir ülkenin teorik hidroelektrik potansiyeli bütün tabii akışların %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanmaktadır. Ancak bu potansiyelin tümünün kullanılma imkânı olmadığından mevcut teknolojilerle değerlendirilebilecek azami potansiyele teknik değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel denmektedir. Diğer yandan teknik yapılabilirliği olan her tesis ekonomik olarak değerlendirilemeyeceği için, teknik potansiyelin mevcut ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü ekonomik hidroelektrik potansiyel olarak adlandırılmaktadır (DSİ, 2020).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yere sahip olan hidrolik kaynaklarımızın teorik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 160 milyar kWh/yıl'dır. 2018 yılında hidroelektrik kaynaklı 59,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2018 yılsonu itibarıyla, işletmede bulunan 28.291 MW'lık kurulu güce sahip 653 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün %31,9'una karşılık gelmektedir. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik potansiyelinin %1,5'ine, Avrupa teknik potansiyelinin ise %17,6'sına tekabül etmektedir (ETKB, 2020). Şekil 1.3'te Türkiye Hidroelektrik Potansiyel Haritası yer almaktadır (Yılmaz, 2018).



Şekil 1.3. Türkiye Hidroelektrik Enerjisi Potansiyel Haritası

Sahip olduğu akarsular ve debileri bakımından Türkiye'nin hidroelektrik potansiyelinin en yüksek olduğu bölge Doğu Anadolu bölgesidir. Doğu Anadolu Bölgesi, akarsuların akış şiddetinin en yüksek olduğu bölge olması nedeniyle hidroelektrik santralleri bakımından Türkiye'deki en uygun olan bölgedir. Mevcut kurulu barajların çoğunluğu da bu bölgede bulunmaktadır. Akarsuların daha yavaş aktığı Marmara Bölgesi ise hidroelektrik enerji üretimi açısından Türkiye'nin en düşük verime sahip olan bölgesidir.

Türkiye'nin en önemli su kaynakları olan, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nin hayat damarı Fırat ve Dicle nehirleri Türkiye su potansiyelinin yaklaşık %28,5'ini oluşturmaktadır. Dicle Nehri üzerinde planlanan barajlardan en büyüğü Ilısu Barajıdır. Ilısu Projesi, dünyanın en büyük su projelerinden birisi olan GAP'ın temel unsurlarından biridir. Ilısu Barajı ve HES, 1.200 MW'lık kurulu gücü bakımından Atatürk (2.400 MW), Karakaya (1.800 MW), Keban (1.330 MW) barajlarının ardından Türkiye'nin 4. büyük barajı olacaktır. Ilısu Barajı'ndan yılda ortalama 3.833 gigawattsaat (GWh) enerji üretimi ile ekonomiye katkısı yılda yaklaşık 400 milyon Amerikan Doları olacaktır. Bir diğer önemli hidroelektrik enerji üretimi maksatlı projeler zincirinin Çoruh Havzasında hayata geçirilmesi planlanmıştır. Çoruh Nehri master plan içinde yer alan ana kol projeleri (8.321 GWh/yıl) ülkemizin teknik potansiyelinin yaklaşık %4'üne karşılık gelmektedir (DSİ, 2020).

elektrik üretimi için olan potansiyel ise 2.000 megawatt elektrik (MWe) olarak tahmin edilmektedir. Türkiye jeotermal potansiyeli açısından Avrupa'nın 1. ülkesi iken, dünya sıralamasında ise 7. sırada yer almaktadır (ETKB, 2020).

1.5.5.5. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

Biyokütle, yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanabilir. Biyokütle enerjisi, bileşiminde karbonhidratları barındıran kökeni bitkisel ve hayvansal kaynaklı olabilen maddelerden elde edilen enerji türüdür. Biyokütle enerji kaynakları kullanılarak günümüzde biyoetanol, biyodizel ve biyogaz gibi yakıt çeşitleri elde edilebilmektedir. Başlıca biyokütle kaynakları şöyle sıralanabilir.

Bitkisel Biyokütle Kaynakları;

- Yağlı tohumlu bitkiler (ayçiçek, soya, vb.)
- Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, vb.)
- Elyaf bitkileri (keten, kenevir, vb.)
- Protein bitkileri (bezelye, fasulye, vb.)
- Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, kök, vb.)

Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları;

- Odun ve orman atıkları

Hayvansal Biyokütle Kaynakları;

- Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahana atıkları

Organik Çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları;

- Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, evsel atık sular, belediye ve sanayi tesisleri atıkları

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 MTEP ve üretilebilecek biyogaz miktarının 1,5-2 MTEP olduğu öngörülmektedir (ETKB, 2020). Şekil 1.5'te Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası gösterilmiştir (İlleez, 2018).



Şekil 1.5. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA)'na göre atıklardan elde edilen enerji miktarları Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA)

Hayvansal atıkların teorik enerji eşdeğeri (tep/yıl)	4.385.371
Hayvansal atıkların ekonomik enerji eşdeğeri (tep/yıl)	1.084.506
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (tep/yıl)	25.384.268
Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (tep/yıl)	1.462.159
Belediye Atıkların Teorik Enerji Eşdeğerleri (tep/yıl)	3.373.011
Belediye Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğerleri (tep/yıl)	485.858
Orman Varlığı Atıklarının Enerji Eşdeğeri (tep/yıl)	859.899
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	34.002.549

Teorik enerji eşdeğeri, bir kaynak potansiyelinin %100 verimle değerlendirilmesine göre hesaplanırken, ekonomik enerji eşdeğeri ise teknik olarak değerlendirilebilir potansiyelin mevcut ekonomik koşullar altında geliştirilebilecek bölümünü ifade etmektedir. Tablo 1.6 incelendiğinde, Türkiye'de bitkisel atıkların hem teorik hemde ekonomik enerji eşdeğeri olarak en fazla potansiyele sahip atıklar olduğu görülmektedir. Türkiye'de atıkların toplam enerji eşdeğeri içerisinde belediye atıklarının ekonomik anlamda en az enerji potansiyeline sahip atıklar olduğu kaydedilmiştir.

Hayvansal atıklar ise teorik ve ekonomik açıdan bitkisel atıkların ardından en yüksek enerji eşdeğerine sahip atık enerji kaynaklarıdır (ETKB, 2020).

1.5.6. Yenilenebilir Enerji Teşvik ve Politikaları

Teknoloji ve sanayinin hızla gelişmesine paralel olarak dünyada enerjiye olan ihtiyaç zamanla artmaktadır. Artan bu enerji ihtiyacı günümüzde büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Tüketilen bu fosil kaynakların sınırlı bir potansiyele sahip olması ve oluşturduğu çevresel sorunlar özellikle bu kaynaklar özelinde dışa bağımlı olan ülkeleri alternatif olarak yerli ve yenilenebilir kaynaklara yöneltmiştir. Bu doğrultuda ülkeler fosil yakıt kullanımını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak amacıyla çeşitli politikalar geliştirmeye başlamışlardır.

1.5.6.1. Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları ve Türleri

Birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarını daha yaygın hale getirmek amacıyla çeşitli hedefler belirlemekte ve bu hedefler doğrultusunda çeşitli teşvik yöntemleri uygulamaktadır. Bu yöntemler genel olarak düzenleyici ve mali olmak üzere iki şekilde gruplandırılmaktadır. Sabit fiyat garantisi, prim garantisi, ihale yöntemi, yeşil sertifika ve net ölçüm ve net faturalama düzenleyici teşvik yöntemleri olarak adlandırılırken; kamu desteklemeleri ve hibeleri, vergi muafiyetleri ve indirimleri ise mali teşvik yöntemleri olarak gruplandırılmaktadır (Yegen, 2018).

Sabit fiyat garantisi, dünyada ve Türkiye’de en çok uygulanan teşvik sistemlerinin başında gelmektedir. Alım garantisi olarak da adlandırılan bu destek çeşidi, devlet tarafından enerji üreticilerine kilowattsaat başına yapılan sabit nakit ödemelerini kapsamaktadır. Sabit fiyat garantisi ülkeden ülkeye farklılık göstermekler beraber, genel olarak yenilenebilir üretim tesisinin faaliyete geçtiği andan itibaren ilk 10-20 yıllık süreci kapsamaktadır.

Prim garantisi, yenilenebilir enerji üreticilerinin elektrik piyasası fiyatlarına ek olarak aldıkları bir miktar prim desteğinden oluşmaktadır.

İhale (teklif) yöntemi, yenilenebilir enerji sektöründe kapasite artırma amaçlı belirli bir bölgeye tesis kurulması için devlet tarafından ihaleler açılması yöntemidir. İhaleyi alan firmaya üretim karşılığında belirli bir süre (10-25 yıl) ile sabit nominal fiyat ya da bir fiyat endeksine bağlı artışı öngören sabit fiyat garantisi teklif edilmektedir.

İhaleler elektrik alım noktasında fiyat eksiltme yöntemi ile açık bir şekilde gerçekleştirilmekte ve en uygun fiyatı (kilovatsaat başına en düşük teklifi) veren yatırımcı ihaleyi kazanmaktadır (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017).

Yeşil sertifika uygulaması, üreticinin üretmiş olduğu elektriği organize bir piyasada piyasa fiyatından satması esasına dayanmaktadır. Ayrıca üreticiye sattığı her birim elektrik için yeşil sertifika verilmektedir. Diğer yandan, elektrik tedarikçisi ise sattığı elektriğin belli bir yüzdesine kadar yeşil sertifika almak zorundadır. Elektrik üreticisi hem ürettiği elektriği hem de aldığı yeşil sertifikayı piyasa şartlarında satarak gelir elde etmiş olmaktadır.

Net ölçüm ve net faturalama yöntemi, küçük ve orta ölçekli elektrik tüketicilerine yönelik bir uygulamadır. Bu uygulama kapsamında, elektrik tüketicisi üretim tesisi kurarak aynı zamanda bir elektrik üreticisi konumuna geçmektedir. Net ölçüm yönteminde tüketici ürettiği elektrikten kendi ihtiyacını karşıladıktan sonra ihtiyaç fazlasını sisteme verir ve sistemden ihtiyaç fazlası elektrik için ödeme alır. Net faturalama uygulamasında ise üretilen elektriğin tamamı sabit fiyat veya prim garantisi kapsamında satılıp tüketimin tamamı tedarikçi tarafından karşılanmaktadır. Net faturalama yönteminde üretilen ve tüketilen elektrik birbirinden bağımsız şekilde değerlendirilerek faturalama işlemi yapılmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019).

Düzenleyici destek politikalarının tamamlayıcısı olarak kullanılabilen mali teşvikler üretim, yatırım ve tüketim süreçlerinin her birinde uygulanabilmektedir. Çeşitli enerji ve çevre vergileriyle (karbon vergisi) birlikte, yenilenebilir enerji yatırımları için verilen destekler, düşük faizli krediler, vergi muafiyetleri ve indirimleri, gümrük muafiyetleri mali teşvikler kapsamında değerlendirilmektedir. Çoğu ülkede, merkezi veya yerel yönetimler tarafından yenilenebilir enerji sektörüyle ilgili çeşitli düzenlemeler yapılmaktadır. Bu düzenlemeleri uygulamaya koyan ev ve işyerleri teşvik kapsamında vergi indirimlerinden faydalanmaktadır (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017).

1.5.6.2. Dünyada Yenilenebilir Enerji Politikaları

Artan şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak enerji ihtiyacı dünya genelinde her geçen gün artmaktadır. İnsanoğlunun giderek artan bu enerji ihtiyacına sürdürülebilir çözümler bulma arayışı dünyadaki enerji politikalarının yönünü değiştirmiştir. Günümüzde tükenmez ve yenilenebilir olması, çevre dostu olması ve sektörün büyümesi

önündeki en önemli engel olan yüksek ilk maliyet sorununun çözüme kavuşturulabilir olması yenilenebilir enerjiyi gündeme getirmiştir. Dünya genelinde ve ülkeler özelinde yaşanan krizler sonucunda, pek çok ülke enerji gibi olmazsa olmaz bir konuda dışa bağımlılığın neden olacağı çok ciddi problemlerin farkına vararak yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi anlamında yukarıda bahsedilen yenilenebilir enerjiye yönelik çeşitli devlet politikaları geliştirmişlerdir. Tablo 1.7’de bazı ülkelerde uygulanan bu politikalar özetle sunulmuştur.

Tablo 1.7. Ülkeler Bazında Yatırım ve Finansman Uygulamaları

Ülkeler	Sabit Fiyat Garantisi	Prim Garantisi	Yeşil Sertifika	İhale	Net Ölçüm/Net Faturalama
Almanya	*	*		*	*
Çin	*		*		
ABD					
Kaliforniya	*				*
New York					*
Slovakya	*				
İsveç			*		
İrlanda	*				
Fransa	*			*	
Avustralya			*		*
Japonya	*				
Türkiye	*			*	*

Tablo 1.7’de görüldüğü gibi, yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek amacıyla her ülkede farklı politika uygulanmakla birlikte politikalar arasında en çok tercih edilen sabit fiyat garantisi uygulamasıdır. Sabit fiyat garantisi uygulayan ülkelerin Almanya, Çin, ABD (Kaliforniya eyaletinde), Slovakya, İrlanda, Fransa, Japonya ve Türkiye olduğu görülmektedir. Yeşil sertifika mekanizması İsveç’te uygulanan tek politika olurken, Çin’de sabit fiyat garantisiyle birlikte uygulanmaktadır. Avustralya’da da hem yeşil sertifika hem de net ölçüm/net faturalama politikası uygulanmaktadır. Yeşil sertifika mekanizması Almanya’da uygulanmayan tek politikadır.

Fransa ve Türkiye’de sabit fiyat garantisi ve ihale yöntemi birlikte uygulanmaktadır. Almanya, Avustralya, Türkiye ve ABD’nin New York ve Kaliforniya eyaletlerinde diğer uygulamaların yanı sıra net ölçüm ve net faturalama mekanizmaları da uygulanmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019).

1.5.6.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi

Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji sektörü ilginin giderek daha da arttığı konudur. Ülkemizde sürekli artış gösteren enerji talebine karşılık, enerji üretiminin talebe yetememesi ve enerjide dışa bağımlılığın günden güne artması ülkenin enerji politikalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum düzeyde kullanılmasının gerekliliğini gündeme getirmektedir.

Türkiye’de yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumunu teşvik etmek amacıyla geliştirilen, iki temel kanun ve ek düzenlemelerden müteşekkil YEKDEM, yenilenebilir enerji tesislerine bazı avantajlar sağlamak üzere tasarlanmıştır. Tesisin üretime başladıktan sonra ilk 10 yıl süresince yenilenebilir Enerji Kanunu kapsamında dolar bazında garantili fiyatlardan (Yerli ekipman desteği ve piyasa maliyetleri hariç kaynak türüne göre 7,3-13,3 dolar cent/kWh) elektrik satış hakkına sahip olması bu avantajların başında gelmektedir. Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ) gün öncesi piyasasında 2018 yılı ortalama elektrik fiyatlarının 4,7 dolar cent/kWh olduğu dikkate alınırsa YEKDEM modelinin yatırımcılar için önemli bir imkân sağladığı görülmektedir. Ayrıca, alım garantisinin Amerikan Doları kuru ile verilmesi kur farkından kaynaklanan riskleri azaltarak yatırımcılar ve finans kuruluşları açısından daha cazip bir yatırım fırsatı sağlamıştır. İkinci önemli avantaj ise santralin kurulum aşamasında yerli ekipman kullanılması halinde, ekipmanın cinsine göre, ilk 5 yıl süresince garantili alım fiyatına ek olarak ve yerlilik oranına nispetle yerli ekipman teşviki sağlanmasıdır. Türkiye’de 2019 başı itibarıyla YEKDEM katılımcısı lisanslı santrallerin kurulu gücünün toplam kurulu güce oranı %23,63’tür. 2020 yılı sonuna kadar devreye girecek olan santraller için geçerli olan YEKDEM kapsamındaki satış fiyatı garantisi 2020 yılı itibarıyla sonlandırılacaktır. 2020 yılından sonra düzenlemenin nasıl olacağına dair ilave bir düzenleme henüz bulunmamaktadır (Hacımale vd., 2018; Güleç ve Çakmak, 2019).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi konusunda ilk adımın 10.05.2005 tarihinde yürürlüğe girmiş olan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji

Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” ile atıldığı söylenebilir. Yenilenebilir Enerji Kanunu (YEK) olarak da adlandırılan bu kanunun 1. maddesinde kanunun amacı, 2. maddesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu açıklanmıştır. Kanunun 4. maddesinde yenilenebilir enerji kaynak alanlarının belirlenmesi ve 6. maddesinde ise yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması hakkında düzenlemelere yer verilmiştir. Kanunun amacı; “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 geliştirilmesidir”. Ayrıca 2007 yılında kabul edilen 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nda da yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esaslara yer verilmiştir. Bu kanunun amacı da; “enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır”.

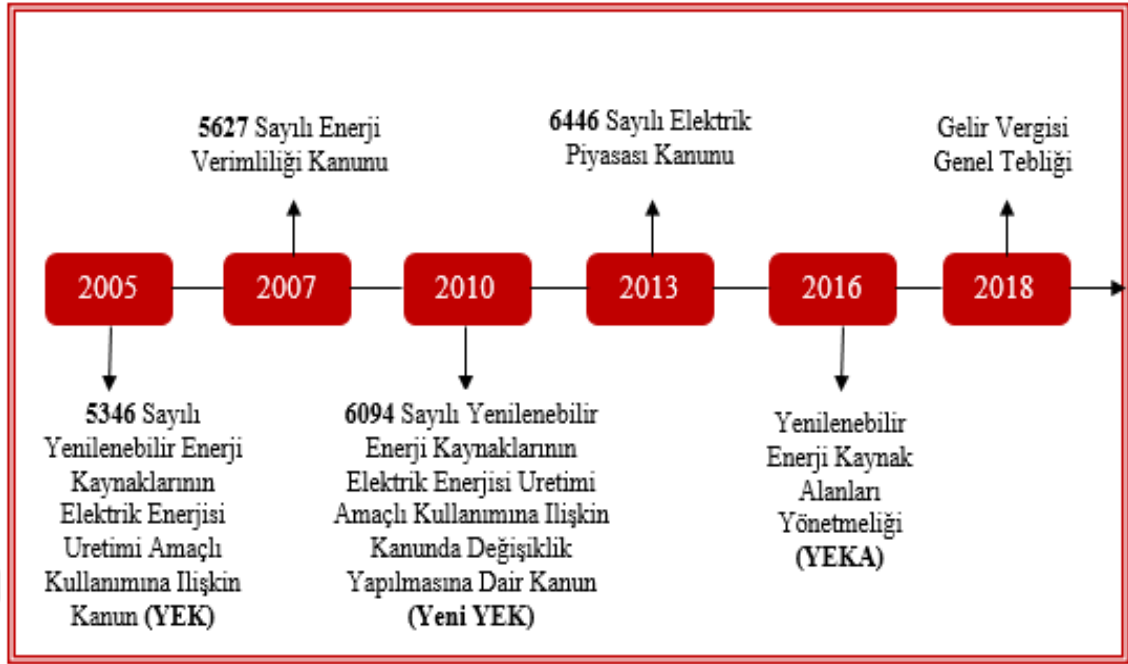
Türkiye’de yenilenebilir enerjiyi teşvik edici kamu politikalarının başlangıç tarihi, 2005 yılında yürürlüğe girmiş olan 5346 sayılı Kanuna dayansa da, esasen bu kanunun 2010 yılında 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile revize edilmesiyle birlikte yenilenebilir enerji alanında yeni bir dönem başlamış ve sektördeki gelişmeler ciddi bir ivme kazanmıştır. 5346 sayılı Kanunda önemli düzenleme ve değişiklikler içeren 6094 sayılı Kanunun içerdiği teşvikler kısaca şunlardır:

- 5346 sayılı Kanunda yer alan yenilenebilir enerji kaynakları destekleme mekanizması 31.12.2015’ten önce işletmeye giren tesisleri kapsarken, bu sürenin daha fazla uzatılması Bakanlar Kurulu kararına bırakılmıştır. Nitekim 2013 yılında Bakanlar Kurulu kararı ile bu süre 31.12.2020 yılına kadar uzatılmıştır.
- Bu kanun değişikliği ile yenilenebilir enerji kaynaklarının her biri için eşit olmamak şartıyla yeni sabit fiyat garantileri belirlenmiştir. Ürettikleri ihtiyaç fazlası elektrik enerjilerini dağıtım sistemine veren lisans sahibi gerçek ve tüzel kişilere, kanun ekinde belirtilen I sayılı cetveldeki fiyatlardan 10 yıl boyunca yararlanma garantisi verilmiştir.

- Lisans sahibi tüzel kişilerin bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31.12.2020 tarihinden 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 belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren 5 yıl süreyle; bu kanuna ekli II sayılı cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilmiştir.
- Bu kanunun yayımı tarihi itibarıyla işletmede olanlar dâhil, 31.12.2020 tarihine kadar işletmeye girecek üretim tesislerinden yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde 85 indirim uygulanmıştır (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, 2010; Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015).

Yenilenebilir enerji politikalarıyla ilgili 2016 yılında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliğinde ise ülkemizde kaynak alanlarının belirlenebilmesi için teknik, idari ve ekonomik kriterler ortaya konulmuştur ve temel standartlar geliştirilmiştir. Bu Yönetmeliğin amacı; kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları 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 sağlanmasıdır. Bu Yönetmelik ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde yeni bir model hayata geçmiştir (Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği, 2016).

Yenilenebilir enerji politikalarına kaynak oluşturan bahsi geçen yasal mevzuatlar Şekil 1.6 ile özetlenmiştir.



Şekil 1.6. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarını teşvik etmek için uygulanan politikalar sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve mali teşvikler (KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti vs.) olarak sıralanabilmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere 5346 sayılı Kanunun 6. maddesinde yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması hakkında bilgiler yer almaktadır. Buna göre, 31.12.2020 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek olan yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizmasına tabi üretim lisansına sahip firmalar için, Kanun ekinde yer alan I sayılı cetvelde belirtilen fiyatlar, on yıl süre ile uygulanacaktır. Bu madde bağlamında ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek amacıyla sabit fiyat garantisi yönteminin uygulandığı görülmektedir. Bu destek yöntemine göre Türkiye’de 2020 yılı sonu itibarıyla işletmeye girecek olan ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi üreten şirketlere ürettikleri enerji için 10 yıl boyunca sabit fiyat alım garantisi desteği sağlanmaktadır (Yegen, 2018). Tablo 1.8’de kaynak çeşidine dayalı olarak uygulanan sabit fiyatlar gösterilmiştir.

Tablo 1.8. 6094 Sayılı Kanun Eki I Sayılı Cetvelde Belirtilen Teşvikler

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dâhil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Türkiye’de yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumunu teşvik etmek amacıyla geliştirilen YEKDEM kapsamında uygulanan ikinci uygulama, Kanunun 6/B-(Ek:29.12.2010-6094/4 md.) maddesindeki haliyle “Lisans sahibi tüzel kişilerin bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31.12.2020 tarihinden 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 belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren 5 yıl süreyle; bu Kanuna ekli II sayılı cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir.” şeklindedir. Söz konusu Kanuna göre santralin kurulum aşamasında yerli ekipman kullanılması halinde, ekipmanın cinsine göre, ilk 5 yıl süresince garantili alım fiyatına ek olarak ve yerlilik oranına nispetle II sayılı cetvelde (bkz. Tablo 1.9) belirtilen yerli ekipman teşviki sağlanmaktadır.

Tablo 1.9. 6094 Sayılı Kanun Eki II Sayılı Cetvelde Belirtilen Teşvikler

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	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 güneş enerjisine 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 modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını 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
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı 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
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için sabit fiyat garantisinden sonra uygulanan diğer bir destekleme mekanizması ise lisanssız elektrik üretim uygulamasıdır. Türkiye’de küçük ölçekli üretim tesislerinin yaygınlaştırılması amacıyla 12 Mayıs 2019 Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik kapsamında mesken tüketicilerinin 10 kW’ye, tüm kamu kurumu ve işletmelerin ise 5 MW’ye kadar lisanssız olarak yenilenebilir enerji santrali kurmasına imkân verilmiştir. Bu yönetmelik ile birlikte kurulacak tesisler için şirket kurma ve lisans alma muafiyeti getirilerek bürokratik süreçler azaltılmış, yenilenebilir enerji piyasasının önündeki önemli bir engel kaldırılmıştır.

Yine aynı Kanun (6094 sayılı) ile arazi ihtiyacına ilişkin olarak Kanunun yayımı tarihi itibarıyla işletmede olanlar dâhil, 31.12.2020 tarihine kadar işletmeye girecek bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinden, ulaşım yollarından ve lisanslarında belirtilen sisteme bağlantı noktasına kadarki TEİAŞ ve dağıtım şirketlerine devredilecek olanlar da dâhil enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine %85 indirim uygulanmaktadır.

Ayrıca söz konusu Kanun (5346 sayılı Kanun) 4. bölümünde yer alan yatırım dönemine ilişkin uygulamalar kısmında; tesis yatırımları, kullanılacak elektro-mekanik sistemlerin yerli imalat olarak temini, güneş pilleri ve odaklayıcı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamındaki yapılacak AR-GE (Araştırma ve Geliştirme) ve imalat yatırımları, biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımlarının Cumhurbaşkanı kararı ile teşviklerden yararlandırılması kararlaştırılmıştır.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili yukarıda bahsedilen teşvik mekanizmaları haricinde 2012 yılında yürürlüğe giren Yatırım Teşvik Programı genel teşvik uygulamaları kapsamında KDV istisnası ve gümrük vergisi muafiyeti destekleri uygulanmaya başlanmıştır. Genel teşvik uygulamaları kapsamında yurt içinden ve yurt dışından temin edilen yatırım malı makine ve teçhizat için katma değer vergisi muafiyeti, yurt dışından temin edilen yatırım malı makine ve teçhizat için gümrük vergisi muafiyeti uygulanmaktadır.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının vergisel teşvikleri konusunda uygulanan en son teşvik mekanizması ise yenilenebilir enerji kaynaklarında gelir vergisi esnaf muaflığı desteğidir. 21.03.2018 tarihinde yürürlüğe giren 7103 sayılı Kanun ile 31.12.1960 tarihli ve 193 sayılı Gelir Vergisi Kanununun esnaf muaflığını düzenleyen 9 uncu maddesinin birinci fıkrasına 9 numaralı bent eklenerek gelir vergisinde esnaf muaflığının kapsamı değiştirilmiştir. Bende göre “14.3.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu uyarınca lisanssız yürütülebilecek faaliyetler kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretimi amacıyla, sahibi oldukları veya kiraladıkları konutların çatı ve/veya cephelerinde kurdukları kurulu gücü azami 10 kW’a kadar (10 kW dâhil) olan (kat maliklerince ana gayrimenkulün ortak elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla kurulan dâhil) yalnızca bir üretim tesisinden üretilen elektrik enerjisinin ihtiyaç fazlasını son kaynak tedarik şirketine satanlar” gelir vergisinden muaf kabul edileceklerdir (Gelir Vergisi Genel Tebliği, 2018). Bu değişiklikle ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin satışını yapan ve gerekli koşulları sağlayan kişiler kanun kapsamında vergiden muaf sayılmışlardır (Yegen, 2018).

1.5.6.4. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Hedefleri

ETKB tarafından açıklanan Milli Enerji ve Maden Politikası, "enerji arz güvenliği", "yerlileşme" ve "öngörülebilir piyasalar" başlıkları üzerine inşa edilmiş olup, "daha çok yerli ve daha çok yenilenebilir" yaklaşımı benimsenmiştir. Bu bağlamda, öncelik yerli kaynaklara verilmek suretiyle kaynak çeşitliliği oluşturmak, enerji arzı sepetinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak, enerji verimliliğini artırmak ve yatırım ortamını iyileştirmek amaçları temel strateji ve politikalar olarak belirlenmiştir. Türkiye önemli bir potansiyele sahip olduğu rüzgâr, güneş, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmanın yanı sıra düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve yeni teknolojiler ile sürdürülebilir bir kalkınma stratejisi hedeflemiştir (ETKB, 2020).

2000 yılında 27,3 GW olan Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisinde hidroelektrik santrallerinin payı %41 olmasına rağmen aynı tarihte Türkiye’nin elektrik üretim portföyünde hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi neredeyse yok denecek kadar az paya sahipti. 2005 yılında çıkarılan ve geçen zamanda güncellenen mevzuatla beraber yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi teşvik

edilmiştir. Elektrik enerjisi piyasasındaki serbestleşmeyle birlikte daha çok söz sahibi olan özel sektör, yenilenebilir enerji sektöründe de yer almıştır. Bütün bu gelişmelerle birlikte Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklı kurulu gücü, 2000-2018 yılları arasında sürekli bir artış sergileyerek 2018 yılı sonu itibarıyla 46,3 GW seviyesine yükselmiştir (Hacımale, 2018; TEİAŞ, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında uzun yıllardır en büyük pay hidroelektrik santrallerine ait olmasına rağmen, gelişen teknoloji ve düşen maliyetlere bağlı olarak rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri son yıllarda hızlı bir gelişme göstermiştir. Rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2005 yılında 20 MW seviyesinde iken, 2018 sonu itibarıyla 7.005 MW seviyesine yükselmiştir. Küresel jeotermal kurulu güç kapasitesi 14.060 MW seviyesinde iken, dünya sıralamasında 4. sırada bulunan Türkiye'de ise 2005 yılında 15 MW seviyesinde olan kurulu güç 2018 yılı sonunda 1.283 MW'a ulaşmıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi yapan santral kapasitesi 2014 yılında 40 MW iken 2018 yılı sonunda çok büyük bir artış kaydederek 5.063 MW'a ulaşmıştır. Bu kapasitenin 2.588 MW'ı sadece 2017 yılında devreye girmiştir. Türkiye'deki güneş santrallerinin %98'i 1 MW kurulu gücün altında olan lisanssız santrallerdir. Lisanslı ve lisanssız güneş santrallerinin tamamı YEKDEM kapsamındaki garantili fiyatlardan yararlanabilme imkânına sahiptir. Kurulu güç içinde yenilenebilir enerji santralleri üretimi artış göstermiştir. 2000 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik Türkiye toplamının %25'ini oluştururken bu oran 2018 yılı sonu itibarıyla %32'ye yükselmiştir (Hacımale, 2018; TEİAŞ, 2018).

Türkiye elektrik enerjisi üretiminde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yoğun bir şekilde kullanılması, bu kaynakların güvenilir ve ekonomik bir şekilde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi doğrultusunda geleceğe yönelik hedefler belirlemiştir. ETKB tarafından hazırlanan 2019-2023 Stratejik Planında Amaç (A1) ve Hedef (H1.1) adı altında bu hedefler belirtilmiştir. Bu stratejik planda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59'dan %65 seviyesine yükseltilmesi hedeflenmiştir. Çalışmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan simülasyon uygulamasında baz senaryo olarak da kullanılan bu hedefler Tablo 1.10'da sunulmuştur.

Tablo 1.10. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü 2019-2023 Stratejik Plan Hedefleri (kümülatif, MW)

Kaynaklar	2019	2020	2021	2022	2023
Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	5.750	7.000	7.750	8.500	10.000
Rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	7.633	8.883	9.633	10.633	11.833
Hidroelektrik enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	29.748	3.1148	31.688	31.688	32.037
Jeotermal enerji ve biyokütle (biyogaz dahil) enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	2.678	2.717	2.772	2.828	2.884
Yenilenebilir Enerjiye dayalı elektrik kurulu gücü (MW) (kümülatif)	45.809	49.748	51.843	53.649	56.804

Tablo 1.10'da görüldüğü üzere, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün (YEKKG) 2019 yılında toplam 45.809 MW, 2020 yılında 49.748 MW, 2021 yılında, 51.843 MW, 2022 yılında 53.649 MW ve 2023 yılında ise 56.804 MW olması hedeflenmiştir (ETKB, 2019).

Bölüm içerisinde sayısal verilerle detaylı bir şekilde anlatıldığı üzere, dünya genelinde enerjinin elde edilmesinde büyük oranda fosil kökenli kaynaklar kullanılmaktadır. Ancak bu kaynakların tükenme tehlikesinin neden olduğu enerji arz güvenliği problemi dünya genelinde çözülmesi gereken önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu sorun, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de fosil yakıtlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Coğrafi konumu itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyele sahip olan Türkiye'de son yıllarda yaşanan gelişmeler bölümde rakamlarla sunulmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırmak amacıyla uygulanan destek politikalarına değinilmiştir. Fosil yakıtlar açısından büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye'de bu bağımlılığı azaltmak ve enerji arz güvenliği problemini yaşamamak için belirlenen hedefler doğrultusunda çalışmalar devam etmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

ELEKTRİK ENERJİSİ ARZ/TALEP YAPISI

2.1. ELEKTRİĞİN ÖNEMİ

Ülkelerin büyümesi ve kalkınmasındaki en önemli faktörlerden biri olan enerji, yaşamın her alanında tüketilmektedir. Artan nüfusla beraber şehirleşme ve sanayileşmenin de artacak olması enerji talebindeki yükselmeyi de kaçınılmaz hale getirecektir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda dünyada en çok kullanılan enerji türü olan elektrik, birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi yoluyla elde edilen ikincil bir enerji çeşididir. Günlük hayatımızda ısınma, aydınlatma, ulaşım gibi birçok sektörde kullanılan elektrik enerjisi, yaşanan kısa süreli kesintilerde bile büyük maddi kayıplara sebep olmaktadır. Bu açıdan enerji piyasaları her yıl kullanılan elektrik enerjisini kayıt altına alarak yapılan planlamalar ile üretilmesi gereken enerji konusunda sonuçlara göre karar almak durumundadır. Enerji sektörü yönetimi ise enerji talebini güvenilir, kaliteli ve düşük maliyetli bir şekilde sunmak ile görevlidir.

Kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ekonomik değerlendirmelerde ülkelerin kalkınma göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda özellikle yerli kaynakların kullanımı enerjide dışa bağımlılığı azalttığı gibi ülkelerin kalkınmasına da önemli katkı sağlamaktadır. Bu nedenle enerji arz güvenliği, fosil kaynakların sona yaklaşması, petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, sera gazlarının oluşturduğu çevresel sorunlar, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme gibi konular son zamanlarda dünya gündemini fazlasıyla meşgul etmiş ve ülkelerin enerji politikalarına yön verir haline gelmiştir.

Son yıllarda elektrik enerjisinin üretim ve tüketiminden ziyade hangi kaynaklardan üretildiği, üzerinde önemle durulması gereken bir konu haline gelmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynaklar açısından yapılan çalışmalar günümüzde hem stratejik hem de jeopolitik açıdan son derece önem kazanmıştır. Dünya genelinde birincil enerji kaynaklarının büyük bir kısmı elektrik elde etmek için kullanılmaktadır. Kömür, doğalgaz, petrol gibi fosil kökenli kaynaklardan geleneksel yöntemler ile elektrik üretmek maliyet açısından daha elverişli görünse de, bu kaynaklara göre daha ileri teknolojiye ihtiyaç duyan yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik

ve biyokütle) elektrik üretimi de son yıllarda önemli oranda artış göstermiştir (Karagöl ve Tür, 2017).

1985-2017 yılları arasında dünya elektrik üretimi ortalama %3,0 büyüme oranına ulaşmış ve küresel ekonomik göstergeler ile paralel bir yapı sergilemiştir. 1992-1993 avrupa döviz kuru krizinde ve 2009 yılında meydana gelen küresel finans krizinde elektrik üretimi diğer yıllara kıyasla daha düşük bir artış göstermiş ve hatta azalmıştır. Dünya toplam elektrik üretimi 1985 yılında 9.866 TWh iken 2018 yılında bu değer 26.615 TWh olmuştur. British Petrol (BP) İstatistik Görünümü (2019) verilerine göre, 2018 yılı dünya toplam elektrik üretiminde 20 yıl önceki aynı payla en büyük pay %38 ile kömüre aittir. Gaz, 1998'e göre % 23,2'lik payla en çok kullanılan ikinci yakıttır. Petrol ve nükleer payı aynı dönemde önemli ölçüde azalmıştır. Yenilenebilir enerjilerin payı 10 yıl önceki % 3'ten % 9,3'e yükselmiştir (BP, 2019; Hacımale vd., 2018).

Türkiye'de elektrik hizmeti uzun süre kamu eliyle sunulmuştur. 1990'larda elektrik sektöründe üretim ve dağıtım faaliyetleri ayrıştırılmış, özel şirketlerin sürece dâhil olmaları için çalışmalar başlatılmış ve çeşitli uygulamalar denenmiştir. 2000'li yılların başında yapılan yasal düzenlemeler ve serbestleştirme çalışmalarıyla, elektrik sektörü bugünkü haliyle faaliyetlerin ayrıştırıldığı ve çok aktörlü yapıya dönüşmüştür.

Türkiye'de elektrik enerjisi talebi nüfus artışı, sanayileşme, küresel faaliyetler ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak giderek artmaktadır. Bu durum Türkiye'yi enerji alanında sürdürülebilir bir büyüme ve kalkınma anlayışından yola çıkarak yeni politikalar geliştirmeye yönlendirmiştir. Bu anlamda ülkemizde uygulanacak politikalar enerji arz güvenliği, endüstriyel gelişmeler ve hızlı nüfus artışı gibi konular dikkate alınarak kaynak çeşitliliği oluşturmaya, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını öncelemeye ve kullanımını artırmaya yönelik destek mekanizmaları üzerine şekillenmelidir. Bu sayede tüketilen enerjinin yerli kaynaklardan karşılanması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması sağlanacaktır.

Türkiye çok çeşitli birincil enerji kaynaklarına sahip olmasına rağmen, dünya genelinde halen daha yoğun bir şekilde kullanılan fosil kaynakları açısından yeterli rezerve sahip değildir. Bununla birlikte ülkemizin kömür, jeotermal ve hidro enerji rezervleri dünya potansiyelinin yüzde 1'ini oluşturmaktadır. Ekonomide yaşanan gelişmeler ve kişi başı gelirdeki artışla beraber Türkiye'de kişi başı elektrik tüketimi 2018

yılında yaklaşık olarak 3,4 megawattsaat (MWh) iken toplam elektrik tüketimi ise 272,5 terawattsaat (TWh) olarak hesaplanmıştır. Kaynaklarına göre elektrik üretimine bakıldığında, son yıllarda Güneş Enerjisi Santralleri (GES) ve Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde (RES) önemli değişimler olduğu görülmektedir. Güneş santrallerine yapılan yatırım ve teşvikler ile kurulu gücü 2017 yılı sonunda 3420,7 MW iken 2018 sonu itibarıyla yüzde 48’lik bir artış ile 5062,8 MW değerine kavuşmuştur. RES kurulu gücü 2017 yılı sonunda 6516,2 MW iken 2018 sonu itibarıyla yüzde 7,5 oranında büyüyerek 7005,4 MW’a ulaşmıştır. Bu durum Türkiye’de yenilenebilir enerji sektöründe yatırımların hız kazandığını göstermektedir (Karagöl ve Tür, 2017).

2.2. ELEKTRİK ARZI VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Enerji talebini karşılamak için üretilen enerji miktarı şeklinde tanımlanabilen enerji arzı, ülkelerin sahip oldukları kaynak potansiyeli ile doğru orantılıdır. Bazı ülkeler elektrik enerjisi üretiminde kaynaklar açısından yüksek bir potansiyele sahipken, bazı ülkeler yeterli kaynaklara sahip olmadıkları için dışa bağımlıdırlar. Bazı ülkeler ise kaynak rezervleri açısından zengin oldukları halde, yeterli teknolojik alt yapıya sahip olmadıkları için ellerindeki potansiyeli değerlendirme ve piyasaya arz etme konusunda zayıf kalmaktadırlar. Yeterli kaynaklara sahip olmayan veya teknolojik açıdan yetersiz olan ülkeler ihtiyaçları olan elektrik talebini karşılayamayacak ve arz konusunda yetersiz kalacaktır. Böyle bir konumda bu ülkeler için enerji kaynaklarının ithalatı kaçınılmaz olacaktır. Buradan hareketle enerji arz güvenliği ve enerjide dışa bağımlılık başlıkları ülkeler için enerji politikalarının temel ilkeleri haline gelmiştir.

Gelişen teknoloji ve artan yaşam standartları ile birlikte enerji talebinin hızla artması ve petrol, kömür, doğalgaz vb. fosil kaynakların tükenme tehlikesi insanlığı yeni kaynak arayışına yöneltmiştir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem dünya genelinde hem de Türkiye’de enerji talebinin karşılanması açısından büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları; tüm dünyada enerji çeşitliliğini, enerji güvenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir.

Genel anlamda enerji güvenliği, enerjide kaynak çeşitliliği ve bu kaynaklara ulaşılabilme kolaylığı olarak ifade edilmektedir. Ancak enerji üretimi kaynaklı oluşan çevresel sorunlar günümüzde, enerjinin güvenli olmasının yanı sıra temiz olması

kavramını da ortaya çıkarmıştır. Enerji ihtiyacının sağlanmasında yeterli kaynak çeşitliliğinin olmaması enerjide dışa bağımlılığı kaçınılmaz hale getirecektir. Dışa bağımlılık sorununun ve kaynak yetersizliği nedeniyle enerji arzında yaşanacak kesinti, azalma gibi aksaklıkların giderilmesi enerji çeşitliliğinin artırılması ile mümkün olacaktır.

31 Mart 2015 tarihinde elektrik iletim sistemindeki sorun nedeniyle Türkiye genelinde yaklaşık 10 saat süren elektrik kesintisi yaşanmıştır. Bundan yaklaşık bir yıl sonra 26 Nisan 2016'da ise 24 ili kapsayan bir kesinti meydana gelmiştir. Bu kesintiler enerji arz güvenliği konusunda bir takım tartışmaları gündeme getirmiştir. Türkiye artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek, dış veya iç kaynaklı bu tür kesintiler karşısında arz güvenliğini sağlamak için enerji arzında yeni arayışlara yönelmiştir. Bu bağlamda, Türkiye elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılmasını hedeflemiştir.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla; enerji arz güvenliği sağlanacak, oluşturulan güven ortamı ile yatırım ve üretim artacak, yerli üretim ve buna bağlı olarak istihdam artacak, enerjide dışa bağımlılık azalacak ve sosyo-ekonomik hayatta refah seviyesi artacaktır (Yüksek, 2019).

Elektrik arzını belirleyen etkenler olarak elektrik fiyatları, dışa bağımlılık, yasal düzenlemeler, diğer ülkelerle olan ilişkiler ve kaynakların kullanılabilirliği sayılabilir.

2.2.1. Elektrik Fiyatları

Ekonominin temel girdilerinden biri olarak elektriğin fiyatında meydana gelecek değişimler büyük önem taşımaktadır. Elektrik fiyatları, elektrik arzı konusunda belirleyici etkenler arasında ilk sırada sayılabilmektedir. Arz kanununa göre, elektrik fiyatları ile arz edilen miktar arasında aynı yönde bir ilişki vardır. Elektrik fiyatlarında meydana gelecek bir artış, arz edilen elektrik enerjisi miktarında da bir artışa neden olacaktır.

2.2.2. Dışa Bağımlılık (Kaynak Potansiyeli)

Dünya genelinde hızla artan elektrik tüketimi karşısında kaynak potansiyeli ve teknolojik açıdan yetersiz kalan ülkeler elektrik enerjisi üretimi için ihtiyaçları olan kaynakları ithal etmek zorunda kalmakta ve bu durum ülkeleri bu alanda dışa bağımlı hale getirmektedir. Dışa bağımlı olan bu ülkeler için ise elektrik enerjisi için arz güvenliği

ciddi boyutta tehdit oluşturmaktadır. Bu anlamda ülkeler arz güvenliğini sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakları çeşitlendirmek, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanabilmek için çeşitli politikalar geliştirmektedirler.

2.2.3. Yasal Düzenlemeler

Ulusal ve uluslararası kurumlar, hükümetler ve şirketler arasında elektrik iletim ve dağıtımının kesintisiz ve güvenli olarak tüketicilere ulaşmasını sağlayacak, çevre kirliliğini önleyecek ve insan sağlığını koruyacak çeşitli yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Bu yasal düzenlemelerden biri çevrenin korunmasıyla ilgili imzalanan Kyoto Protokolü'dür. 1992'de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde kabul edilmiş uluslararası bir anlaşma olan Kyoto Protokolü'ne Türkiye Ağustos 2009'da katılmıştır. Kyoto Protokolü ile mevcut kömür santrallerinin daha az emisyon oluşturacak şekilde iyileştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanabilme amaçlanmaktadır (Tugal, 2014).

2.2.4. Diğer Ülkelerle Olan İlişkiler

Ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınmanın temel ilkelerinden olan elektrik (enerji) üretimi ve tüketimi iç politikada olduğu gibi dış politikada da çok büyük öneme sahiptir. Bu önemi sebebiyle, günümüzde siyasal sorunların ve sıcak savaşların çıkış noktası üretim kaynaklarının yoğun olduğu bölgelerdir. Enerji kaynaklarının dünya genelinde eşit dağılmaması söz konusu durumun temel nedenidir. Dağılımdaki bu eşitsizlik ise, birçok ülkeyi birbiriyle karşı karşıya getirmekte ve enerjide dışa bağımlı yapmaktadır. Bu doğrultuda dışa bağımlı olan ülkeler için enerji politikaları açısından arz güvenliğinin sağlanması öncelik teşkil etmelidir (Bilginoğlu ve Dumrul, 2012).

2.2.5. Kaynakların Kullanılabilirliği

Kaynakların kullanılabilirliği, mevcut enerji arzına yön veren coğrafi, jeolojik ve mevsimsel koşulları ifade etmektedir (Güngör, 2016). Enerji kaynağının elektrik üretim tesisine olan uzaklığı, kaynağın rezerv miktarı, kalitesi, tesiste elde edilen elektrik enerjisinin tüketiciye ulaştırılması ve tedarik durumu elektrik enerjisi arzını belirleyen faktörler arasında sayılabilmektedir. Mevsimsel şartlar bazı durumlarda elektrik enerjisi

arzını arttırmaktadır. Doğal afetler, aşırı sıcaklıklar, soğuklar veya kuraklıklar arzı artırır (Yılmaz, 2012).

2.3. ELEKTRİK TALEBİ VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ekonomik kalkınmanın en temel yapı taşlarından bir tanesi olan enerji günümüzde ülke politikalarına yön veren son derece etkin faktörlerden biri haline gelmiştir. Elektrik enerjisi ise, sosyal ve ekonomik hayatın vazgeçilmez unsurlarından birini oluşturan enerji çeşitleri içerisinde en esnek yapıda olanıdır. Bu sebeple günlük hayatın hemen her alanında geniş kullanım alanlarına sahiptir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de ekonomik kalkınma ile beraber çeşitli mal ve hizmetlerin tüketimi her geçen gün artmaktadır. Tüketilen bu mal ve hizmetler arasında ilk sırada ise elektrik gelmektedir. Hem sanayi sektörünün temel girdilerden biri olması, hem de artan yaşam standartları sonucunda yeni teknolojilerin kullanımının elektriğe bağlı olması elektrik enerjisine bağımlılığı giderek artırmaktadır. Elektrik enerjisi talebi, kısa ve uzun dönemde birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörlerin başında ekonomik büyüme, elektrik fiyatları, teknolojik gelişme, kentleşme ve nüfus sayılabilir (Nişancı, 2005).

2.3.1. Ekonomik Büyüme

Ekonomik büyüme, belli bir dönemde mal ve hizmetlerin üretiminde meydana gelen reel artış olarak tanımlanabilmektedir. Mal ve hizmetlerin üretiminde önemli bir girdi olarak kullanılması nedeniyle üretimi artırmak için elektrik enerjisine olan talep artmaktadır. Kaynak potansiyeli açısından zengin sayılan ülkelerde üretimin artışına bağlı olarak ekonomik büyüme gerçekleşirken, yeterli kapasiteye sahip olmayan ülkeler enerjide dışa bağımlı olmakta ve bu nedenle bu ülkelerde ekonomik büyüme yavaşlamaktadır. Bu bağlamda ekonomik büyüme ile elektrik enerjisi talebi arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilmektedir (Kılınç, 2014; Bilgiç, 2018).

2.3.2. Elektrik Fiyatları

Bir mal için belirli bir fiyata göre tüketicilerin talep miktarı, mal ve hizmet çeşidine göre farklılık göstermekle birlikte, fiyat değişikliği karşısında talep miktarındaki değişime gösterilen tepki de farklılaşmaktadır. Talep kanununa göre bir ürünün fiyatında yaşanan artış ürüne olan talebi azalttığından elektrik fiyatlarındaki artışlar hem üretim hem de tüketim sürecinde sektörleri etkileyecektir. Söz konusu fiyat artışlarından her

sektör aynı oranda etkilenmeyecek, elektrik enerjisini yoğun olarak kullanan sektörler daha çok etkilenecektir. Elektrik fiyatlarında meydana gelecek bir artış, üretimde kullanılan girdilerin maliyetlerini ve ürün fiyatlarını artıracak dolayısıyla bu durum toplam talebe yansyarak ekonomik olumsuzluklara neden olacaktır.

2.3.3. Teknolojik Gelişme

Teknolojik gelişmeler üretim sürecinde kullanılan elektrik enerjisinin daha verimli kullanılmasına imkân sağlayarak, daha az enerji ile daha çok çıktı sağlamaktadır. Teknoloji enerji verimliliği sağlamasının yanı sıra birim üretim için daha az elektrik kullanılmasını, yani enerji yoğunluğunun azaltılmasını sağlamaktadır. Teknolojik gelişim gösteren ekonomilerde enerji verimliliği enerji tasarrufu sağlayabilmesinin yanında elektrik tüketiminde bir artışa da neden olabilmektedir. ‘Rebound etkisi’ olarak adlandırılan varsayıma göre teknolojik ilerleme neticesinde artan enerji verimliliği elektrik fiyatları ile birlikte maliyetlerin düşmesini sağlayarak üretimi arttırmaktadır. Bununla birlikte üretim artışı beraberinde elektrik talebinin artmasına yol açmaktadır. Ancak teknolojik ilerlemenin olmadığı ekonomilerde ise enerji verimliliği sağlanamadığı için elektrik fiyatlarının artması öngörülmektedir. Fiyattaki artışlar ise maliyetlerin artmasına neden olacağı için elektrik talebinde azalmaya yol açacaktır (Çınar, 2019; Bilgiç, 2018).

2.3.4. Kentleşme

Kentleşmenin getirdiği yaşam tarzı ve tüketim standartlarındaki değişim elektrik talebini arttıran unsurlar arasında yer almaktadır. Nüfus artışı ve sanayileşmeyle ortaya çıkan kentleşmenin hızla artması sebebiyle elektrik enerjisine olan talep zaman geçtikçe önemli artışlar göstermektedir. Daha iyi yaşam standartları için (iş, eğitim, sağlık hizmetleri, vs.) nüfusun kırsaldan kente göç etmesi kentlerin sayısını artırmış ve kentler bölgesel olarak büyümüşür. Sonuç olarak sayısı artan ve büyüyen kentler daha fazla elektrik tüketimine neden olacaktır.

2.3.5. Nüfus

Elektrik enerjisi talebini etkileyen en önemli faktörler arasında yer alan nüfus artışıyla birlikte tüketim ihtiyaçları artacak ve bu ihtiyaçları karşılamak için üretim faaliyetlerinde de artış olacaktır. Artan üretim faaliyetleri ise daha çok elektrik tüketimine neden olacaktır. Dolayısıyla nüfus artışı elektrik tüketimindeki artışı zorunlu kılacaktır.

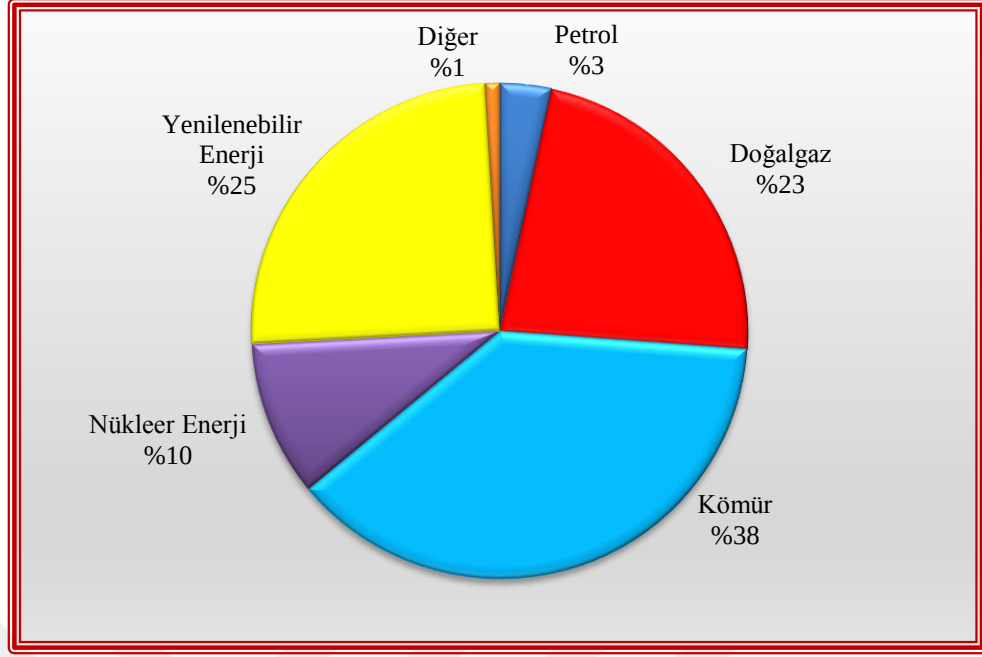
Sonuç olarak, elektrik enerjisi talebi ile nüfus artışı arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkacaktır (Kılınç, 2014).

Ayrıca bahsi geçen faktörlere ilaveten mevsimsel (iklimsel) koşullar elektrik enerjisi talebini etkileyen faktörler arasında sayılabilir. Hava şartlarının bazı durumlarda elektrik talebini arttırıcı etki yaptığı söylenebilir. Örneğin; elektrik özellikle sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında serinleme (klima) amaçlı yoğun bir şekilde kullanılmakta iken, sanayide sektöründe endüstriyel makinelerin çalışması nedeniyle yüksek ortam sıcaklığı ve iç havayı temizlemek için havalandırma amaçlı ve endüstriyel soğutucu olarak kullanılmaktadır.

2.4. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ENERJİSİ

Günümüzde teknoloji ve sanayi alanındaki gelişmeler ve nüfus artışı ile birlikte hemen her alanda ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi ekonomik ve sosyal açıdan ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde geçmişte daha çok fosil kaynaklar (petrol, doğalgaz, kömür, vb.) kullanılırken, günümüzde ülkelerin elektrik üretim portföyüne yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, hidrolik, vb.) giderek artan bir oranda dâhil olmuştur.

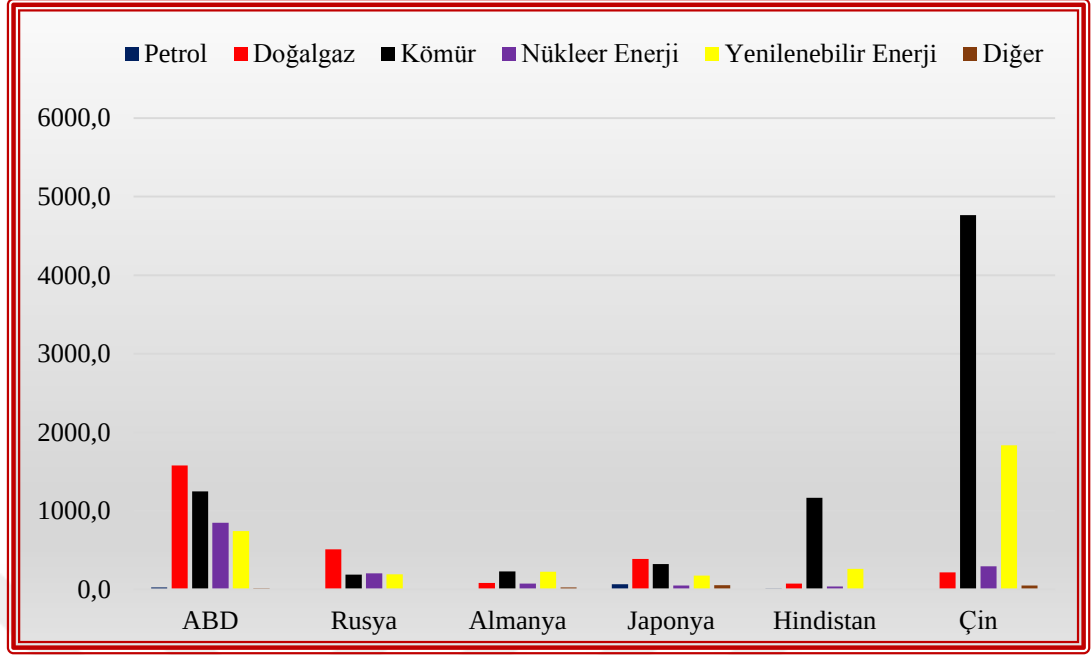
BP (British Petrol) Haziran 2020 Dünya Enerji İstatistiksel Değerlendirme verilerine göre, 2018 yılı toplam elektrik enerjisi üretim miktarı 26.652,9 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2018 yılı sonu itibari ile dünya ölçeğinde kaynaklar bazında elektrik enerjisi üretim payları Grafik 2.1’ de verilmiştir.



Grafik 2.1. Dünya Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı (2018)

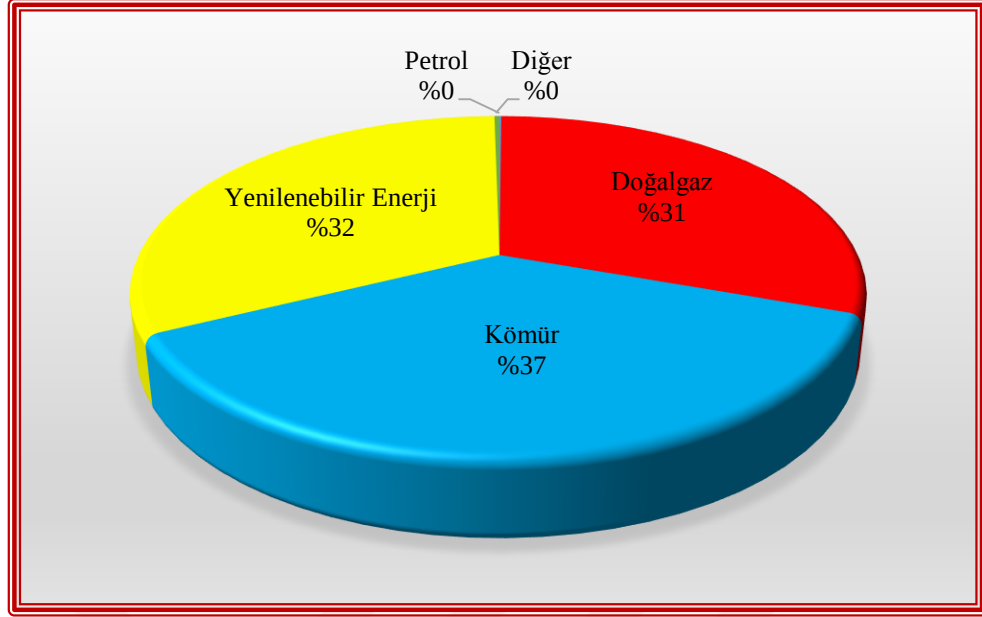
Grafik 2.1’de görüldüğü üzere, 2018 yılında dünyada elektrik enerjisi üretiminde %38 oran ile en çok kömür kullanılmıştır. Elektrik üretiminde ikinci sırayı alan yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik dâhil) üretimdeki payı ise %25 olarak kaydedilmiştir. Doğalgazın dünya ölçeğinde elektrik üretim payı %23 iken, onu takip eden nükleer enerjinin oranı ise %10 olarak belirlenmiştir. Potansiyel olarak tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan petrolün elektrik enerjisi üretiminde dünyadaki kullanım oranı %3 ile sınırlı kalmıştır.

Elektrik enerjisi üretimine Grafik 2.2’de görüldüğü gibi dünyada en fazla elektrik üreten ülkeler ve üretim kaynakları açısından bakıldığında, elektrik üretiminde dünyada en çok kullanılan kömürden elektrik üretiminde önde gelen ülkeler sırasıyla Çin (4765,0 TWh), ABD (1246,7 TWh) ve Hindistan (1167,3 TWh) olmaktadır. Üretimde ikinci sırayı alan yenilenebilir enerji kaynaklarını (hidroelektrik dâhil) elektrik üretiminde en fazla kullanan ülkeler sıralamasında ilk iki sırada yine Çin (1835,3 TWh) ve ABD (741,1 TWh) yer almaktadır. Buna ek olarak doğalgaz kaynağında ABD (1579,3 TWh) ilk sırada yer alırken ikinci sırada Rusya (511,1 TWh) yer almaktadır (BP, 2020).



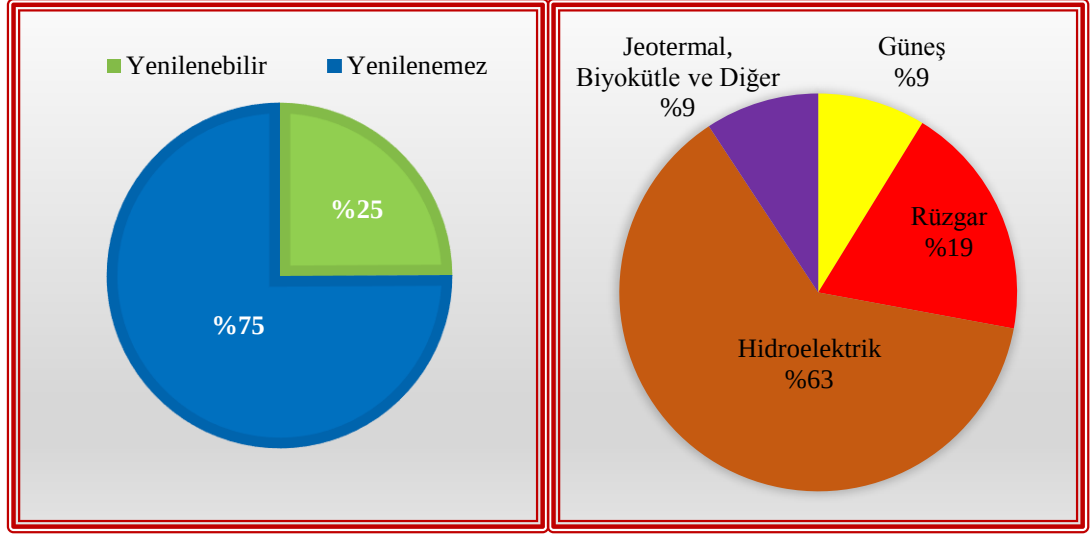
Grafik 2.2. Dünyada En Fazla Elektrik Üreten Ülkeler ve Üretim Kaynakları (2018)

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) verilerine göre, Türkiye’de toplam elektrik üretimi 2017 yılı sonunda 297,3 TWh iken 2018 yılında %2,5’lik bir artış ile 304,8 TWh olarak hesaplanmıştır. 2018 yılında gerçekleşen elektrik üretimi kaynaklar bazında incelendiğinde (Grafik 2.3) toplam üretim içerisinde kömürün %37’lik oran (113,2 TWh) ile en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Elektrik üretiminde kullanılan kömürün yarısından fazlası (62,9 TWh) ithal kaynaklı olup geri kalan üretimin neredeyse tamamı ise yerli linyit kömüründen sağlanmaktadır (45,0 TWh linyit, 5,1 TWh taşkömürü ve asfaltit). Ülkemizde elektrik üretiminde ikinci en büyük paya (%32) sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidroelektrik dâhil) elektrik üretimi 97,7 TWh olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizin kaynak olarak büyük oranda dışa bağımlı olduğu doğalgazdan elektrik üretiminin payı ise %31 (92,5 TWh) olarak kaydedilmiştir. 2018 yılında doğalgaz santrallerinin elektrik üretimine katkısı 2000 yılından itibaren gerçekleşen katkıların en düşük olması ile dikkat çekmektedir (TEİAŞ, 2018).



Grafik 2.3. Türkiye Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı (2018)

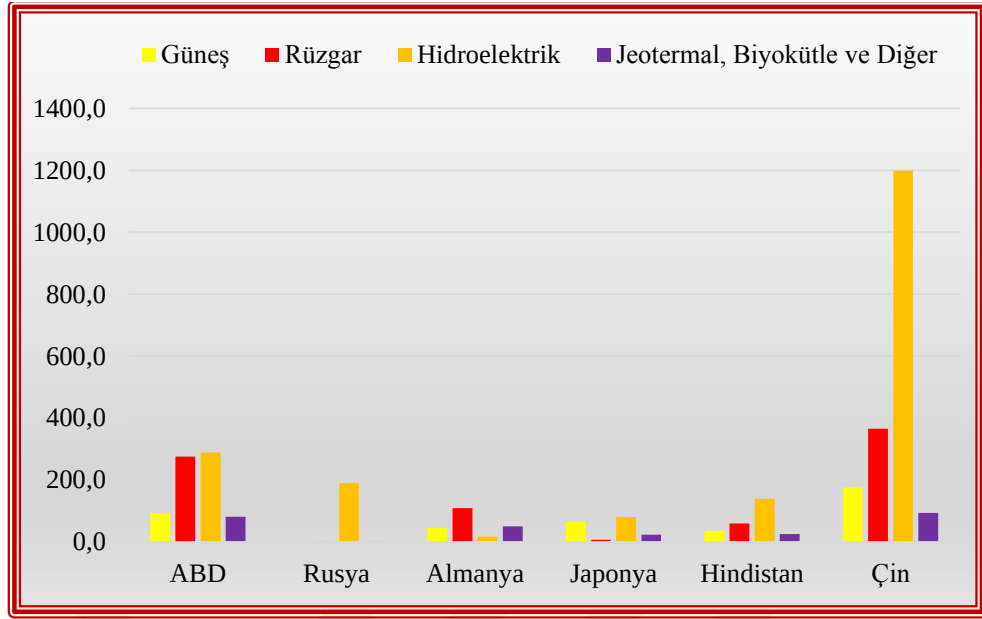
Elektrik enerjisi üretiminde dünyada kullanılan enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynakları olarak incelendiğinde ise yenilenemez enerji kaynaklarının üretimdeki payının yenilenebilir enerji kaynaklarının 3 katı olduğu görülmektedir. Grafik 2.4'te %25'lik oranla temsil edilen yenilenebilir enerji kaynakları arasında elektrik üretiminde en büyük paya sahip olan kaynak hidroelektrik enerjisidir. Hidroelektrik enerjisi yenilenebilir enerji alanında %63 oranıyla dünya genelinde en gelişmiş kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Onu takiben elektrik üretimine en fazla katkı sağlayan ikinci enerji kaynağı ise son yıllarda alandaki yatırımların giderek arttığı rüzgâr enerjisidir. BP 2020 istatistiki verilerine göre önceki yıla göre, 2018 yılında en fazla artış gösteren güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı ise %9 olarak hesaplanmıştır. Jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi ise elektrik üretimine diğerlerine nazaran daha düşük oranda katkı sağlayan yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bu veriler ışığında dünya ölçeğinde bu kaynakların mevcut potansiyelinden yeterli derecede faydalanılmadığı ifade edilebilir.



Grafik 2.4. Kaynak Çeşitleriyle Dünyada Yenilenebilir Enerjiden Elektrik Üretim Payları (2018)

2017 yılında dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından toplam elektrik üretimi 6236,7 TWh iken, 2018 yılında %6,5'lik bir artış ile 6639,4 TWh olmuştur. Her iki yılda da yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin yarısından fazlası hidroelektrik santrallerinden karşılanmakta iken, hidroelektrik haricindeki yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminin yaklaşık %50'sinin ise rüzgâr enerjisinden elde edildiği tespit edilmiştir. 2017 yılına nazaran 2018 yılında tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarı artmakla birlikte yenilenebilir kaynaklı üretim içerisindeki oranlar incelendiğinde rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik üretiminin payı artarken diğerleri azalmıştır.

Güneş enerjisini kullanarak dünyada en fazla elektrik üreten ülkeler arasında ilk üçte sırasıyla Çin (176,9TWh), ABD (94,3 TWh) ve Japonya (66,1 TWh) yer almaktadır. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminde ise ilk iki sırayı yine Çin (365,8 TWh) ve ABD (275,4 TWh) paylaşıırken üçüncü sırada 110,0 TWh'lik üretimiyle Almanya gelmektedir. Yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminde dünyada en fazla kullanılan kaynak olan hidroelektrik ve geri kalan diğer yenilenebilir kaynakların (jeotermal, biyokütle ve diğer) kullanımında da Çin en önde gelen ülke olarak dikkat çekmektedir. 2018 yılında dünyada yenilenebilir enerjiden en fazla elektrik üreten ülkeler ve üretim kaynakları Grafik 2.5'te sunulmuştur (BP, 2020).

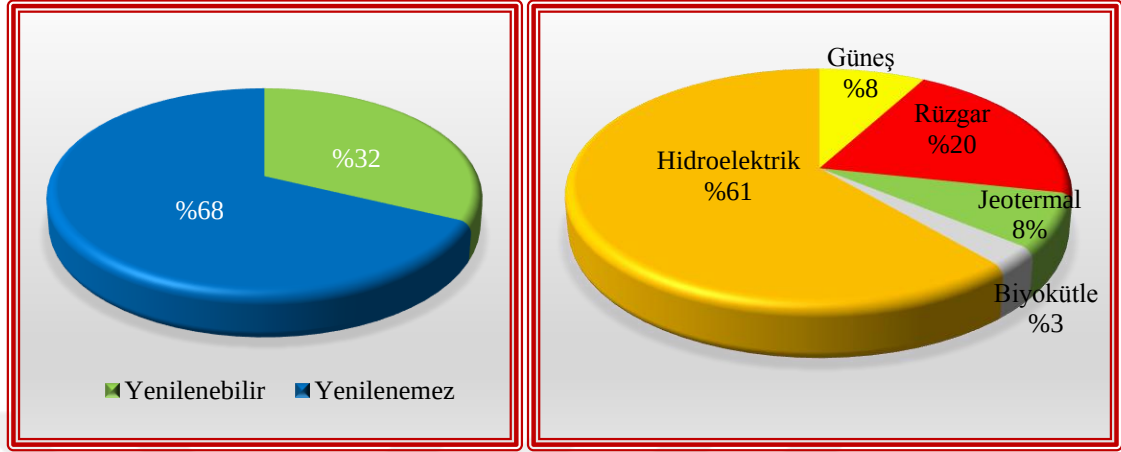


Grafik 2.5. Dünyada Yenilenebilir Enerjiden En Fazla Elektrik Üreten Ülkeler ve Üretim Kaynakları (2018)

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidroelektrik dâhil) elektrik üretimi 2017 yılında 87,2 TWh olup, 2018 yılı sonunda bu rakam %12 artarak 97,7 TWh olmuştur. Bununla birlikte ülkemizde hidroelektrik haricindeki yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminde görülen %30 artış oranı dikkat çekmektedir. Önceki yıla nazaran bu gerçekleşen artışlarda en büyük pay %169 oran (4,9 TWh) ile son yıllarda büyük gelişme gösteren güneş enerjisine ait iken, ikinci sırayı %28,6 (0,6 TWh) artışla biyokütle enerjisi almıştır. 2018 yılındaki artış oranı jeotermal enerjide %21,3 (1,3 TWh) olup, rüzgâr enerjisinde ise %11,2 (2,0 TWh) olarak kaydedilmiştir. Tüm dünyada ve ülkemizde elektrik üretiminde en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrikteki önceki yıla oranla artışın sadece %2,9 (1,0 TWh)’luk oranda kalması göze çarpmaktadır.

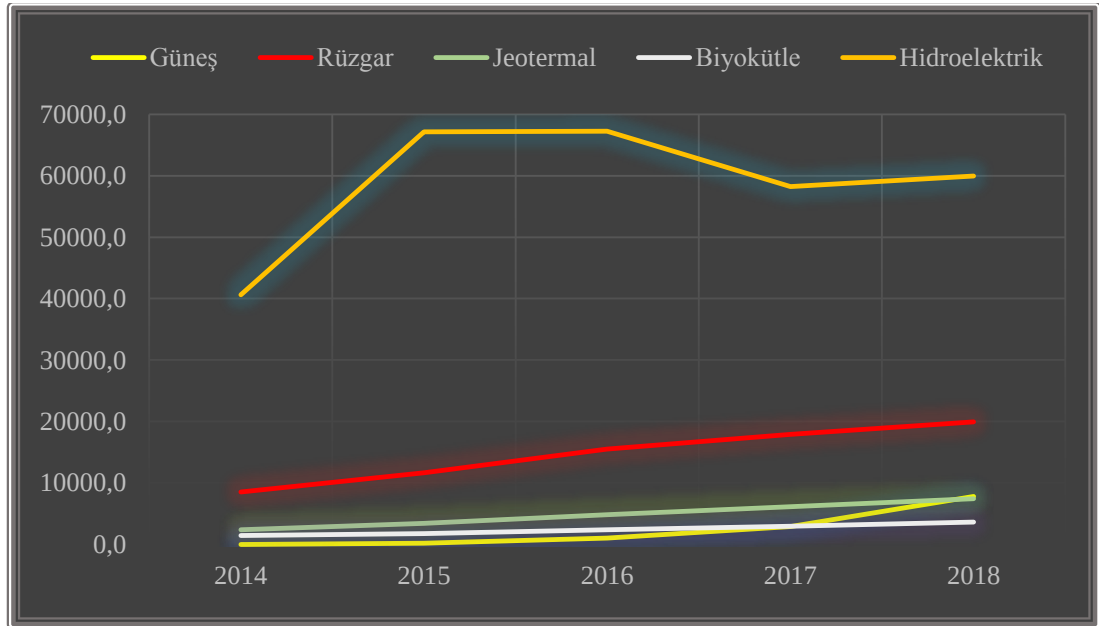
Grafik 2.6’ da verilen 2018 yılında Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim oranlarına bakıldığında dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de en çok kullanılan kaynak hidroelektrik enerjisi (%61) iken, son yıllarda sürekli bir artış trendi sergileyen rüzgâr enerjisi (%20) ikinci sırada yer almaktadır. Bununla birlikte uygulanan teşvik mekanizmaları neticesinde son derece hızlı ivme kazanan güneş enerjisinin ve jeotermal enerjinin üretimdeki payları %8 olarak eşit dağılmıştır. 2018 yılında önceki yıla

göre ikinci en büyük artışı gerçekleştiren biyokütle enerjisinin üretime katkısı ise %3'lük oranla sınırlı kalmıştır (TEİAŞ, 2018).



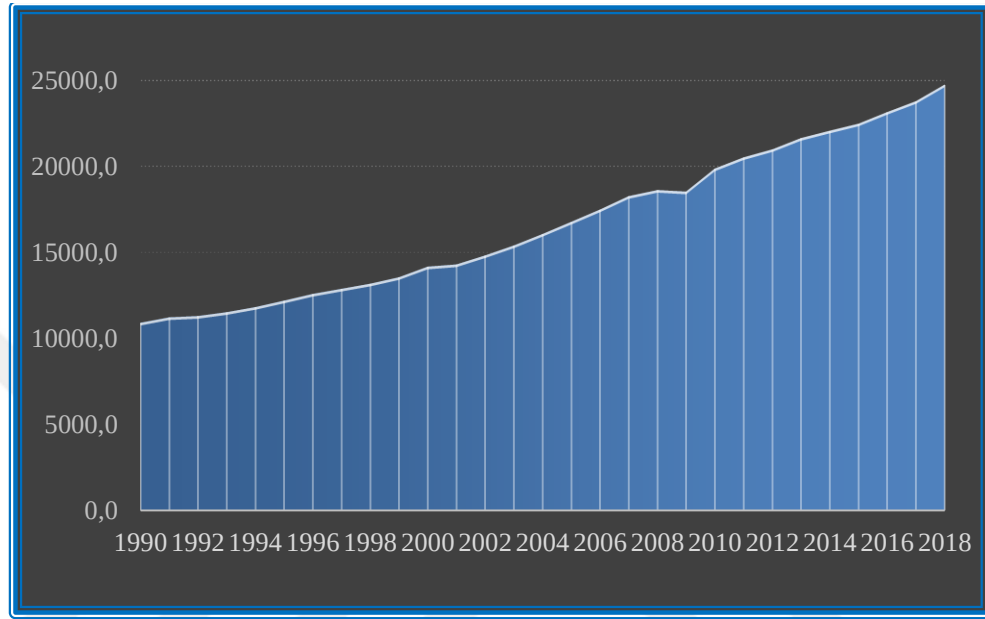
Grafik 2.6. Türkiye’de Elektrik Üretimine Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (2018)

Grafik 2.7 ülkemizde 2014-2018 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin gelişimini göstermektedir. Grafiğe baktığımızda sektörde uygulanan teşvik politikalarının olumlu etkisi henüz yeterli düzeyde olmasa da açıkça görülebilmektedir. Bu süreçte özellikle güneş enerjisi %239'luk büyüme oranıyla olağanüstü bir gelişim göstermiştir (TEİAŞ, 2018).



Grafik 2.7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimine Gelişimi

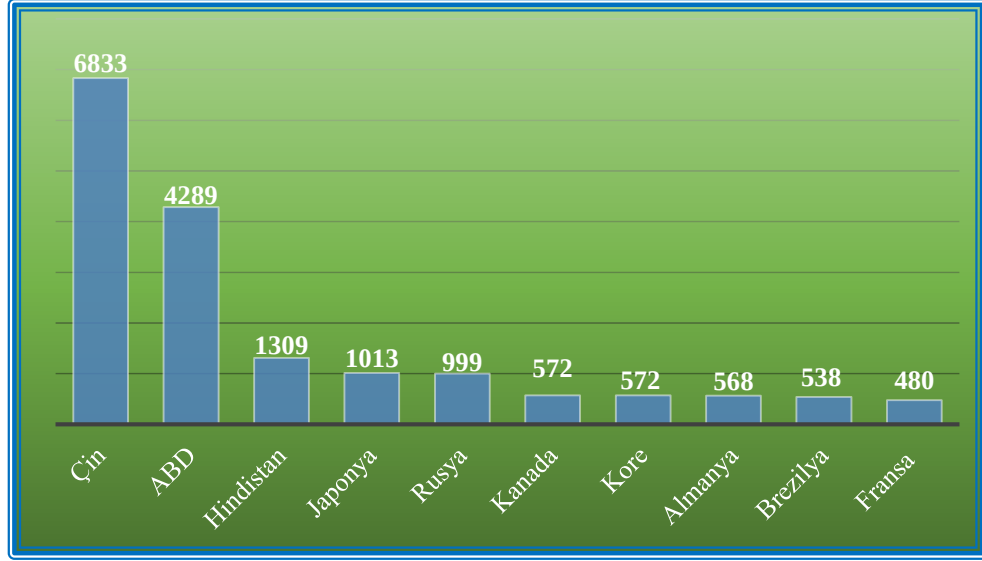
Dünyadaki nüfus artışı, ekonomik büyüme, artan kentleşme oranı ve yaşam standartlarının yükselmesi gibi nedenlerle enerji tüketimi ve buna bağlı olarak da elektrik tüketimi her geçen yıl artış göstermektedir. Grafik 2.8’de 1990-2018 yılları arasında dünya elektrik tüketiminin seyri yer almaktadır



Grafik 2.8. Dünya Elektrik Tüketimi (TWh)

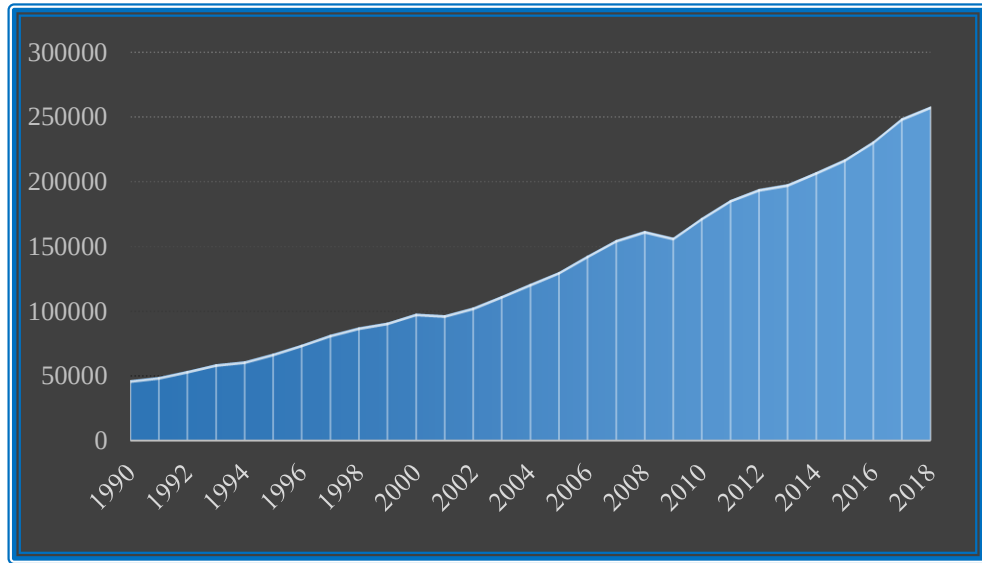
Grafik 2.8’e bakıldığında küresel ekonomik krizin olduğu 2009 yılı haricinde dünyada elektrik tüketiminin sürekli arttığı gözlemlenmektedir. 2018 yılında dünya elektrik tüketimi bir önceki yıla göre %4,1 artış göstererek 24.739 TWh olmuştur.

Grafik 2.9’da gösterilen dünyada elektriği en fazla kullanan 10 ülkenin 2018 yılı toplam elektrik tüketimi 17.174 TWh olup, bu rakam dünya elektrik tüketiminin %69,4’üne denk gelmektedir. 2018 yılı dünya elektrik tüketiminde ilk sırayı alan Çin’in tüketim miktarı (6833 TWh) ile dünya elektrik tüketiminin dörtte birinden fazla olmuştur. İstikrarlı ekonomik büyüme ve sanayi talebi Çin’deki bu tüketim artışına neden olmuştur. 2017 yılına göre ABD elektrik tüketimi 2018 yılında %4,2 oranında artış göstererek 4289 TWh ile ikinci sırada yer almıştır. Sanayi talebi ve ekonomik büyüme nedeniyle Kanada, Brezilya ve Rusya’da da 2018 yılında elektrik tüketimi artmıştır. Ayrıca Hindistan ve Kore’de de elektrik tüketimi artış gösterirken, Almanya, Fransa ve Japonya’da azalmıştır (IEA, 2020).



Grafik 2.9. Dünyada En Çok Elektrik Tüketen 10 Ülke (2018)

Dünyada elektrik talebi bölgesel olarak iki farklı eğilim sergilemektedir. Gelişmiş ülkelerde (ABD, AB, Güney Kore, Japonya) son yıllarda elektrik talebinin sabit kaldığı hatta düşüş gösterdiği görülmektedir. 2000 yılında dünya elektrik talebinin %66'sına karşılık gelen gelişmiş ülkelerin elektrik talebi günümüzde %44'e düşmüştür. Gelişmekte olan ülkelerde (Çin, Hindistan, Brezilya, Rusya, Endonezya, Orta Doğu ülkeleri, Güney Afrika) ise hizmet sektörünün büyümesi ve artan sanayi üretimine bağlı olarak enerji talebi 2000 yılına göre 3 kat artmıştır (TEDAŞ, 2020).



Grafik 2.10. Yıllar İtibarıyla Türkiye'nin Net Elektrik Tüketimi (GWh)

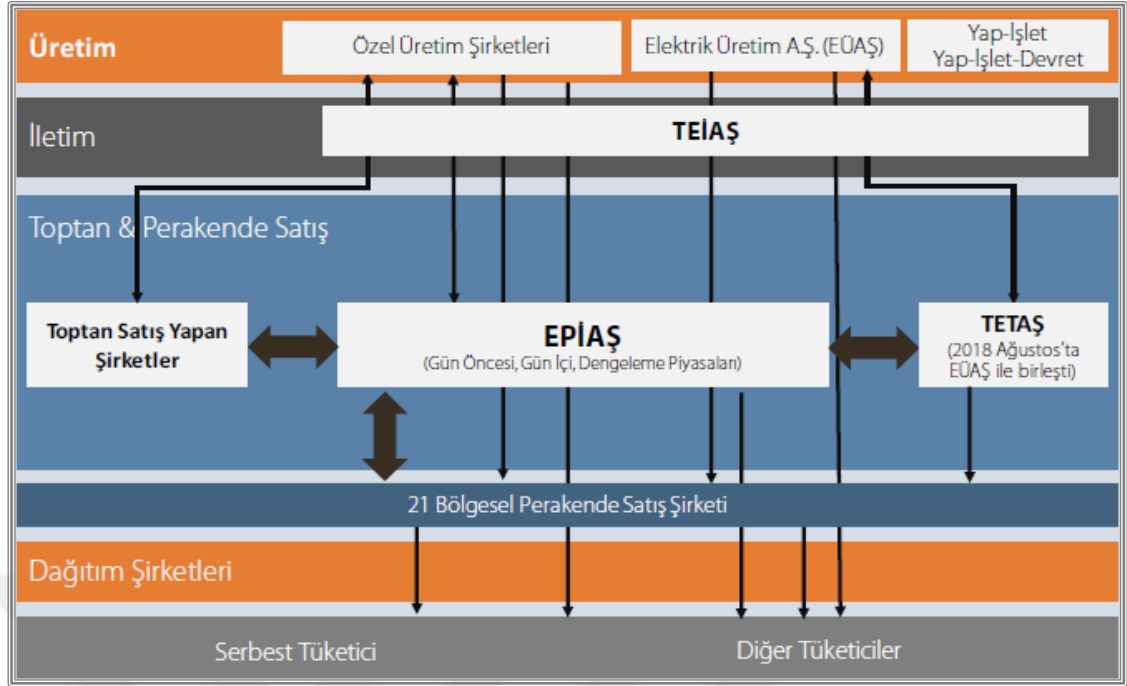
Ülkemizde 1990-2018 yılları arasında net elektrik tüketimi verilerine bakıldığında (Grafik 2.10) ise, bu süreçte ülkemizdeki elektrik tüketiminin dünya elektrik tüketimiyle paralel bir yapı sergilediği söylenebilir. Ulusal ekonomik krizin meydana geldiği 2001 ve küresel ekonomik krizinin yaşandığı 2009 yılları dışında Türkiye’de elektrik tüketiminde her yıl artışların yaşandığı görülmektedir. 2018 yılında ülkemizdeki net elektrik tüketimi 2017 yılına kıyasla %3,7 artış göstererek 258.232 GWh olarak kaydedilmiştir. Ekonomideki iyileşmeler ve kişi başı gelirdeki yükselmeye birlikte Türkiye’de kişi başına düşen net elektrik tüketimi 2017 yılında 3082 kWh iken 2018 yılında %2,2 artışla 3149 kWh olarak hesaplanmıştır (TUIK, 2020).

2.5. TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ARZ/TALEP YAPISI

Türkiye elektrik sektörü, arz güvenliği ilkesini temel alan bir yaklaşımla, ülkenin refahına ve ekonomik gelişimine katkıda bulunma doğrultusunda gelişmiştir. Türkiye’de elektrik hizmeti uzun yıllar boyunca kamu kuruluşu tarafından yapılmıştır. 1990’lı yıllarda elektrik üretim ve dağıtım faaliyetleri ayrıştırılmış, özel firmaların yatırım ve işletme sürecine dâhil edilmeleri için girişimlerde bulunulmuştur. 2000’lere gelindiğinde yapılan yasal düzenlemeler ve serbestleştirme çalışmalarıyla sektör şu anki çok aktörlü ve faaliyetlerin ayrıştırıldığı yapıya dönüşmüştür.

2.5.1. Elektrik Sektörünün Yapısı ve Sektör Oyuncuları

Elektrik piyasasının serbestleştirilmesi süreci 2001 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’nın kurulması ile başlamıştır. Bu süreç 2013 yılında yapılan son düzenlemelerle yeni bir yapıya kavuşmuştur. 2015 yılında toptan elektrik piyasasının işletilmesi ve piyasa işlemlerinin yönetilmesi için EPIAŞ kurulmuştur. Bu yeni süreçte mali uzlaştırma işleri EPIAŞ bünyesinde toplanmıştır. Elektrik üretim ve dağıtım faaliyetlerinin özelleştirilmesi 2018 yılı itibarıyla tamamlanmıştır. Kamu sorumluluğundaki iletim faaliyeti haricinde, son kullanıcıların serbestleşmesiyle rekabet ortamı oluşturulmuştur. Görevi devralan EPIAŞ gün öncesi ve gün içi piyasalarını yönetmeye başlamıştır. Bu yapı içerisinde TEİAŞ’nin görevi dengeleme güç piyasasının ve yan hizmetler piyasasının çalıştırılmasıdır. Elektrik piyasası ve diğer enerji piyasalarının bütün faaliyetlerinin düzenlenmesi, denetlenmesi ve tüm lisanslandırma işlerinden ise EPDK sorumludur. Şekil 2.1’de Türkiye’deki elektrik sisteminin aktörleri sunulmuştur.



Şekil 2.1. Türkiye’de Elektrik Sisteminin Yapısı

Elektrik piyasasında gerçekleşen üretim ve tüketimle ilgili mali uzlaştırma işlemlerini yürütme, organize piyasaları yönetme, ticari işlemleri kayıt altına alma gibi konular EPIAŞ’ın görevleri arasında yer almaktadır. Türkiye elektrik sistemi 18.09.2010 tarihinden beri Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşleticileri Ağı (ENTSO-E) ile paralel olarak işletilmektedir. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi’nin (TEDAŞ) 2004 yılında özelleştirilmesiyle, elektrik dağıtım ve satış faaliyetleri 21 ayrı dağıtım bölgesine ayrılmıştır. Türkiye’de elektrik dağıtımını 21 özel dağıtım firması tarafından yapılmaktadır. Elektrik tedariki geçmişte dağıtım şirketleri tarafından yapılırken günümüzde tüketicilere elektrik satma yetkisi elektrik tedarik şirketleri tarafından yapılmaktadır. Bu şirketler görevleri açısından görevli elektrik tedarik şirketleri ve elektrik tedarik şirketleri olarak ikiye ayrılmıştır. Görevli tedarik şirketleri tüm tüketicilere elektrik satma yetkisine sahipken, farklı lisanslara sahip olan tedarik şirketleri sadece serbest tüketicilere elektrik satabilmektedirler. TEİAŞ, üretilen elektriğin tüketiciye iletilmesi ve dağıtım şebekesine aktarımından sorumludur (Hacımale vd., 2018).

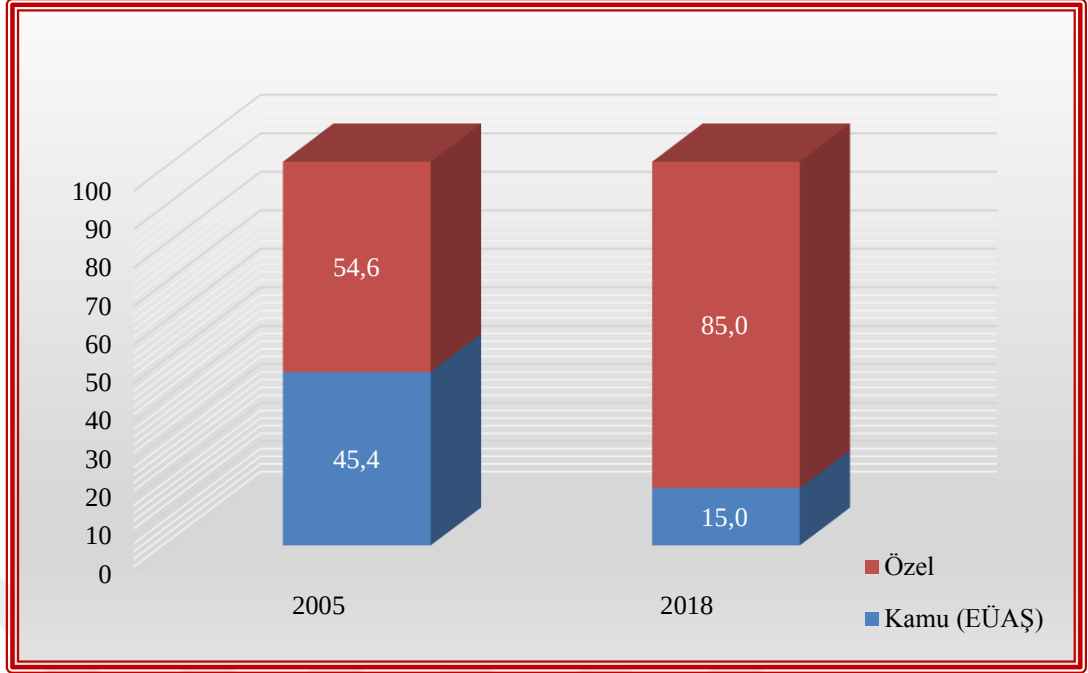
2.5.2. Türkiye’de Elektrik Arzı (Üretimi)

Elektrik sektörünün üretim tarafı Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ)’ye ait tesisler, Yap-İşlet/Yap-İşlet-Devret (Yİ/YİD) santralleri ve özel sektör santrallerinden müteşekkildir. Tablo 2.1 incelendiğinde 2018 yılında Türkiye elektrik üretiminin kuruluşlara göre dağılımında en büyük payın %66’lık oranla serbest üretim şirketlerine ait olduğu görülmektedir. Toplam elektrik üretiminde kamunun (EÜAŞ) payı 2005 yılında %45,4 oranında iken 2018 yılı sonunda %15’lere kadar gerilemiştir. Üretimde üçüncü sırada yer alan yap işlet santrallerinin üretime katkısı %12,1’dir. Türkiye’de elektrik üretiminde işletme hakkı devri santrallerin ve lisans almadan elektrik üretimi yapan santrallerin toplam katkısı ise yaklaşık %6 olmuştur (TEİAŞ, 2018).

Tablo 2.1. Türkiye Elektrik Üretiminin Kuruluşlara Göre Dağılımı (2018)

Kuruluşlar	Üretim (Gwh)	Katkı (%)
EÜAŞ (Elektrik Üretim A.Ş.)	45.798,3	15,03
İHD (İşletme Hakkı Devri)	8.258,6	2,71
Yİ (Yap-İşlet)	36.888,9	12,10
YİD (Yap-İşlet-Devret)	2.946,4	0,97
SÜŞ (Serbest Üretim Şirketi)	202.111,5	66,31
LİSANSSIZ	8.798,2	2,89
TOPLAM	304.801,9	100,00

Türkiye toplam elektrik üretiminde kamu ve özel sektörün payları Grafik 2.11’de verilmiştir. Grafik 2.11’e bakıldığında son yıllarda özel sektörün üretim payındaki artış dikkat çekmektedir. Bu artışın son yıllarda elektrik üreten santrallere uygulanan destek ve teşvik politikalarla özel şirketlerin sürece dâhil edilmelerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. 2005 yılında üretimin yaklaşık yarısı özel şirketler tarafından karşılanırken, 2018 yılına gelindiğinde özel sektörün üretimdeki payı %85’lere ulaşmıştır (TEİAŞ, 2018).



Grafik 2.11. Türkiye Toplam Elektrik Üretiminde Kamu ve Özel Sektörün Payı (%)

2.5.3. Türkiye’de Elektrik Talebi (Tüketimi)

Tablo 2.2’ de Türkiye’de 1988-2017 yılları arasında tüketilen net elektriğin sektörlere göre dağılımı sunulmuştur. Türkiye’de elektrik enerjisi tüketimi 1988-2017 döneminde 2001 ve 2009 kriz yılları haricinde yıllar itibarıyla düzenli bir artış göstermiştir. Her sektörde tüketim artarken, toplam tüketim içerisindeki sektör paylarında değişimler gözlemlenmektedir. Sektörel bazda elektrik enerjisi tüketiminde, sanayi sektörü en fazla paya sahip iken, onu mesken tüketimi takip etmektedir. İncelenen dönemde toplam tüketimde sanayi sektörünün payı azalırken (1988’de %63,6; 2017’de %46,8), mesken tüketiminin payı, iletim ağının genişlemesi ve şehirleşmeye bağlı olarak az da olsa artmıştır (1988’de %20, 2017’de %21,8). Bu dönemde en büyük artışın %14,8 ile ticaret sektöründe olduğu görülmektedir. Resmi dairelerde tüketilen elektrik yaklaşık %1 oranında artarken, Aydınlatma için kullanılan elektriğin payının dönem içerisinde hemen hemen değişmediği söylenebilir (TÜİK, 2020).

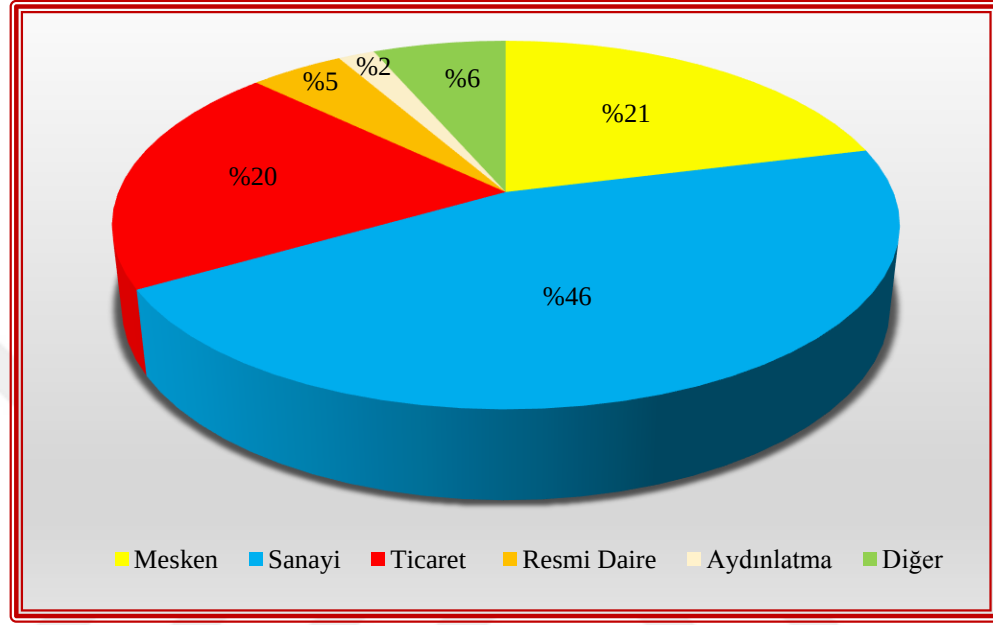
Tablo 2.2. Türkiye’de Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (1988-2017)

Yıllar	Toplam	Mesken	Ticaret	Resmi daire	Sanayi	Aydınlatma	Diğer(1)
	Gwh	%					
1988	39.722	20,0	5,0	3,2	63,6	2,1	6,1
1989	43.120	19,6	5,3	3,0	64,0	2,1	6,0
1990	46.820	19,6	5,5	3,1	62,4	2,6	6,8
1991	49.283	22,0	6,2	3,8	57,9	2,9	7,2
1992	53.985	21,3	6,1	3,7	58,4	3,4	7,1
1993	59.237	21,2	6,1	3,8	57,8	3,8	7,3
1994	61.401	21,9	6,0	5,4	55,6	4,1	7,0
1995	67.394	21,5	6,2	4,5	56,4	4,6	6,8
1996	74.157	22,1	7,7	4,0	54,8	4,2	7,2
1997	81.885	22,6	8,4	4,6	53,1	4,0	7,3
1998	87.705	22,8	8,8	4,9	52,6	4,2	6,7
1999	91.202	24,8	9,0	4,1	51,0	4,6	6,5
2000	98.296	24,3	9,5	4,2	49,7	4,6	7,7
2001	97.070	24,3	10,2	4,5	48,4	5,0	7,6
2002	102.948	22,9	10,6	4,4	49,0	5,0	8,1
2003	111.766	22,5	11,5	4,1	49,3	4,5	8,1
2004	121.142	22,8	12,9	3,7	49,2	3,7	7,7
2005	130.263	23,7	14,2	3,6	47,8	3,2	7,5
2006	143.071	24,1	14,2	4,2	47,5	2,8	7,2
2007	155.135	23,5	14,9	4,5	47,6	2,6	6,9
2008	161.948	24,4	14,8	4,5	46,2	2,5	7,6
2009	156.894	25,0	15,9	4,5	44,9	2,5	7,2
2010	172.051	24,1	16,1	4,1	46,1	2,2	7,4
2011	186.100	23,8	16,4	3,9	47,3	2,1	6,5
2012	194.923	23,3	16,3	4,5	47,4	2,0	6,5
2013	198.045	22,7	18,9	4,1	47,1	1,9	5,3
2014	207.375	22,3	19,2	3,9	47,2	1,9	5,5
2015	217.312	22,0	19,1	3,7	47,6	1,9	5,7
2016	231.204	22,2	18,8	3,9	46,9	1,8	6,4
2017	249.023	21,8	19,8	4,1	46,8	1,8	5,7

(1) Tarım, hayvancılık, balıkçılık, içme ve kullanma suyu pompaj tesisleri, kamuya ait hizmetler vb. tüketimleri içerir.

Türkiye’deki elektrik tüketimine 2018 yılında sektörler açısından baktığımızda ise, 258.232 GWh olarak belirlenen toplam net elektrik tüketiminde en fazla tüketimin yine sanayi sektöründe (%46) gerçekleştiği görülmekte iken, onu takiben ikinci sırada

geçmişte olduğu gibi yine mesken sektörü (%21) bulunmaktadır. Ülkemizde ticari alanda tüketilen elektriğin payı ülke tüketiminin %20'sini oluştururken, resmi dairelerde ve aydınlatma için kullanılan elektriğin payları sırasıyla %5 ve %2 olarak tespit edilmiştir. (Grafik 2.12) (TEİAŞ, 2018).



Grafik 2.12. Sektörler İtibarıyla Türkiye'nin Net Elektrik Tüketimi (2018)

2.5.4. Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü

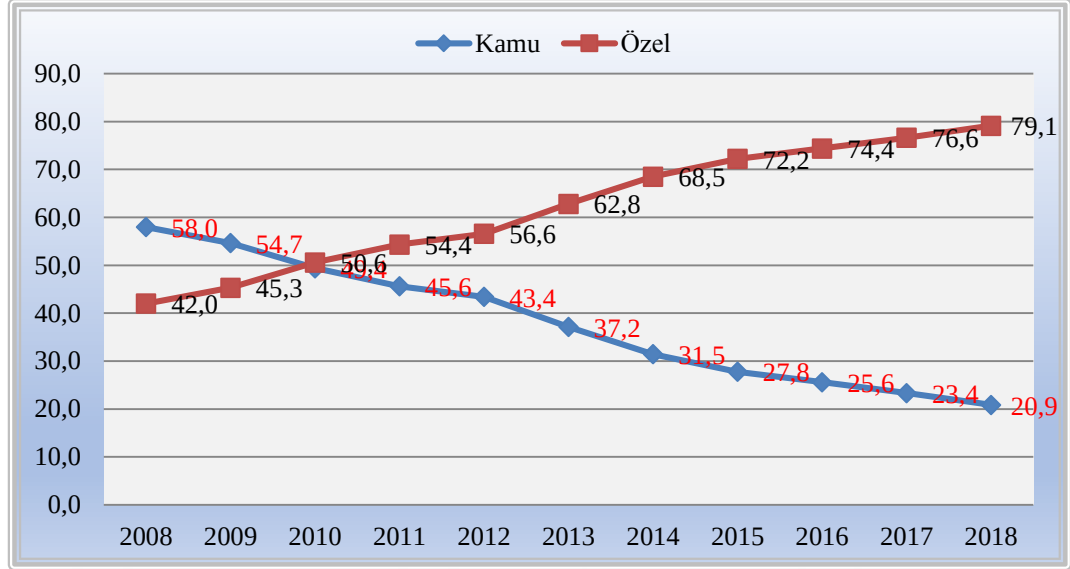
Nüfus artışı, gelişen teknoloji ve yaşam standartlarının yükselmesi dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de elektrik enerjisi talebinin giderek artmasına yol açmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması ve arz-talep dengesinin doğru planlaması gerekmektedir. Sınırlı bir rezerve sahip olan yenilenemez enerji kaynaklarına karşı, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel durumu tespit edilmelidir. Bu amaçla, mevcut çalışmada Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanılması incelenmiş ve bu kısımda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünün gelişim süreci değerlendirilmiştir. Enerji sektöründe elektrik üreten santrallerde mevcut bütün gruplara ait jeneratörlerin nominal güçleri toplamı, elektrik kurulu gücü olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle bir elektrik üretim santralinde karşılanabilecek maksimum kapasite olarak tanımlayabileceğimiz kurulu güç, elektrik arzında sürekliliğinin sağlanabilmesi için son derece önemlidir (TEİAŞ, 2018).

1978 yılında yaklaşık 4.869 MW olan Türkiye toplam kurulu gücü 2018 yılı sonunda 88.550 MW'ye ulaşmıştır. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından ve yerli kaynaklardan elektrik üreten santrallere verilen teşviklerin bu artışta payının yüksek olduğu söylenebilir. Grafik 2.13'te Türkiye'nin elektrik kurulu gücünün yıllar itibarıyla gelişimi sunulmuştur.



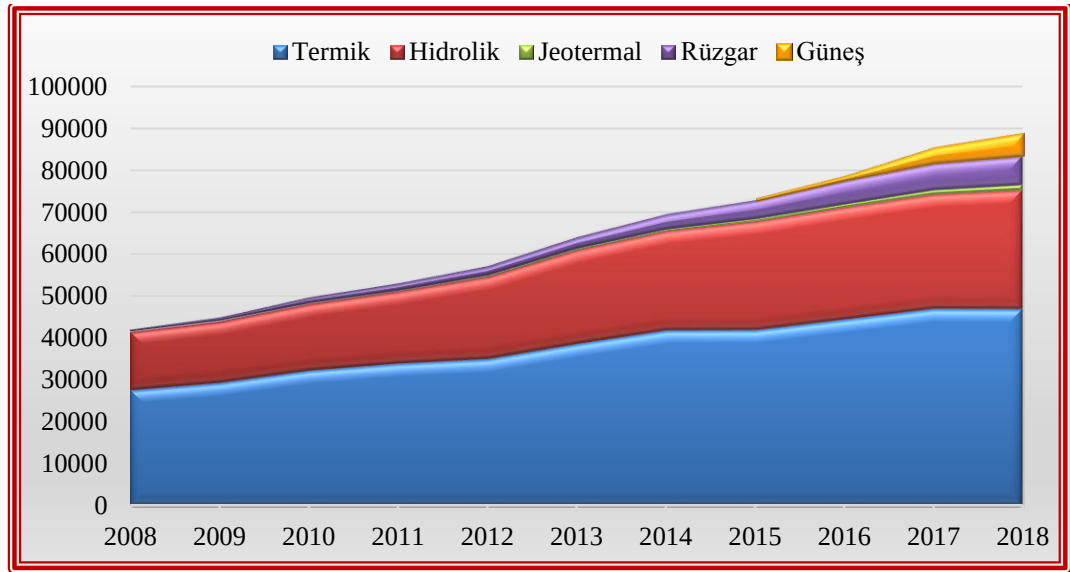
Grafik 2.13. Türkiye'nin Kurulu Gücünün Yıllar İtibarıyla Gelişimi (MW)

Grafik 2.14'te Türkiye'nin kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımı yer almaktadır. Türkiye toplam elektrik kurulu gücünde kamunun payı, 2008 yılında %58 iken santral özelleştirmelerinin etkisiyle 2018 yılı sonunda %20,9'a inmiştir. Aynı yıllarda özel sektörün payı ise %42'den %79,1'e yükselmiştir. 2018 yılı sonunda serbest üretim şirketlerinin toplam kurulu güçteki payı %61 iken, %4 ile İşletme Hakkı Devredilen (İHD) santraller, %7 ile Yap-İşlet (Yİ) santralleri, %1 ile Yap-İşlet-Devret (YİD) santralleri ve %6 ile lisanssız santraller pay sahibi olmuşlardır. YİD ve İHD kapsamındaki santrallerin özel sektöre ait olan işletim süresi bazıları için sona ermiş, bazılarının ise önümüzdeki yıllar içerisinde sona erecektir. Bu santrallerin EÜAŞ bünyesine dâhil edilmesiyle kamu payının artması beklense de, yapılacak yeni özelleştirmeler ve özel şirketlerin yapacağı yeni yatırımların devreye girmesi özel sektörün payında çok fazla bir değişim oluşturmayacaktır (TEİAŞ, 2018).



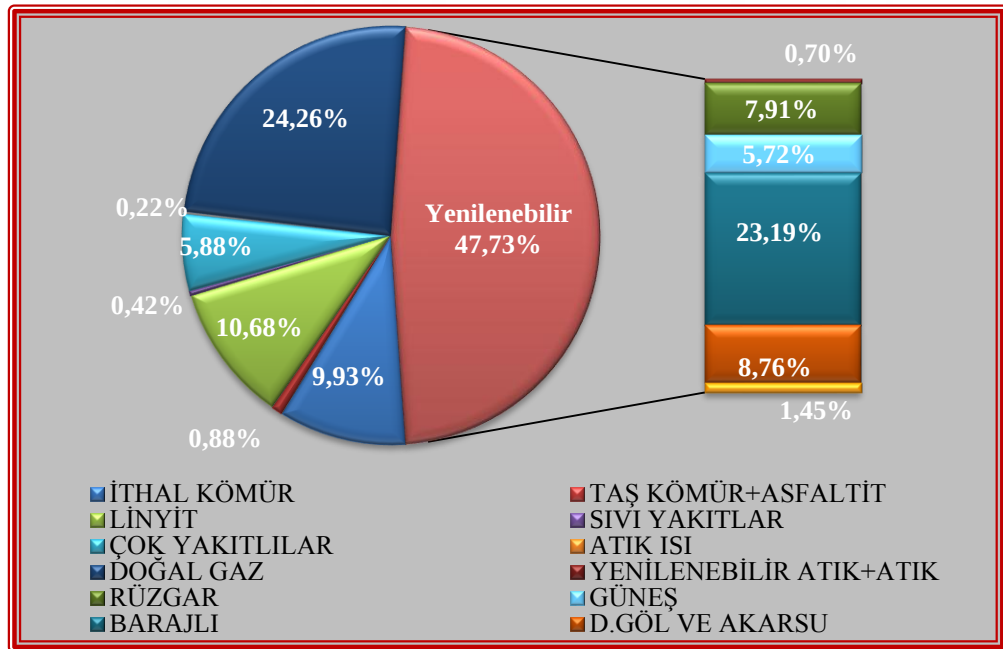
Grafik 2.14. Türkiye Kurulu Gücünün Kamu ve Özel Sektöre Göre Dağılımı (%)

Toplam elektrik kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre gelişimine bakıldığında (Grafik 2.15) 2008 yılında 41.817,2 MW olan toplam kurulu güç 2018 yılına gelindiğinde iki katından daha fazla bir artışla 88.550,8 MW olarak hesaplanmıştır. Özellikle hidrolik haricindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünde son yıllarda görülen artış dikkat çekmektedir. 2008 yılında jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarının toplam kurulu güç içerisindeki payı (%0,9) yok denecek kadar az iken 2018 yılı itibarıyla bu oran %15'e ulaşmıştır.



Grafik 2.15. Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Gelişimi

Grafik 2.16'da 2018 yılında Türkiye toplam kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımına detaylı bir şekilde yer verilmiştir. Buna göre, 2017 yılında Türkiye toplam kurulu gücü içinde %46 olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten santrallerin oranı, 2018 yılı sonunda yaklaşık % 48 seviyesinde gerçekleşmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarından olan kömürün kurulu gücü (19.032,5 MW) toplam içerisinde %21,5'lik bir paya sahiptir. Bu pay içerisindeki santrallerin yaklaşık yarısı yerli linyit kömürüyle çalışmakta iken, geri kalan kömür santrallerinin neredeyse tamamı ithal kömürle çalışmaktadır. Kaynak olarak neredeyse tamamen dışa bağımlı olduğumuz doğalgaz santrallerinin kurulu gücü 21.479,9 MW (%24) olarak kaydedilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından su ile çalışan santrallerin ülke toplamı içerisindeki payı %32 (28.291,4 MW) iken, jeotermal enerji santrallerinin kurulu gücü 2017 yılına göre %20,6 artış göstermesine rağmen toplam kurulu güç içerisindeki payı %1,5 ile sınırlı kalmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında 2017 yılına kıyasla %48'lik oranla en büyük artışı gösteren güneş enerjisinin kurulu güç payı %5,7 (5062,8 MW) iken, önceki yıla göre %30,3 artış oranıyla ikinci büyüme oranına sahip olan biyokütle enerjisinin kurulu güç payı Türkiye toplam kurulu gücünün sadece %0,7'sidir (TEİAŞ, 2018).



Grafik 2.16. Türkiye Toplam Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı (MW)

2.5.5. Türkiye’de Elektriğin Fiyatlandırması

Üretildiği anda tüketilen bir yapıya sahip olan elektrik enerjisinin üretimden önce planlaması yapılmalı ve elektrik enerjisinin depolanması aşırı maliyetli olması nedeniyle arz ve talebin anında dengelenmesi gerekir. Bu süreç elektrik enerjisinin üretimine, iletimine, dağıtımına, fiyatlanmasına ve tüketimine etki etmektedir. Elektrik sisteminde üretim, iletim, dağıtım yatırımlarının birlikte planlanması ve aralarında bir koordinasyonun olması gerekir. Türkiye’de elektrik üretim tesisleri kamu, özel sektör ve lisanssız işletme sahiplerine ait tesislerden oluşmaktadır. Üretim miktarları, tüketiciler ile yapılan ikili anlaşmalar, dağıtım şirketlerinin talepleri ve elektrik piyasasına sunulan tüketim miktarlarının bildirilmesi ile bir araya gelen, saatlik ve günlük olarak belirlenen elektrik piyasası fiyatlarına göre planlanmakta ve gün içerisindeki nihai tüketime göre netleşmektedir (Akyüz ve Akgül, 2020).

Türkiye’de elektrik ticareti, fiziksel ve finansal elektrik ticareti olarak iki şekilde ifade edilebilir. Finansal elektrik ticareti, Borsa İstanbul bünyesinde işleyen piyasalarda yapılmaktadır. Fiziksel elektrik ticareti ise ikili anlaşmalar, gerçek zamanlı piyasalar ve spot piyasalardan oluşmaktadır. İkili anlaşmalar, tezgâh üstü piyasalar vasıtasıyla bir piyasa işletmecisi olmadan yapılmaktadır. Gerçek zamanlı piyasalar ise Dengeleme Güç Piyasası ve Yan Hizmetler Piyasasından oluşmaktadır. Bu iki piyasa TEİAŞ tarafından işletilmektedir. Elektrik sisteminde arz güvenliği ve kaliteyi amaçlayan hizmetler bu piyasalar eliyle yapılmaktadır.

Türkiye’de spot elektrik ticareti ise EPIAŞ tarafından işletilen iki temel piyasa üzerinden yürütülmektedir: Gün Öncesi Piyasası (GÖP) ve Gün İçi Piyasası (GİP). Gün Öncesi Piyasası, bir gün sonra teslim edilecek şekilde saatlik elektrik alış ve satış işlemlerinin yapılması için oluşturulmuş bir toptan elektrik piyasasıdır. Bu piyasada katılımcılar tarafından bir gün önceden sunulan alış veya satış tekliflerinin kesiştiği noktada her saat için piyasa takas fiyatı (PTF) olarak adlandırılan bir elektrik fiyatı belirlenir. Gün Öncesi Piyasası’nın temel amaçları şunlardır:

- Referans bir fiyat oluşturmak
- Piyasa katılımcıları için ikili anlaşmalara ek olarak elektrik ticareti ve dengeleme olanağı sağlayan bir platform oluşturmak

- Bir gün önceden dengelenmiş bir sistem sağlayarak elektrik sisteminin işletimini kolaylaştırmak (Aksoy vd., 2020).

Ekonomi kurallarına göre fiyat arz ve talebin kesiştiği noktada oluşur. Türkiye’de elektrik fiyatı her bir saat için bir arz eğrisi, artan sırada listelenen ve tek bir teklifte birleştirilen fiyat-miktar çiftleri tarafından formüle edilmektedir. Talep eğrisinin de aynı yöntemle formüle edilmesiyle arz-talep eğrilerinin kesişim noktası, ilgili saatin piyasa takas fiyatını oluşturmaktadır. Dengeleme piyasasının fiyatı ise, sistemde bir enerji açığı ya da fazlası olup olmamasıyla ilgilidir. Eğer bir enerji açığı varsa, sistemdeki azami saatlik teklif fiyatı sistem marjinal fiyatı olarak kabul edilmektedir. Şayet sistemde bir enerji fazlası varsa, kabul edilen minimum teklif fiyatı Sistem Marjinal Fiyatı (SMF) olarak belirlenmektedir (Hacımale vd., 2018).

Türkiye Gün Öncesi Piyasası’nda elektrik fiyatları, birçok etkene bağlı olarak saatlik, günlük, aylık ve yıllık bazda hareketlilik sergilemektedir. Bu etkenler aşağıda özetle ifade edilmiştir.

- **Elektrik Talebi:** Elektrik talebinde görülen yıllık artışlar, fiyatları artırıcı etkiye sahiptir. Ayrıca yaşanan mevsimsel, günlük ve saatlik değişimler de fiyatlar üzerinde etkili olmaktadır. Sanayi üretimi, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) artış oranları ve enerji verimliliği gibi faktörler uzun vadede talebi değiştirirken, kısa vadede ise sıcaklıklar, çalışma saatleri gibi etkenler talebi etkilemektedir.

- **Yakıt Maliyetleri:** Termik santrallerin marjinal maliyetlerini belirleyen en etkili faktör yakıt maliyetidir. Santrallerin marjinal maliyetleri ise bu santrallerin piyasaya sundukları fiyat tekliflerini doğrudan etkilemektedir. İthal kömür ve doğalgaz fiyatları Türkiye’de elektrik fiyatları üzerinde etkisi olan iki temel yakıttır.

- **Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç ve Üretimi:** Yenilenebilir enerji santralleri ürettikleri enerjiyi depolama kabiliyetine sahip değildirler (barajlı hidroelektrik santralleri hariç) ve bu santrallerin marjinal maliyetleri sıfır sayılır. Bundan dolayı bu santraller piyasada neredeyse fiyattan bağımsız olarak çalışmaktadırlar. Bu nedenle bu santrallerde yapılan üretimlerin piyasa fiyatları üzerinde önemli bir etkisi vardır.

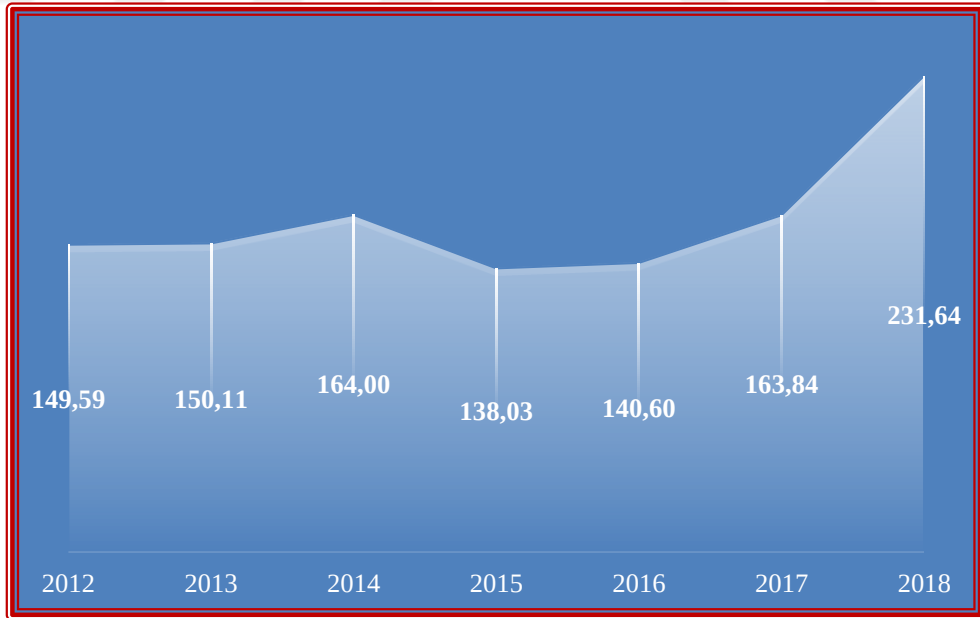
- **Fiyattan Bağımsız Barajlı Hidroelektrik ve Termik Kaynaklı Elektrik Üretimi:** Barajlı hidroelektrik santralleri sulama, su savaklama ve sınır ötesi yükümlülükler gibi nedenlerden dolayı belli zamanlarda baz yük olarak çalışmaktadır. Diğer taraftan, kamuya

ait termik santrallerden bazıları da belli zamanlarda fiyattan bağımsız bir şekilde çalışmaktadırlar. Bu iki durum fiyatların düşmesine yol açmaktadır.

• **Yan Hizmetler Piyasası:** Günlük olarak gerçekleştirilen Sekonder Frekans Kontrolü (SFK) ve Primer Frekans Kontrolü (PFK) ihalelerini kazanan santraller, belirlenen saatlerde ayar değerlerinde çalışmakla yükümlüdürler. Bu nedenle bu santraller, ilgili saatlerde fiyattan bağımsız olarak çalışmaktadırlar. Bu uygulama da fiyatlar üzerinde baskılayıcı bir etki oluşturmaktadır (Aksoy vd., 2020).

Elektrik piyasasında fiyat, marjinal santral olarak faaliyette bulunan doğalgaz santralleri tarafından belirlenmektedir. Bu sistemde, döviz kurundaki artış ve doğalgaz fiyatı elektrik fiyatını doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda elektrik fiyatı; petrol ve doğalgaz fiyatları, döviz kuru ve arz talep dengesi ile belirlenmektedir (Bilirgen, 2019).

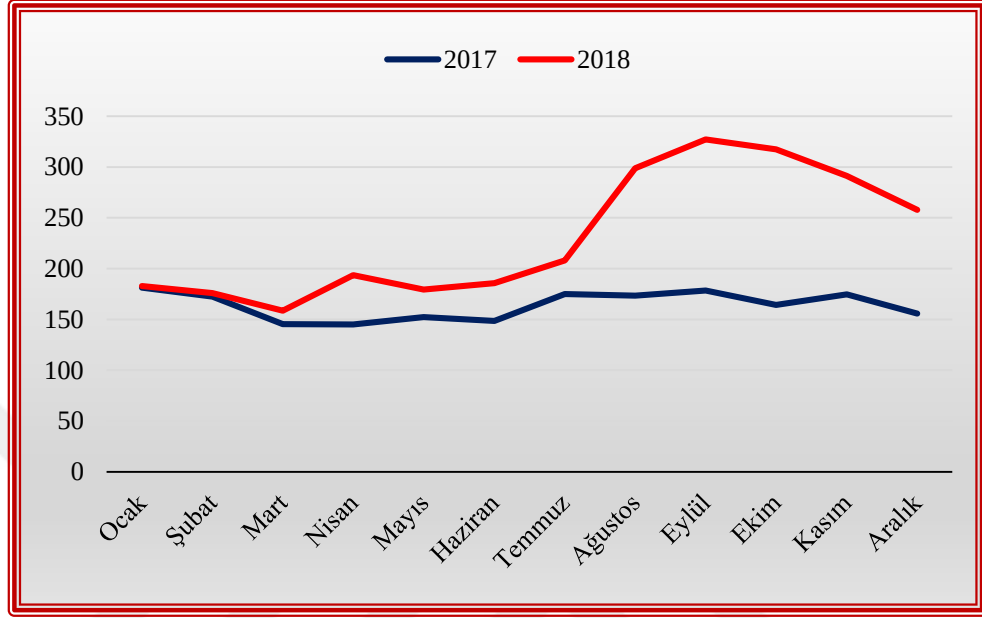
Grafik 2.17'ye bakıldığında elektrik fiyatları 2012-2017 yılları arasında daha yatay bir seyir izlerken, 2018 yılına gelindiğinde hızlı bir artış göstermiştir. Gün öncesi piyasasında 2018 yılı için gerçekleşen yıllık ortalama piyasa takas fiyatı bir önceki yıla göre %41,34 artarak 231,64 TL/MWh olmuştur.



Grafik 2.17. Yıllık Ortalama Piyasa Takas Fiyatı (TL/MWh)

2018 yılında PTF ortalaması, yılın ilk yedi ayında 2017 yılına kıyasla ortalama 23,28 TL/MWh, Ağustos ayında yaşanan döviz kurlarındaki dalgalanma ve doğalgaz

ücretlerine yapılan zamlar ile birlikte Ağustos ayından itibaren 2017 yılına göre ortalama 129,23 TL/MWh daha yüksek hesaplanmıştır. Grafik 2.18’de 2017-2018 yıllarına ait aylık ortalama piyasa takas fiyatları verilmiştir (EPIAŞ, 2018).



Grafik 2.18. Aylık Ortalama Piyasa Takas Fiyatı (TL/MWh)

Elektrik piyasası mevzuatında geniş bir kavramı ifade eden tüketici, elektrik kullanan her kişi olarak tanımlanmaktadır. Tüketici tipleri ilgi, amaç ve tüketim miktarlarına göre ayrılmaktadır. Tüketim amaçları fark etmeksizin tüketim miktarına göre tüketiciler, serbest tüketici veya normal tüketici olarak ayrılmaktadır. İletim hattına doğrudan bağlı olan büyük tüketiciler; sanayi kuruluşları, fabrikalar ve üretim amaçlı tüketim yapan serbest tüketicilerdir. Serbest olmayan tüketiciler ise elektrik ihtiyacını bulunduğu adresteki görevli tedarik şirketinden karşılayan, bu şirket haricinde tedarikçi seçemeyen, EPDK Kurulu tarafından belirlenen ulusal tarifeye göre ücretlendirilen tüketicilerdir.

Elektrik fiyatları nihai tüketiciler için genellikle tüketicilerin kullandıkları enerji bedeli, dağıtım bedeli ile fon, pay ve vergilerden oluşmaktadır. Ülkemizde bu bedellerdeki değişimler 3 ayda bir güncellenerek, tüketim yerlerine ve tüketim amaçlarına göre hesaplanan ulusal tarifeye eklenmektedir. Serbest tüketiciler imzaladıkları ikili anlaşmalar ile ulusal tarifeden ayrı olarak faturalandırılmaktadır. Ulusal tarife serbest tüketici enerji fiyatlarını etkileyen bağımsız değişkendir (Akyüz ve Akgül, 2020).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ VE METODOLOJİ

Tez çalışmasının bu bölümünde araştırma konusuyla ilgili yapılan literatür taraması neticesinde elde edilen çalışmalar sonuçları itibarıyla benzer ve farklı yönleriyle ele alınmakta ve çalışmanın uygulama kısmında kullanılan değişkenler ve veri seti, birim kök testleri, Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (Autoregressive Distributed Lag, ARDL) Sınır Testi yaklaşımı ve Simülasyon yöntemi hakkında genel bilgiler sunulmaktadır.

3.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji talep tahminleri, ülkelerin genel enerji politikalarının oluşturulmasında çok önemli bir role sahiptir. Orta ve uzun vadede planlama yapılması ve yapılan planlamalar neticesinde izlenecek politikaların belirlenmesi bütün sektörler için son derece önem arz etmektedir. Nüfus artışı, sanayileşme, ekonomik ve sosyal kalkınmaya bağlı olarak ülkelerin enerji ihtiyaçları da sürekli olarak artmaktadır. İkincil bir enerji türü olan elektrik enerjisi günümüz dünyasının vazgeçilmez unsurlarından birisidir. Elektrik enerjisi talebi, niteliğinden kaynaklanan kolay kullanımı ve günlük hayatımızda çok geniş bir kullanım alanına sahip olması nedeniyle genel enerji talebine nazaran çok daha hızlı artmaktadır. Elektrik enerjisi depolanamama özelliğinden dolayı talebi çok değişken bir yapıya sahiptir. Elektrik enerjisinin kendine has bu yapısı üretimin tüketime bağımlı olmasına sebep olmaktadır. Buradan hareketle, elektrik talebinin doğru analiz edilmesi son derece önem arz etmektedir. Genel olarak enerji alanında yapılacak yanlış talep tahminleri enerji arz güvenliği ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma anlamında ciddi anlamda olumsuz sonuçlar meydana getirebilmektedir.

Türkiye'deki enerji talep tahminleri resmi olarak ETKB tarafından Enerji Talep Analizi Modeli (Model for Analysis of Energy Demand, MAED) kullanılarak yapılmaktadır. Fakat MAED modeli kullanılarak yapılan talep tahmin değerleri ile gerçekleşen değerler arasındaki önemli ölçüde farklılıklar gözlenmesi, bu modelin alternatif olabilecek farklı enerji modellerinin hazırlanması ve uygulanmasını gerekli kılmıştır. Buradan yola çıkarak özellikle son dönemlerde yapılan talep tahmin çalışmaları önem kazanmıştır. Türkiye'de enerji talep öngörülerini konusunda yapılan çalışmalar

incelendiğinde kullanılan yöntemlerin genellikle ekonometrik modeller ve sezgisel algoritma tabanlı modeller olduğu gözlemlenmiştir (Esen, 2013).

Ekonometrik tahmin yöntemlerini kullanarak elektrik talebi öngörüsü yapılan çalışmalar literatürde önemli bir yer tutmaktadır. En çok kullanılan yöntemler; zaman serileri ve çoklu regresyon analizi ile yapılan tahmin yöntemleridir. Literatür incelendiğinde Bakırtaş vd. (2000), Erdoğan (2007), Yumurtacı ve Asmaz (2004) ve Dilaver ve Hunt (2011b) bu alanda yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Bakırtaş vd. (2000), 1962-1996 dönemi için Türkiye'deki elektrik talebi ve gelir arasındaki uzun vadeli ekonomik ilişkiyi incelemiş, tek değişkenli ARMA yöntemiyle 1997-2010 yılları için kişi başı elektrik talebi tahmininde bulunmuşlardır. Erdoğan (2007), eşbütünleşme analizi ve ARIMA modelini kullanarak 2005-2014 yılları arası için Türkiye'nin elektrik talebini tahmin etmiştir. Nüfus artışı ve kişi başına düşen enerji tüketimi artış oranlarını kullanan Yumurtacı ve Asmaz (2004), doğrusal regresyon yöntemiyle Türkiye'nin 2050 yılına kadarki elektrik enerji tüketimini tahmin etmiştir. Veri olarak 1960-2008 yıllarına ilişkin elektrik tüketimi, GSMH ve elektrik fiyatı kullanan Dilaver ve Hunt (2011b), yapısal zaman serisi analizini kullanarak yüksek ve düşük senaryolar için elektrik talebini tahmin etmişlerdir.

Literatürde yapay zekâ modelleri ile yapılan çalışmalarda genellikle, genetik algoritma (Yiğit, 2011; Kaynar vd., 2016), yapay sinir ağları (Hamzaçebi ve Kutay, 2004; Ekinci 2019; Türker ve Köksal, 2008; Hamzaçebi, 2007) ve karınca kolonisi (Toksarı, 2009) gibi metotlar kullanılmaktadır. Yiğit (2011), gayri safi yurt içi hâsıla, nüfus, ithalat ve ihracat değişkenlerini kullandığı çalışmasında genel algoritma yaklaşımıyla 2020 yılına kadar Türkiye'nin net elektrik enerjisi tüketimini tahmin etmiştir. Türker ve Köksal (2008), geliştirdikleri ekonometrik ve yapay sinir ağları modelleriyle Türkiye'nin 2020 yılına kadar elektrik talebi ve tepe yük değerlerini tahmin etmişlerdir. Oluşturdukları kötümser, vasat ve iyimser senaryolara göre, Türkiye'de 2020 yılı için elektrik tüketim değerlerini sırasıyla 325 TWh, 374 TWh ve 413 TWh olarak tahmin etmişlerdir. Hamzaçebi ve Kutay (2004), tahmin için yapay sinir ağlarının yanı sıra zaman serileri analiz teknikleri ve regresyon tekniği kullanarak Türkiye'nin 2010 yılına kadar olan uzun dönemli elektrik enerjisi tüketimini tahmin etmişlerdir. 1970-2015 yıllarına ait Türkiye elektrik enerjisi verilerini kullanarak yaptığı çalışmasında Ekinci (2019), yapay sinir ağları ve adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi yöntemleri ile tahminde

bulunmuş, elde ettiği tahmin sonuçlarını gerçek verilerle kıyaslayarak iki yöntemin performansını incelemiştir. Hamzaçebi (2007), yapay sinir ağı yöntemini kullanarak Türkiye'nin net elektrik tüketimini sektörel bazda 2020 yılına kadar öngörmüştür. Çalışmasında 1975-2006 yıllarına ilişkin GSMH, nüfus, ithalat, ihracat, elektrik üretim ve elektrik tüketim verilerini kullanan Toksarı (2009), karınca kolonisi optimizasyon yöntemiyle Türkiye'nin 2007-2025 yılları için elektrik üretim ve tüketim tahmininde bulunmuştur.

Ayrıca tahmin modellerinde çeşitli yöntemlerin bir arada olduğu hibrit yaklaşımlar da kullanılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak Özger vd. (2019) ve Kaynar vd. (2016) gösterilebilir. Kaynar vd. (2016), Türkiye'nin 1974-2014 yılları arası yıllık elektrik tüketimini; gayri safi yurtiçi hâsıla, ithalat, ihracat ve nüfus değişkenlerini kullanarak, genel algoritma ve destek vektör regresyon yöntemiyle tahmin etmişlerdir. Özger vd. (2019)'de zaman serisi tekniklerinden biri olan ve mevsimsellik içeren Holt-winters üstel düzeltme (HWÜD) yöntemindeki parametrelerin tespit edilmesi genetik algoritma ile sağlanarak elektrik yük tahmini yapılmıştır.

Literatürde elektrik tüketimine ilişkin tahmin çalışmalarında çoğunlukla toplam elektrik tüketimi dikkate alınmış olup sektörler bazında çok fazla çalışma bulunmamakla birlikte mevcut çalışmayla ilgisi açısından elektrik talebini sektörler bazında tahmin eden çalışmalar arasında; Akan ve Tak (2003), Yaylalı ve Lebe (2013), Dilaver ve Hunt (2011a,c) ve Pence vd. (2019) sayılabilir. 1970-2000 yılları arasında elektrik tüketimi, elektrik fiyatları, GSMH, nüfus, elektrikli ev aletleri üretimi, bina sayısı değişkenlerini kullanan Akan ve Tak (2003), Türkiye için elektrik talebini toplam ve tüketici grupları bazında incelemişlerdir. En küçük kareler (EKK) yöntemiyle modeller oluşturulduktan sonra hata düzeltme modelini kullanarak düşük, orta ve yüksek büyüme senaryosu varsayımlarından hareketle her grup için 2001-2005 yılları arasında talep tahminlerinde bulunmuşlardır. Yaylalı ve Lebe (2013), konut sektörü elektrik talebi tahmin etmek amacıyla 1978-2009 dönemini kapsayan Türkiye'nin konut sektörünün net elektrik tüketimi, kişi başı gelir, kentleşme oranı ve konut sektörü elektrik fiyatı değişkenlerini kullanmışlardır. Yıllık verilerin kullanıldığı çalışmada ekonometrik yöntem olarak ARDL yaklaşımı tercih edilmiş ve oluşturulan baz (referans), düşük ve yüksek senaryo varsayımlarına göre Türkiye'nin konut elektrik talebi 2010-2020 dönemi için öngörülmüştür. Dilaver ve Hunt (2011c), 2009-2020 yıllarına ilişkin mesken elektrik

talebini, zaman serisi analizini kullanarak yüksek ve düşük senaryolar için tahmin etmişlerdir. Çalışmada 1960-2008 yıllarına ilişkin mesken elektrik tüketimi, hane halkı harcaması ve mesken elektrik fiyatı verileri kullanılmıştır. Dilaver ve Hunt (2011a) ise Türkiye sanayi elektrik talebini tahmin etmek için sanayi elektrik tüketimi, sanayi katma değer endeksi ve sanayi elektrik fiyatı arasındaki ilişkiyi modellemiştir. 1960-2008 yılları arasındaki yıllık verilere yapısal zaman serisi tekniğini uygulayarak 2009-2020 yıllarına ilişkin sanayi elektrik talebini yüksek ve düşük senaryolar için tahmin etmişlerdir. Pence vd. (2019), yapay sinir ağlarını kullanarak Türkiye’de 1970-2016 yıllarına ait sanayi elektrik tüketimini modellemişler ve elde edilen modeli 2017-2023 yıllarındaki tüketimi tahmin etmek için kullanmışlardır.

Enerji talebinin her geçen gün hızla artması, enerji kaynaklarının kısıtlı olması sebebiyle özellikle dışa bağımlı ülkelerin enerji politikaları üzerinde daha önemle durmalarını gerektirmiştir. Günümüzde, birçok ülke sürdürülebilir bir ekonomik büyüme için ulusal ve uluslararası enerji politikaları geliştirmekte ve bu alanda uzun dönemli hedefler belirlemektedir. Nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişime bağlı olarak enerji talebindeki hızlı artış, enerji arz güvenliği riski ve artan çevresel problemler dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır.

Enerji talebi konusunda geçmiş yıllardan beri birçok çalışma yapılırken, yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Bu alandaki çalışmalar genel olarak, ülkelerin uyguladıkları yenilenebilir enerji teşvik politikaları ve bu politikaların ekonomik açıdan değerlendirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke potansiyelleri, bu kaynakların elektrik üretimindeki yeri ve çevresel boyutu üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çalışma konumuzun Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi olması nedeniyle bu konuda yapılmış çalışmalara da değinilmesi önem arz etmektedir. Yurdadoğ ve Tosunoğlu (2017), Sevim ve Kahraman (2019), Bölük (2013), Üstün vd. (2009), Flora vd. (2019), Özdemir vd. (2017), Çakmak (2017) ve Babahanoğlu (2018) Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendiren çalışmalardır. Yenilenebilir enerji-ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar olarak Çınar ve Yılmaz (2015), Bağcı (2019) ve Akdağ ve Gözen (2019) sayılabilir. Yenilenebilir enerjiyi elektrik üretimindeki

yeri ve çevresel etkileri açısından konu alan çalışmalara Kaya vd. (2018), Anatürk ve Özata (2019) ve Batmaz vd. (2019) örnek gösterilebilir.

Yurdadoğ ve Tosunoğlu (2017), Türkiye’de yenilenebilir enerji gelişimi için kullanılan kamu desteklerini incelemiş ve dünya kıyaslamasına göre ülkemizde bu alandaki teşviklerin yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir. Sevim ve Kahraman (2019), Türkiye’nin yenilenebilir enerji alanında yaptığı yatırımları, kurulu güç potansiyelini, teşvik ve yasal düzenlemelerini ve bu alanda uygulanan finansman yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Kentsel dönüşüm çerçevesinde sürdürülebilir yapılar (binalar) ve yenilenebilir enerji konusunda dünyada uygulanan teşvik örneklerini araştıran Özdemir vd. (2017), yapılacak toplu konut projelerinde ve sanayi tesislerinde sürdürülebilir sistemlerin kullanılmasının zorunlu hale gelmesi gerektiğini vurgulamıştır. Flora vd. (2019), çatılarda güneş enerjisinden elektrik üretimi için uygulanan teşviklerden yola çıkarak hanelerde enerji kullanımı, fotovoltaik panellerin kurulum maliyetleri ve Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeline dayalı varsayımlarla bir geri ödeme süresi modeli hazırlamışlardır. Çalışma sonucunda bağımsız bir güneş enerjisi sisteminin şu anda 11 yıllık geri ödeme süresi ve %0,8’lik bir yatırım getirisi olduğunu, maliyetlerdeki azalmayla birlikte bu sürenin 2030 yılında 4,4 yıla düşeceği ve getirisinin %17’ye yükseleceğini öngörmüşlerdir.

Çınar ve Yılmazer (2015), sekiz gelişmekte olan ülke verilerini kullanarak 1990-2013 yıllarını kapsayan dönem için panel veri seti yardımıyla yenilenebilir-yenilenemez enerji kaynakları ile ekonomik büyüme ilişkisini araştırmışlardır. Araştırma neticesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının büyüme üzerindeki etkisinin pozitif ve yenilenemez kaynakların etkisinden daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir. Bağcı (2019), Türkiye’nin cari dengesi ve enerji ithalatı ilişkisini incelemiş, Türkiye’ nin cari açığının büyük kısmının enerji ithalatından kaynaklandığını belirtmiştir. Türkiye’nin yeterince faydalanmadığı yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem vermesinin gerekliliğini ve fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçişin etkin bir şekilde yapılandırılması gerektiğini vurgulamıştır. 1990-2017 dönemini kapsayan verileri kullanarak Türkiye’de yenilenebilir yenilenemez enerji kaynaklarından elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştıran Anatürk ve Özata (2019), sermaye (K) ve emeği (L) de dâhil ettiği çok değişkenli bir model kullanmıştır. Çalışma neticesinde

ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

Tez konusuyla alakalı literatürde yer alan bazı yabancı çalışmalar ise şunlardır: Park vd. (2013), Paska ve Surma (2014), Esteban vd. (2012), Schmalensee (2011), Fernandes ve Ferreira (2014), Nwulu ve Agboola (2011), Lund (2007), Aslani vd. (2014) ve Zhang vd. (2012). Park vd. (2013), Kore'deki üç elektrik senaryosunun enerji, çevresel ve ekonomik etkilerini Uzun Dönem Enerji Alternatifleri Planlama Sistemi (Long-range Energy Alternatives Planning System, LEAP) modelini kullanarak 2050'ye kadar analiz etmektedir. Çalışmadaki senaryolar; temel (BL), yeni hükümet politikası (GP) ve sürdürülebilir toplum (SS) senaryolarından oluşmaktadır. 2050'de BL ve GP senaryolarında üretilen elektriğin çoğunu nükleer ve kömürle çalışan elektrik santralleri oluştururken, SS senaryosu 2050'de en fazla elektriği yenilenebilir enerjinin üreteceğini öngörmektedir.

Nwulu ve Agboola (2011), Nijerya'daki elektrik endüstrisinin durumunu değerlendirmiş ve son yıllarda ülkedeki elektrik üretimi ve tüketimini göz önünde bulundurarak Nijerya'nın yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini araştırmıştır. Çalışmada ülkedeki enerji üretimini iyileştirmek için özellikle hidroelektrik, güneş, rüzgâr ve biyokütle olmak üzere başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarının bir tahmini yapılmıştır. Buna göre, Nijerya'nın sahip olduğu büyük miktardaki yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ülkenin enerji talebini rahatlıkla karşılayabileceği ve aynı zamanda komşularına elektrik enerjisi ihraç edebileceği belirlenmiştir.

Aslani vd. (2014), bir nedensel döngü diyagramı ve sistem dinamikleri modeli kullanarak 2020 yılına kadar Finlandiya'nın yenilenebilir enerji politikalarının üç farklı senaryosunu değerlendirmektedir. Analiz sonuçları, Finlandiya'da 2020 yılına kadar %7 elektrik/ısı tüketim artışına rağmen, ithal kaynaklara olan bağımlılığın tanımlanan senaryolara bağlı olarak %1 ile %7 arasında azalacağını göstermektedir.

Zhang vd. (2012), Japonya'nın geleceğin güvenli ve temiz bir elektrik sistemini gerçekleştirmesi için, farklı nükleer güç geliştirme politikalarına göre 2030 için üç elektrik tedarik senaryosu önermiş ve yenilenebilir enerji üretiminin maksimum katkısını değerlendirmiştir. Senaryo analizi, teknolojik, ekonomik ve çevresel açıdan kısıtlamalar içeren saatlik simülasyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kurulu

kapasite karması, elektrik üretim karması, CO2 emisyonları ve senaryoların üretim maliyetleri karşılaştırılarak, gelecekte Japonya’da bir elektrik sisteminde yenilenebilir enerji üretiminin payı ve nükleer enerji payı ile ilişkisi ortaya konulmuştur.

Literatürde elektrik tüketimine ilişkin tahminler yapılırken ekonometrik yöntemler, yapay zekâ teknikleri vb. birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde çoğunlukla toplam elektrik tüketimi dikkate alınmış olup sektörler bazında elektrik talebi çalışmaları çok fazla yer almamaktadır. Sektör bazlı yapılan çalışmalarda ise genellikle tek bir sektör üzerinde çalışılmıştır. Mevcut çalışma elektrik tüketicilerinin talebini tüm sektörler itibarıyla ayrı ayrı tek çalışmada incelemesi yönüyle farklılık arz etmektedir. Diğer yandan son zamanlarda popüler hale gelen yenilenebilir enerji konusunda literatürdeki çalışmalar, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının yeri, bu alanda devlet tarafından sağlanan destek ve teşviklerin kapsamı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmanın ekonomiye olan katkısı üzerine yoğunlaşmaktadır. Ancak mevcut çalışma yenilenebilir enerji politikalarının elektrik talebi üzerindeki etkisine yönelik araştırmasıyla bilgi dâhilinde ilk olma özelliğine sahiptir. Ayrıca çalışmada talep tahmininde bulunurken geleneksel birim kök testleri yanında, kırılmaların içsel olarak belirlendiği modern birim kök testlerine yer vererek ilgili değişkenlerdeki olası yapısal değişiklikleri ve bunların elektrik talebi üzerindeki olası etkilerini araştırması da çalışmanın artıları arasında değerlendirilebilir. Bahsedilen yönleri itibarıyla mevcut çalışmanın literatüre önemli derecede katkı sağlaması ümit edilmektedir.

3.2. METODOLOJİ

Tez çalışmasının amacı, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının simülasyon yaklaşımıyla değerlendirilmesidir. Bu amaçla yenilenebilir enerji politikalarının etkileri hem toplam hem de sektörel bazda elektrik enerjisi talebi yönünden incelenmiştir. Zaman serileri analizinde modellerin ampirik bir tahminini yapmadan önce, çalışmada kullanılan serilerin durağanlık açısından incelenmesi önemli bir adımdır. Bu nedenle çalışmada öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları hem geleneksel hem de yapısal kırılmaya izin veren birim kök testleriyle araştırılmıştır. Geleneksel birim kök testlerinden Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) tarafından geliştirilen “KPSS” testi ve yapısal kırılmaya izin veren birim kök testlerinden Lee ve Strazicich (2003;2004) tarafından geliştirilen “LS” testi kullanılmıştır. Durağanlık testi yapılan

seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile incelenmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinden sonra farklı sektörlerde uzun ve kısa vadede elektrik talepleri modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler belirlenmiştir. Son olarak simülasyon modelinde kullanılmak üzere oluşturulan düşük, baz ve yüksek senaryolar ışığında 2019-2023 dönemi için toplam ve sektörel olarak elektrik talebi öngörüsünde bulunulmuştur.

Bu bölümde mevcut araştırmada uygulanan bu ekonometrik yöntemler açıklanmaya çalışılmıştır.

3.2.1 Birim Kök Testleri

İktisat teorilerinin geçerliliği sınanırken ekonometrik yöntemler sıkça kullanılmaktadır. Araştırmacılar zaman serileri ile çalışırken ekonometrik analizlerin ilk adımı olarak serilerin birim kök içerip içermediğini test etmektedirler. Çünkü bir serinin durağan olup olmaması analiz sonuçları üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bir serinin uzun dönemde karşılaştığı şoklar karşısında dirençli olması o serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. Bu şokların seri üzerindeki etkisi geçici ise serinin durağan olduğu, şokların etkisi kalıcı olursa serinin durağan olmadığı yani birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmaktadır (Mert ve Çağlar, 2019).

Eğer bir zaman serisi durağan ise ortalaması, varyansı ve farklı gecikmelerdeki ortak varyansı ne zaman ölçülürse ölçünsün aynı kalacaktır, yani zamana bağlı olarak değişmez. Durağan bir zaman serisi kendi ortalamasına dönme eğilimi taşımaktadır ve bu ortalama etrafındaki dalgalanmaların varyansı zaman boyunca sabit kalmaktadır. Genel olarak durağanlık, ortalaması ve varyansı zamanla değişmeyen ve iki dönem arasındaki ortak varyansı yalnızca iki dönem arasındaki gecikmeye bağlı olan olasılıklı bir süreçtir (Gujarati ve Porter, 2012).

Bir zaman serisi bir kez farkı alındığında durağan oluyorsa o seri $I(1)$, iki kez farkı alındığında durağan hale geliyorsa o seri $I(2)$ olarak ifade edilmektedir. Genel olarak d kez farkı alınıyorsa $I(d)$ ile tanımlanmaktadır. $I(0)$ veya $d=0$ olan seri durağan olarak adlandırılmakta ve birim kök içermediği kabul edilmektedir (Sevüktekin ve Çınar, 2014).

3.2.1.1. Geleneksel Birim Kök Testleri

Birim kök testlerinin kökeni, zaman serilerinin geçici veya kalıcı şoklardan (politik değişiklikler, ekonomik krizler ve doğal afetler) etkilenip etkilenmediğine dayanmaktadır. Geleneksel görüş, şokların zaman serileri üzerinde geçici bir etkiye sahip olduğudur. Bir seri durağan değilse ve ilk farkı alındığında durağan hale geliyorsa, o serinin birim kök içerdiği kabul edilir. Dickey ve Fuller (DF) (1979), zaman serisi verilerinin durağanlığını araştırmak için temel birim kök testlerini geliştirmişlerdir. Temel olarak DF birim kök testi 3.1'deki denklemin tahminine dayanmaktadır (Glynn, Perera ve Verma, 2007).

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x'_t \gamma + u_t \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (3.1)$$

Burada y_t ; t zamanında birim kök için test edilen zaman serisini, x_t ; dışsal değişkeni (sabit veya sabit ve trend), u_t ; bağımsız ve özdeş dağılmış bir hata terimini, T; gözlem sayısını ve Δ ; ilk fark operatörünü göstermektedir.

Dickey ve Fuller (1979) yaptıkları simülasyon çalışmaları neticesinde α 'nın t-istatistiğinin sıfır hipotezi altında bir t-dağılımına sahip olmadığını ileri sürmüşler ($H_0: \alpha = 0$, seri durağan değildir) ve standart t tablosu yerine literatürde Dickey-Fuller τ (tau) tablosu olarak bilinen düzeltilmiş t tablosunu oluşturmuşlardır. Standart t dağılımı değerlerine göre mutlak değerce daha büyük olan τ değerlerini farklı test ve örnek boyutları için tablolaştırmışlardır. Dickey ve Fuller'ın (1979) bu çalışması, daha sonra yapılacak birim kök testlerinin temelini oluşturmuştur.

Dickey ve Fuller tarafından geliştirilen birim kök testleri hata teriminin temiz dizi olmadığı aksine serisel korelasyona sahip olduğu durumlarda uygulandığında, DF test süreci geçersiz olacağı için hata terimlerindeki serisel korelasyonun giderilmesi gerekecektir. Dickey ve Fuller (1981), kalıntılardaki serisel korelasyonun ortadan kaldırılması amacıyla denklem 3.1'e bağımlı değişken (y)'nin k gecikmeli farklarını ekleyerek Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller, ADF) testini geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım neticesinde hata terimlerindeki otokorelasyon sorunu çözülmüş olacaktır.

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta y_{t-i} + x'_t \gamma + u_t \quad (3.2)$$

Denklemdaki k değeri (gecikme sayısı) genellikle Akaike bilgi kriteri (Akaike information criterion, AIC) ve Schwarz bilgi kriteri (Schwarz information criterion, SIC) gibi bilgi kriterleri tarafından belirlenmektedir. ADF test istatistiği, denklem 3.2'deki α 'nın t istatistiklerinden elde edilmekte olup, testin sıfır hipotezi, serinin durağanlığına ($H_1: \alpha < 0$) karşı, birim kök ($H_0: \alpha = 0$) varlığını ifade etmektedir. Eğer t istatistiği negatif, sıfırdan önemli ölçüde farklı ve kritik değerden küçük olursa H_0 hipotezi reddedilmektedir (Pourazarm, 2012).

Nelson ve Plosser (1982) makroekonomik zaman serilerinin büyük çoğunluğunun birim köke sahip olduğunu (durağan olmadığını), bu serilerin şoklardan kalıcı olarak etkilendiğini ve bu nedenle çoğunun rastgele bir yürüyüş (random walk) sergilediğini öne sürmüşlerdir. Nelson ve Plosser (1982) ADF testlerini kullanarak yaptıkları çalışmayla geleneksel görüşe karşı çıkmışlardır. ABD'deki 14 makroekonomik zaman serisi üzerinde çalışarak, 13 serinin durağan olmadığını, başka bir deyişle şokların etkisinin bu değişkenler için kalıcı olduğunu bulmuşlardır (Pourazarm, 2012; Sevüktekin ve Çınar, 2014).

Zaman serilerine ait durağanlık özelliklerinin test edilmesi için kullanılan geleneksel yöntemlerden en çok karşılaşılanlar, Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen “Genişletilmiş Dickey-Fuller” (Augmented Dickey Fuller, ADF), Phillips Perron (1988) tarafından geliştirilen “Phillips Perron” (PP) ve Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin (1992) tarafından geliştirilen “KPSS” durağanlık testleridir. Bu çalışmada zaman serilerine ait durağanlık özellikleri, öncelikle geleneksel yöntemlerden olan KPSS birim kök testi ile incelenmiştir.

3.2.1.1.1. KPSS Birim Kök Testi

Standart birim kök testleri, birçok zaman serisi için birim kök sıfır hipotezini reddedememektedir. Bu, ilk olarak Nelson ve Plosser (1982)'nin ABD'deki 14 makroekonomik zaman serisi üzerinde ADF testlerini kullanarak yaptıkları çalışmayla ortaya konulmuş ve çalışma sonucunda bir seri hariç diğer serilerin tümünde birim kök hipotezi reddedilememiştir. Konuyla ilgili son zamanlarda Dejong vd. (1992), yaptıkları çalışmada ADF testinin gücünün zayıf olduğunu doğrulayan sonuçlar elde etmişlerdir. Buna karşın KPSS testinin ADF testine oranla daha güçlü olduğunu ileri sürmüşlerdir. KPSS testinde diğer geleneksel birim kök testlerinden farklı olarak birim kök alternatif

hipotezine karşın durağanlığı ifade eden sıfır hipotezi test edilmektedir (Kwiatkowski, vd. 1992).

Kwiatkowski, vd. (1992), serinin durağan olduğunu ifade eden sıfır hipotezinin testi için Lagrange Çarpanı (Lagrange Multiplier, LM) istatistiğini kullanmışlardır. KPSS durağanlık testi temel anlamda aşağıdaki doğrusal regresyon modelinden hareket etmektedir.

$$y_t = r_t + \beta_t + \varepsilon_t \quad t = 1, \dots, T \quad (3.3)$$

Denklem 3.3'te yer alan (r_t) otonom parametre, rassal yürüyüş süreci özelliğine sahip olup,

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (3.4)$$

şeklinde yazılabilir. (3.3) nolu denklemde y_t gözlemlenmiş seri, β_t deterministik trend, ε_t durağan hata terimini göstermektedir. Y_t 'nin trend durağan yani $I(0)$ olduğu durumda, modelin testi için rassal yürüyüş denklemi büyük öneme sahip olmaktadır. Modelde yer alan u_t hata terimi ortalaması sıfır ve varyansı sabit olan normal bir dağılım sergilemektedir. ε_t ve u_t arasındaki korelasyon değeri sıfırdır. Sıfır hipotezine göre olasılıklı süreç (y_t) sabit etrafında $(\beta = 0)$ durağan veya trend durağan $(\beta \neq 0)$ olmaktadır.

y_t 'nin düzey durağan durum için sabit (r_t) , trend durağan durum için ise trend (t) ve sabit (r_t) üzerine regresyonu sonucu elde edilen hata terimi e_t ile gösterilirse, hata terimlerinin kısmi toplamı,

$$S_t = \sum_{i=1}^t e_i \quad (3.5)$$

şeklinde elde edilmektedir. ε_t 'nin uzun dönem varyansı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\sigma^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} (T)^{-1} ES_T^2 \quad (3.6)$$

Lagrange Çarpanı test istatistiği ise;

$$LM = \sum_{t=1}^T \frac{s_t^2}{\sigma^2} \quad (3.7)$$

şeklinde olup, KPSS test istatistiğinde kullanılan $s^2(l)$, ε_t uzun dönem varyansının Newey – West (1987) tahmincisidir. $s^2(l)$, σ^2 'nin kalıntılar için düzenlenmiş hali olup,

aynı zamanda σ^2 'nin tutarlı bir tahminidir. KPSS testinde Barlett Kernel tahmin yöntemi kullanılmakta olup, bu yöntem $s^2(l)$ 'nin pozitif olmasını garantilemektedir.

$$s^2(l) = T^{-1} \sum_{t=1}^T e_t^2 + 2T^{-1} \sum_{s=1}^l w(s, l) \sum_{t=s+1}^T e_t e_{t-s} \quad (3.8)$$

3.8 denklemindeki $w(s, l)$ opsiyonel ağırlık fonksiyonudur ve $[1 - s / (l + 1)]$ 'e eşittir. l gecikme parametresini göstermekte olup, $T \rightarrow \infty$ iken, $l \rightarrow \infty$ olmaktadır. l 'nin değeri $x = 4, 12$ için $\ln(x(T/100)^{1/4})$ ile hesaplanabilmektedir (Schwert, 1989). Testin değeri gecikme parametresine bağlıdır. Kwiatkowski vd. (1992) l 'nin maksimum 8 olarak kullanılmasını önermişlerdir. Farklı çalışmalarda her iki şekilde kullanıldığı da olmuştur.

Gecikme parametresinin doğru olarak seçilmesi otokorelasyon sorunu açısından oldukça önem arz etmektedir. Kalıntıların bağımsız ve aynı dağılıma sahip olduğu durumlarda, gecikme parametresinin sıfır alınması yeterli olacaktır (Rothman, 1997). Denklem 3.8'de görüldüğü gibi $l=0$ alınması durumunda denklemin sağ tarafının ikinci terimi sıfır olmakta ve ortadan kalkmaktadır.

Bu durumda test istatistiği aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$\hat{\eta} = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{s_t^2}{s^2(l)} \quad (3.9)$$

$\hat{\eta}$ normal dağılım göstermemektedir. Kwiatkowski vd. tarafından yapılan Monte Carlo simülasyonları ile $\hat{\eta}$ 'nin kritik değerleri hesaplanmıştır. KPSS testinde hipotezler aşağıdaki şekildedir.

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \quad (\text{Seri durağandır})$$

$$H_1: \sigma_u^2 > 0 \quad (\text{Seri durağan değildir})$$

Durağanlığın tespiti için σ_u^2 'nin pozitif olduğu yani serinin durağan olmadığı alternatif hipotezine karşılık, $\sigma_u^2 = 0$ olduğu sıfır hipotezinde otonom parametrenin sabit bir unsur olduğu iddia edilmektedir.

LM testiyle elde edilen $\hat{\eta}$ değeri kritik değerden büyükse sıfır hipotezi reddedilmektedir. Bu sonuç y_t zaman serisinin durağan olmadığı şeklinde ifade edilir. Aksi durumda ise H_0 hipotezi reddedilemez ve olasılıklı sürecin durağan olduğu ifade edilir (Yavuz, 2004; Erkal, 2014).

3.2.1.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testleri

Bir zaman serisinin ortalaması, trendi veya her ikisi birlikte anlık şoklar sonucunda değişim gösterebilir. Bu değişim gerçekte durağan olan bir serinin yapılan birim kök testleri sonucunda durağan dışı bulunmasına neden olabilir. Bundan dolayı yapısal kırılma ya da kırılmalar içeren bir serinin durağanlık analizinin geleneksel birim kök testleri ile test edilmesi yanlış sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilir (Mert ve Çağlar, 2019).

Birim kök testleri üzerine yapılan tartışmalar, Nelson ve Plosser (1982)'in önemli bulgularının ardından yeniden gündeme gelmiştir. Birim kök hipotezinin geleneksel görüşü, mevcut şokların seri üzerinde sadece geçici bir etkiye sahip olduğu ve serideki uzun dönem hareketinin bu tür şoklardan etkilenmediğidir. Nelson ve Plosser'ın araştırmalarında, şokların etkilerinin geçici olmadığını, dalgalanmaların bir zaman serisinin uzun dönem seviyesi üzerinde kalıcı etkileri olduğunu bulmuşlardır. Perron (1989), Nelson ve Plosser'ın çalışmalarını geliştirerek yapısal bir kırılmaya izin verilmesi durumunda, çoğu serinin durağan olduğunu ortaya koymuştur. Perron'un bu çalışması zaman serisi analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınması açısından dönüm noktası olmuştur.

Perron (1989), Nelson ve Plosser (1982)'in çalışmalarında kullandığı veri setini kullanarak yaptığı araştırmaya dayanarak, yapısal bir kırılma varlığında ADF testlerinin sıfır hipotezinin reddedilmemesi yönünde taraflı olduğunu ispatlamıştır. Perron, çoğu makroekonomik serinin bir birim kök ile karakterize olmadığını, aksine kalıcılığın (durağan dışılığın) nadir olarak görülen ve büyük şoklardan kaynaklandığını savunmuştur (Glynn vd., 2007; Pourazarm, 2012).

Perron'un Nelson ve Plosser'ın bulgularını eleştirmesi ve çalışmasının sonuçları bir zaman serisinde görülen yapısal değişikliklerin araştırılmasının önemini ortaya koymuştur. Perron, Nelson ve Plosser'ın aksine, çoğu şokların seriler üzerindeki etkisinin geçici olduğunu açıklamıştır. Perron (1989) çalışmasında, üç yapısal kırılma modeli ortaya koymuştur: Model A, serinin düzeyinde (ortalama) tek bir zaman için yapısal kırılmayı; Model B, serinin eğiminde (trend) tek bir zaman için yapısal kırılmayı ve Model C, serinin hem düzey hem de eğiminde tek bir zaman için yapısal kırılmayı içermektedir. Modeller, sıfır hipotezi altında dışsal bir kırılma (kırılma zamanının

bilindiği durum) ile bir birim kökü içermekte; alternatif hipotez ise bir trend durağan zaman serisini ifade etmektedir.

Perron (1989), Nelson ve Plosser (1982)'in çalışmalarında kullandığı veri setini kullanarak yaptığı araştırmada, ABD' de 1929 yılında yaşanan büyük borsa iflasını (Wall Street Crash) ve 1973 petrol fiyatı şokunu dışsal bir yapısal kırılma zamanı olarak almış ve bu olayların seriler üzerinde kalıcı etkilere sahip olan şoklar olduğunu bulmuştur. Çalışmadaki 11 seri için, birim kök içeren sıfır hipotezi reddedilmiş yani bu seriler için birim kök testi sonucu $I(0)$ olarak bulunmuştur (Bkz. Tablo 3.1). Bu değişkenlerin 1929 ve 1973 yılları için bir yapısal kırılma ile trend durağan olduğunu tespit etmiştir. Perron (1989)'un çalışmasında kullandığı kısıt, kırılma zamanının dışsal olarak belirlenmesi, yani kırılma tarihinin içsel (veri oluşturma süreci ile) olarak elde edilmemiş olmasıdır. İçsel (endojen) olarak tek zamanlı yapısal kırılmayı test eden çalışmaların bazıları şunlardır: Zivot ve Andrews (ZA) (1992), Perron ve Vogelsang (1992), Perron (1997), Vogelsang ve Perron (1998), Bai ve Perron (2003), Lee ve Strazicich (LS), (2004) ve Popp (2008).

Tablo 3.1. Nelson-Plosser Veri Seti'nin Birim Kök Test Sonuçları

Çalışma	Yapısal Kırılma Sayısı	$I(0)$	$I(1)$
Nelson & Plosser (1982)	0	1	13
Perron (1989)*	Bir Dışsal Kırılma	11	3
Zivot & Andrews (1992) †	Bir İçsel Kırılma	7	7
Perron (1997)*	Bir İçsel Kırılma	10	4
Lumsdaine & Papell (1997) †	İki İçsel Kırılma	8	6
Lee & Strazicich (2003)*	İki İçsel Kırılma	10	4

† Birim kök sıfır hipotezi altında kırılma olmadığı varsayılır.

* Sıfır ve alternatif hipotezlerin her ikisinde de kırılma(lar) olduğu varsayılır.

Zivot ve Andrews (1992), Perron (1989) testinde kırılma tarihinin bilindiği varsayımının, birim kökün sıfır hipotezine karşı kanıtları abarttığını ileri sürmüşlerdir. Zivot ve Andrews (1992), yapısal kırılma zamanının bilindiği ve modele dışsal (egzojen) olarak eklendiği Perron (1989) yaklaşımında değişiklik yaparak, çalışmalarında kırılma

zamanının bilinmediği varsayımını ele almışlardır. Zivot ve Andrews (1992) testinde kırılma zamanı içsel (endojen) olarak belirlenmekte ve minimum t istatistiğinin elde edildiği gözlem kırılma zamanı olarak kabul edilmektedir. ZA testinin prosedürü, Perron (1989) tarafından kullanılabenzer yapıdadır. Perron (1989) testinde olduğu gibi yapısal kırılmalar için üç tip model kullanılmakta ve durağan dışılığın yapısal kırılmalarından kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmaktadır. Zivot ve Andrews (1992), Nelson ve Plosser'ın veri setini kullandıkları çalışmada 14 seriden 7'sinin durağan olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuç, kırılma tarihinin dışsal olarak belirlenmesinin sıfır hipotezinin aşırı reddine yol açtığı görüşünü doğrulamıştır. Perron, 14 seriden 11'ini durağan olarak bulmuştur (Bkz. Tablo 3.1).

Perron ve Vogelsang (1992), eğer bir seri trend içeriyorsa birim kök testinin sonuçlarının serinin bazı önemli özelliklerini göstermede başarısız olabileceği iddiasıyla trend içermeyen seriler için kullanılabilecek yeni bir test önermişlerdir. Perron (1997), Perron ve Vogelsang (1992) testinin değiştirilmiş bir versiyonunu trend içeren verilere uygulanabilecek şekilde yeniden düzenlemiştir. Aynı veri setini kullanarak üç farklı tipte içsel kırılma uygulayan Perron (1997), 1989'daki çalışmasının bulgularını yeniden incelemiştir. Tablo 3.1'de görüldüğü gibi, elde ettiği yeni sonuçlar, bir önceki çalışmasının sonuçlarının sağlamlığını teyit etmiştir.

Yukarıda tartışılan testler serilerin sahip olduğu sadece tek bir yapısal kırılmayı incelemektedirler, ancak bir seride birden fazla yapısal kırılma olma olasılığı vardır. Bu gibi durumlarda birim kök daha önemli olan yapısal kırılmayı algılar. Serinin durağan olmaması sonucu, tespit edilememiş başka bir yapısal kırılmadan kaynaklanabilir ve bu nedenle sonuç hatalı olabilir (Vogelsang, 1994). Birden fazla yapısal kırılma olasılığını dikkate almayan birim kök testlerinin uygulanması, birden fazla kırılma olduğunda birim kök olduğunu iddia eden sıfır hipotezinin reddedilmesine yol açabilir (Ben-David, Lumsdaine ve Papell, 1998). Lumsdaine ve Papell (1997), ZA ve Perron (1997) testlerinin uygulanmasının iki kırılma olduğunda bilgi kaybına yol açabileceğini iddia etmişlerdir. Çünkü bu testler, bir dönem sonraki yapısal kırılma tarihini tahmin edebilir. ZA ve Perron (1997) testleri bir önceki kırılma tarihini dikkate almadıklarından dolayı Perron (1989) testi ile aynı soruna sahiptir (Lee ve Strazicich, 2001). Lee ve Strazicich (2001) bir kırılma varlığında parametrelerin sapmasının yanlış kırılma noktasında maksimize edildiğini iddia etmektedir. Bu nedenle, test istatistiğinin mutlak değeri gerçek değerinden daha

büyük olacak ve sıfır hipotezinin reddine karşı yanlı olacaktır. Lumsdaine ve Papell (LP) (1997), Lee ve Strazicich (LS) (2003) ve Narayan ve Popp (NP) (2010) yapısal kırılmalı birim kök testleri iki yapısal kırılmayı dikkate alan birim kök testlerine örnek gösterilebilir (Pourazarm, 2012).

Perron'un (1989) çalışmasından sonra araştırmacılar, birim kök testlerinde yapısal bir kırılmaya izin vermenin önemi üzerinde durmuşlardır. Perron (1989), birim kökün alternatifi olan durağanlık doğru olduğunda ve mevcut bir yapısal kırılma göz ardı edildiğinde birim kökü reddetme olasılığının azaldığını ileri sürmüştür. Perron (1989) dışsal (bilinen) bir yapısal kırılmaya izin vermek için kukla değişkenler içeren değiştirilmiş bir Dickey-Fuller birim kök testi kullanmıştır. Daha sonra çalışmalarda kırılma noktası bilinmeyen ve içsel olarak belirlenen birim kök testleri geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan en yaygın olanı, t istatistiğinin minimum olduğu noktayı kırılma noktası olarak seçen ve birim kök sıfır hipotezini test eden Zivot ve Andrews (1992) minimum testidir. Lee ve Strazicich (2003), birim kök testlerinde bir kırılmayı görmezden gelmekten kaynaklanan güç kaybı göz önüne alındığında, benzer bir güç kaybının tek kırılmalı testlerde iki veya daha fazla kırılmanın yok sayılması durumunda da geçerli olacağını iddia etmişlerdir. Bu düşünceden hareketle Lumsdaine ve Papell (1997) çalışmalarında minimum ZA birim kök testini iki yapısal kırılma içerecek şekilde genişletmişlerdir.

Lumsdaine ve Papell (1997) bir Monte Carlo simülasyonu geliştirmişler ve ZA testinde, içsel olarak belirlenen iki yapısal kırılmaya izin veren bir değişiklik önermişlerdir. LP testi, ADF testinin iki yapısal kırılma içeren modifiye edilmiş bir hali olup, sıfır hipotezi serinin birim kök içerdiğini ve yapısal kırılma olmadığını, alternatif hipotez ise serinin trend fonksiyonunda meydana gelen iki yapısal kırılmayla trend durağanlığını ifade etmektedir (İğde, 2010). Perron (1989) çalışmasını iki kırılmaya izin vererek genişleten LP testi üç modelden oluşmaktadır. AA modeli, düzeyde iki yapısal kırılmayı, Model CC, düzey ve trendde iki kırılmayı, Model CA, düzey ve trendde bir kırılma ve düzeyde bir kırılmayı içermektedir. Lumsdaine ve Papell (1997)'in Nelson ve Plosser (1982)'in veri setini kullandıkları çalışmaları sonucunda Tablo 3.1' de gösterildiği gibi, birim kök içeren sıfır hipotezi 8 zaman serisi için reddedilebilmiştir. Bu sonuç, Lumsdaine ve Papell (1997) testinin Zivot ve Andrews (1992) testine kıyasla sıfır

hipotezine karşı daha fazla kanıt gösterirken, Perron (1989)'a kıyasla daha az kanıt gösterdiğini açıklamaktadır.

ZA ve LP birim kök testleri, bir veya iki içsel yapısal kırılmaya izin verir, ancak bu testler birim kökün sıfır hipotezi altında herhangi bir kırılmaya izin vermez. ZA ve LP gibi ADF tipi testlerin kritik değerleri, yapısal kırılmanın olmadığı birim kök sıfır hipotezi altında türetilir. Bu durum, sıfır hipotezi altında kırılma(lar) varlığında boyut bozulması sorunlarına neden olur (Nunes, vd. 1997). Perron (2005), bu varsayımın testin gücünü azaltabileceğini savunmuştur.

3.2.1.2.1. LS Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Lee ve Strazicich (2003)'e göre ADF tipi testlerde sıfır hipotezinin reddedilmesi, birim kök hipotezinin kendiliğinden reddedilmesinden ziyade, kırılmanın olmadığı durumlarda birim kökün reddedilmesini ima etmektedir. ZA ve LP testlerinde H_0 'ın reddedilmesi, serinin durağanlığı olarak yorumlanırken, doğru yorum, serinin kırılma(lar) ile birlikte durağan olmadığı şeklinde olması gerekmektedir. Alternatif hipotez, kırılmalarla birlikte trend durağanlıktan ziyade, yapısal kırılmalara sahip birim kök durumunu ifade etmektedir (Lee ve Strazicich, 2003). Bu sonuç ampirik çalışmalarda test sonuçlarının dikkatli bir şekilde yorumlanmasını gerektirmektedir. Sıfır hipotezi altında bir kırılma olması durumunda, araştırmacılar sıfır hipotezinin hatalı olarak reddedilmesinin, kırılmalar içeren trend durağan bir zaman serisinin kanıtlarını gösterdiğine karar verebilirler.

Yukarıda bahsi geçen içsel kırılmalı birim kök testlerinde ifade edilen hipotezler, hem sıfır hem de alternatif hipotezler altında kırılma olasılığına izin veren Perron'un (1989) dışsal kırılmalı birim kök testinden farklıdır. Sıfır hipotezi altında kırılmalara izin vermek Perron'un testinde önemlidir; aksi takdirde, sıfır hipotezi altında bir kırılma boyutu arttıkça birim kök testi istatistiği farklılaşacaktır. İçsel kırılmalı birim kök testlerinde de benzer bir sapmanın meydana geleceği dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Nunes vd. (1997) ve Lee ve Strazicich (2001), veri üretim süreci yapısal kırılma(lar) ile bir birim kök içeriyorsa, içsel kırılmalı birim kök testlerindeki sıfır hipotezi altında kırılma olmadığı varsayımının, test istatistiğinin sapmasına ve birim kök sıfır hipotezinin önemli ölçüde reddedilmesine neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sorunların üstesinden gelmek için LS (2003, 2004), ilk olarak Schmidt ve Phillips (1992)

tarafından önerilmiş olan LM birim kök testine dayanan, sırasıyla iki kırılma ve bir kırılmaya izin veren iki minimum LM birim kök testlerini geliştirmişlerdir.

Minimum LM birim kök testlerinin çeşitli avantajları vardır. Boyut bozulması eleştirilerinden muaftırlar ve sıfır hipotezi altındaki kırılmalardan etkilenmezler. Minimum LM birim kök testinde, sıfır hipotezinin reddedilmesi, serinin trend durağanlığına sahip olduğunu gösterir. LM testlerindeki kritik değerler, kırılma noktalarının çeşitli kombinasyonları için sabittir (LS, 2001, 2003). Lee ve Strazicich (2003, 2004) testlerinin avantajları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Yapısal kırılmalar içsel (endojen) olarak ve verilere dayanarak belirlenir.
- Sıfır ve alternatif hipotezler altında yapısal kırılmalara izin verilir.
- Düzeyde ve eğimde yapısal kırılma olasılığı göz önünde bulundurulur.
- Sıfır hipotezinin reddedilmesi veya reddedilmemesi güvenilir ve tarafsızdır.
- Sonuçlar, birim kök sıfır hipotezi altındaki kırılmalardan etkilenmez.

Lee ve Strazicich (2003; 2004), LM birim kök testi prensibine dayanarak dört model belirlemişlerdir. Modellerin terminolojisi, Perron (1989) ve Lumsdaine ve Papell (1997) çalışmalarına dayanmaktadır. Model A, düzeyde bir kırılmaya, Model C, düzeyde ve trendde bir kırılmaya, Model AA, düzeyde iki kırılmaya ve Model CC, düzeyde ve trendde iki kırılmaya izin vermektedir. Testin veri üretim süreci aşağıdaki gibidir:

$$y_t = \alpha Z_t + e_t, \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim \text{iid}(0, \sigma^2) \quad (3.10)$$

Burada Z_t , dışsal (egzojen) değişkenlerin bir vektörüdür, α , karşılık gelen parametre vektörüdür ve ε_t , sıfır ortalama ve sabit varyans ile bağımsız ve özdeş dağılmış bir hata terimidir. Tanımlanan modeller aşağıdaki gibidir:

Model A (Crash model): Düzeyde tek kırılmayı içerir:

$$Z_t = [1, t, DU_t]' , \quad DU_t = \begin{cases} 1, & t \geq Tb + 1 \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.11)$$

Model C (Break model): Düzeyde ve trendde tek kırılmayı içerir:

$$Z_t = [1, t, DU_t, DT_t]' , \quad DT_t = \begin{cases} t - Tb, & t \geq Tb + 1 \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.12)$$

Burada DU_t ve DT_t sırasıyla düzeyde bir kırılma ve düzey ve trenddeki bir kırılmayı ifade eden kukla değişkenlerdir.

Model AA: Düzeyde iki kırılmayı içerir:

$$Z_t = [1, t, DU_{it}]', \quad DU_{it} = \begin{cases} 1, & t \geq Tbi + 1 \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}, \quad i = 1, 2 \quad (3.13)$$

Model CC: Düzeyde ve trendde iki kırılmayı içerir:

$$Z_t = [1, t, DU_{it}, DT_{it}]', \quad DT_{it} = \begin{cases} t - Tbi, & t \geq Tbi + 1 \text{ ise} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}, \quad i = 1, 2 \quad (3.14)$$

Burada DU_t ve DT_t sırasıyla düzeyde kırılmaları ve düzey ve trenddeki kırılmaları ifade eden kukla değişkenlerdir. Test istatistiği, Denklem 3.15' deki α' nin t istatistiğidir:

$$\Delta y_t = \alpha' \Delta Z_t + \alpha \tilde{y}_{t-1} + \sum \Delta \tilde{y}_{t-i} + u_t; \quad \tilde{y}_t = y_t - \tilde{\Psi}_x - Z_t \tilde{\delta}; \quad \tilde{\Psi}_x = y_1 - Z_1 \tilde{\delta} \quad (3.15)$$

Burada $\tilde{y}$, y' nin trendden arındırılmış değeri, $\tilde{\delta}$, $\Delta y_t'$ nin $\Delta Z_t'$ ye regresyonundan elde edilen katsayıları göstermektedir. $\Delta \tilde{y}_{t-i}$, otokorelasyondan kaynaklanan sorunları düzeltmektedir. Testin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$H_0: \alpha = 0$ (seri bir (iki) kırılma ile durağan değil)

$H_1: \alpha < 0$ (seri bir (iki) kırılma ile durağan)

LS testinde, optimum gecikme uzunluğu Perron (1989) ve Ng ve Perron (1995) tarafından önerilen genel-spesifik yöntem uygulanarak seçilmektedir. Testi yapmak için, zaman aralığının uç noktaları elimine edilir ve test, kesilmiş bölge üzerindeki iki kırılma tarihinin tüm olası kombinasyonları için gerçekleştirilir. t istatistiği, tahmin edilen her bir kırılma katsayısının önemini/önemsizliğini gösterir. Kırılma noktaları, LS t istatistiğinin minimum olduğu yerlerdir. Kritik değerler Lee ve Strazicich (2003; 2004) tarafından tablolastırılmıştır.

Lee ve Strazicich (2003, 2004), Nelson ve Plosser'ın (1982) verilerini kullanarak LM testi ile seriyi incelemişlerdir. Tablo 3.1'de gösterildiği gibi, birim kökün sıfır hipotezine karşı LP testinden daha fazla kanıt bulmuşlardır. LS testi 10 seri için sıfır hipotezini reddederken, LP testi ise 8 seriyi durağan bulmuştur.

Lee ve Strazicich (2001, 2003), ADF ve Perron tipi birim kök testi olan ZA ve LP testlerinin, sıfır hipotezi altında kırılma varlığında taraflı sonuçlar ortaya koyduğunu ve

sonlu örneklerde sıfır hipotezini hatalı bir şekilde reddettiğini iddia etmişlerdir. Lee ve Strazicich (2001) böyle bir sorunun kırılma tarihinin hatalı olarak belirlenmesiyle ilgili olduğunu açıklamışlardır.

Bu tezde, karşılaştırma amacıyla, önce geleneksel birim kök testlerinden KPSS testi, daha sonra yapısal kırılmaya izin veren testlerden LS birim kök testi uygulanmıştır.

3.2.2. Eşbütünleşme: ARDL Yaklaşımı

1980'lerin sonunda ekonometrik teorideki gelişmeler, araştırmacıların zaman serisi verilerinin durağan olmadığı durumlarda, seriler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerinin tahmin edilebilmelerine imkân sağlamıştır. Granger (1981), Granger ve Weiss (1983) ve Engle ve Granger (1987) ilk eşbütünleşme kavramını geliştirmişlerdir. Eşbütünleşik bir sistemde, değişkenler durağan olmayabilir, ancak değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu durağan olabilir. Engle ve Granger (EG) (1987) ve Johansen ve Juselius (JJ) (1990) tarafından geliştirilen yöntemler, artıkların durağanlığına dayanan popüler yaklaşımlardır.

EG regresyonu, EKK yöntemini uygulamakta ve değişkenlerin tamamının $I(1)$ olması esasına dayanmaktadır. Regresyonun hata terimi $I(0)$ ise, değişkenlerin eşbütünleşik olduğu ve regresyonun uzun dönemde dengede olduğu söylenebilir (Engle ve Granger, 1987). EG yöntemi önemli asimptotik özelliklerine rağmen, bazı eksik yönleri sahiptir. Enders (2004)'a göre bu eksikliklerden biri, seriler arasında birden fazla uzun dönemli ilişki olabilecek iken EG yönteminin seriler arasındaki sadece bir uzun dönemli ilişkiyi tespit etmesidir. Bir diğer eksiklik ise, eğer örneklem boyutu küçükse, tahmin edilen parametrelerin taraflı olabileceğidir. Bu sorunların üstesinden gelmek için Johansen ve Juselius (1990) her bir seriyi içsel (endojen) kabul ederek çoklu denklem yaklaşımıyla eşbütünleşme ilişkisini vektörel olarak incelemişlerdir. JJ yaklaşımında da EG yönteminde olduğu gibi, serilerin tamamının $I(1)$ olması gerekmektedir.

Yukarıda bahsi geçen geleneksel eşbütünleşme teknikleri bazı endişeler taşımaktadır. Inder (1993), gerçek ilişkilerde gecikmiş değerlerin varlığı olasılığı varsa, tahmincisinin uygulanmasının önemli bir önyargıya yol açabileceğini savunmuştur. Mah (2000), EG ve JJ tekniklerinin güvenilir olmayan sonuçlara neden olabileceğini bulmuştur ve Banerjee vd. (1986), küçük örneklerde EKK tahmincisinin kullanılmasının, gecikme terimlerinin ihmal edilmesine bağlı olarak hatalı tahminlere yol

açabileceğini ileri sürmüşlerdir. Pesaran vd. (2001) geleneksel eşbütünleşme yöntemlerinin $I(1)$ serilerine dayandığını ve bunun ilişkilerin belirsizlik derecesini arttırdığını belirtmişlerdir.

JJ ve EG yaklaşımlarının bir başka zayıflığı, bir ilişkiyi modellerken yapısal kırılma dikkate almamaları ve bunun yapısal bir kırılma olması halinde eşbütünleşme sıfır hipotezi lehine önyargıya neden olabilmeleridir (Gregory vd, 1996). EG ve JJ yaklaşımlarının küçük örneklem problemi ve tüm değişkenlerin $I(1)$ olması şartı, küçük örneklem büyüklüklerine sahip çalışmalar için daha uygun olan yaklaşımların geliştirilmesine yol açmıştır. Pesaran vd. (2001) bu sorunlardan arınmış ve az sayıda gözlem içeren örneklem için uygun olan ARDL sınır testi yaklaşımını geliştirmişlerdir (Pourazarm, 2012).

ARDL yaklaşımı, diğer eşbütünleşme yöntemlerine kıyasla modeldeki yapısal kırılmaları dikkate alması ile birlikte $I(1)$ ve $I(0)$ değişkenlerinin bir arada kullanımına izin vermesi gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Pesaran ve Pesaran, 2009). ARDL yöntemi'nin bu çalışmada uygulanması, diğer eşbütünleşme tekniklerine göre çeşitli avantajlar sağlamaktadır:

- ❖ Uzun dönem ilişkisinin hata terimlerini kullanarak, uzun dönem bilgilerini kaybetmeden kısa dönem modelinin tahmin edilebilmesine imkân sunmaktadır.
- ❖ Yapısal kırılmaların uzun dönemli ilişki üzerindeki etkilerini test etme imkânı sağlamaktadır.
- ❖ Mevcut çalışmanın nispeten küçük bir örneklem büyüklüğüne (1988-2017) sahip olduğu bir sorun olarak düşünülürse, çalışmada ARDL yönteminin tercih edilmesiyle, bu yöntemin düşük sayıda gözlem içeren verilerle çalışıldığında dahi sağlıklı sonuçlar verebilmesi sayesinde bu sorunun giderildiği söylenebilir.
- ❖ Modellerde $I(1)$ ve $I(0)$ değişkenlerinin bir arada kullanımına izin vermektedir. $I(1)$ tabanlı yöntemler olan diğer eşbütünleşme yaklaşımlarının uygulanması sahte sonuçlara yol açabilir.
- ❖ Uzun ve kısa dönem ilişkilerini tahmin eden diğer yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar sağlamaktadır (Gerrard ve Godfrey, 1998).

Sağladığı avantajlar göz önüne alınarak, bu çalışmada sektörel elektrik talebi ve ilgili değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılması için ARDL yaklaşımı

kullanılmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi, bu yaklaşım, serilerin $I(0)$ veya $I(1)$ olmasına bakılmaksızın kullanılabilir ve yöntem sayesinde değişkenlerin durağanlık testi şüphe taşımamaktadır. Birim kök testlerinin gücü genellikle düşük olduğundan ve farklı birim kök testleri farklı sonuçlar gösterdiğinden ve serilerin birim kök özellikleri hakkında belirsizlik gösterdiğinden, çalışmada modelleri tahmin etmek için ARDL yönteminin uygulanmasının en doğru tercih olduğuna karar verilmiştir.

Modele dâhil edilen değişkenlerin hangi düzeyde durağan olduklarına bakılmaksızın aralarında eşbütünleşme ilişkisinin var olup olmadığını araştırmamıza imkân sağlayan sınır testi yaklaşımı iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin varlığı araştırılmaktadır. Uzun dönem ilişkisinin tespiti durumunda, ikinci aşamada uzun ve kısa dönem parametreleri belirlenmekte ve tahmin edilmektedir. Sınır testi yaklaşımı kısıtlanmamış bir hata düzeltme modelinin EKK yöntemi ile tahmin edilmesine dayanmaktadır. Bu modelin mevcut çalışmaya uyarlanmış şekli aşağıdaki denklemlerle gösterilebilir.

$$\begin{aligned}\Delta LMET_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta LMET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \Delta LHTH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{3i} \Delta LMEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{4i} \Delta LTOS_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{6i} \Delta KO_{t-i} + \beta_7 LMET_{t-1} \\ & + \beta_8 LHTH_{t-1} + \beta_9 LMEF_{t-1} + \beta_{10} LTOS_{t-1} + \beta_{11} LYEKKG_{t-1} + \beta_{12} KO_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.16)$$

$$\begin{aligned}\Delta LSET_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LSET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta LSEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{3i} \Delta LSKD_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{4i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{5i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{6i} \Delta LTOS_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{7i} \Delta LSGF_{t-i} \\ & + \alpha_8 LSET_{t-1} + \alpha_9 LSEF_{t-1} + \alpha_{10} LSKD_{t-1} + \alpha_{11} LYEKKG_{t-1} + \alpha_{12} KO_{t-1} + \alpha_{13} LTOS_{t-1} + \alpha_{14} LSGF_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.17)$$

$$\begin{aligned}\Delta LTET_t = & \gamma_0 + \sum_{i=1}^m \gamma_{1i} \Delta LTET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{2i} \Delta LTEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{3i} \Delta TGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \gamma_6 LTET_{t-1} + \gamma_7 LTEF_{t-1} \\ & + \gamma_8 TGSYH_{t-1} + \gamma_9 KO_{t-1} + \gamma_{10} LYEKKG_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.18)$$

$$\begin{aligned}\Delta LRET_t = & \lambda_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \Delta LRET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{2i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{3i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{4i} \Delta LHKTH_{t-i} + \lambda_5 LRET_{t-1} + \lambda_6 LYEKKG_{t-1} + \lambda_7 KO_{t-1} \\ & + \lambda_8 LHKTH_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.19)$$

$$\begin{aligned}\Delta LAET_t = & \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} \Delta LAET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} \Delta LBYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{3i} \Delta LOYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{6i} \Delta LGSYH_{t-i} \\ & + \theta_7 LAET_{t-1} + \theta_8 LBYU_{t-1} + \theta_9 LOYU_{t-1} + \theta_{10} KO_{t-1} + \theta_{11} LYEKKG_{t-1} + \theta_{12} LGSYH_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.20)$$

$$\begin{aligned}\Delta LTPET_t = & \mu_0 + \sum_{i=1}^m \mu_{1i} \Delta LTPET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{2i} \Delta LOEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{3i} \Delta LGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{6i} \Delta LTOS_{t-i} \\ & + \mu_7 LTPET_{t-1} + \mu_8 LOEF_{t-1} + \mu_9 LGSYH_{t-1} + \mu_{10} KO_{t-1} + \mu_{11} LYEKKG_{t-1} + \mu_{12} LTOS_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.21)$$

Yukarıdaki eşitliklerde β , α , γ , λ , Θ ve μ katsayıları, Δ fark işlemcisini, m bağımlı değişken için uygun gecikme uzunluğunu, n bağımsız değişkenler için uygun gecikme uzunluklarını ve ε hata terimini ifade etmektedir.

Sınır testinin uygulanması aşamasında ilk önce en uygun gecikme uzunluğunu belirlenmesi gerekmektedir. ARDL yaklaşımında amaç, farklı gecikme uzunlukları deneyerek her bir değişken için optimum gecikme uzunluğunun belirlenmesi ve belirlenen gecikme uzunluğu doğrultusunda değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığının araştırılmasıdır. Değişkenler için gecikme uzunlukları belirlenirken literatürde genellikle Akaike (AIC), Schwarz (SIC) veya Hannan-Quinn (HQ) gibi bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Seçilen bilgi kriterine göre en küçük bilgi kriteri değerine sahip olan model en uygun model olarak tercih edilir. Seçilen modelde otokorelasyon (ardışık bağımlılık) problemi olması durumunda ikinci en küçük bilgi kriteri değerini veren gecikme uzunluğu test edilir. Bu süreç otokorelasyon sorunu çözülene kadar devam ettirilir.

Bilgi kriterleri kullanılarak en uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra değişkenler arasında eşbütünleşme (uzun dönemli ilişki) olmadığını ifade eden sıfır hipotezi, eşitlik (3.16–3.21)'de yer alan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci dönem gecikmeli katsayılarının anlamlılığının F test (Wald testi) uygulanarak sınanmasıyla test edilmektedir. Test edilen sıfır hipotezlerinin mevcut çalışmaya uyarlanmış hali aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$H_0 : \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = \beta_{10} = \beta_{11} = \beta_{12} = 0$$

$$H_0 : \alpha_8 = \alpha_9 = \alpha_{10} = \alpha_{11} = \alpha_{12} = \alpha_{13} = \alpha_{14} = 0$$

$$H_0 : \gamma_6 = \gamma_7 = \gamma_8 = \gamma_9 = \gamma_{10} = 0$$

$$H_0 : \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = \lambda_8 = 0$$

$$H_0 : \Theta_7 = \Theta_8 = \Theta_9 = \Theta_{10} = \Theta_{11} = \Theta_{12} = 0$$

$$H_0 : \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10} = \mu_{11} = \mu_{12} = 0$$

$$H_1 = \beta_i, \alpha_i, \gamma_i, \lambda_i, \Theta_i, \mu_i \text{ 'lerden en az biri sıfırdan farklı.}$$

F istatistiği ile Pesaran vd. (2001)'de yer alan kritik sınır değerlerinin karşılaştırılması sonucunda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin bulunup bulunmadığına karar verilmektedir. Bu karşılaştırma değişkenlerin bütünleşme derecelerinin aynı olup olmadığı göz önünde bulundurularak üç şekilde yapılabilir. *Birincisi*, değişkenlerin bazılarının $I(0)$ bazılarının $I(1)$ olması halinde hesaplanan F istatistiği; alt kritik değerden küçükse sıfır hipotezi reddedilememekte, yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı kabul edilmektedir. Hesaplanan F istatistiği, üst kritik değerden büyükse, söz konusu değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Hesaplanan F istatistiğinin alt ve üst kritik değerler arasında yer alması halinde ise net bir sonuca varılamamaktadır. *İkincisi*, modele dâhil edilen değişkenlerin tamamının $I(0)$ olması halinde hesaplanan F istatistiği alt kritik tablo değerinden küçükse değişkenler arasında eşbütünleşik ilişkinin olmadığına, büyükse değişkenler arasında eşbütünleşik ilişkinin olduğu sonucuna varılmaktadır. *Üçüncüsü*, modelde yer alan değişkenlerin tümünün $I(1)$ olması halinde ise F istatistiği sadece üst kritik tablo değeri ile karşılaştırılmaktadır. Hesaplanan F istatistiği eğer üst kritik tablo değerinden büyük ise sıfır hipotezi reddedilmekte, dolayısıyla değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu ifade edilmektedir (Yaylalı ve Lebe, 2013).

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edildikten sonra ikinci aşamada, değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönem ilişkilerini incelemek için ARDL modelleri kurulmaktadır. Bu amaçla çalışmada uzun dönem ilişkilerini belirlemek için kurulan uzun dönem ARDL modelleri (Eşitlik 3.22-3.27) sunulmuştur.

$$LMET_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} LMET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} LHTH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{3i} LMEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{4i} LTOS_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{5i} LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{6i} KO_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.22)$$

$$LSET_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} LSET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} LSEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{3i} LSKD_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{4i} LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{5i} KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{6i} LTOS_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{7i} LSGF_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.23)$$

$$LTET_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^m \gamma_{1i} LTET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{2i} LTEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{3i} TGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{4i} KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{5i} LYEKKG_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.24)$$

$$LRET_t = \lambda_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} LRET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{2i} LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{3i} KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{4i} LHKTH_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.25)$$

$$LAET_t = \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} LAET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} LBYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{3i} LOYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{4i} KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{5i} LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{6i} LGSYH_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.26)$$

$$LTPET_t = \mu_0 + \sum_{i=1}^m \mu_{1i} LTPET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{2i} LOEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{3i} LGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{4i} KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{5i} LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{6i} LTOS_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.27)$$

Değişkenler arasındaki kısa dönmeli ilişki ise, ARDL yöntemine dayanan hata düzelme modeli (HDM) oluşturularak araştırılmaktadır. Hata düzeltme modeli, değişkenlerin birinci farklarına uzun dönem ilişkisinden elde edilen hata terimleri serisinin bir dönem gecikmeli değerlerinin eklenmesiyle oluşturulan modeldir. Bu çalışmada değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkisini araştırmak için kurulan hata düzelme modelleri (Eşitlik 3.28-3.33) gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}\Delta LMET_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} \Delta LMET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} \Delta LHTH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{3i} \Delta LMEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{4i} \Delta LTOS_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{6i} \Delta KO_{t-i} \\ & + \beta_7 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.28)$$

$$\begin{aligned}\Delta LSET_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_{1i} \Delta LSET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{2i} \Delta LSEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{3i} \Delta LSKD_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{4i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{5i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{6i} \Delta LTOS_{t-i} \\ & + \sum_{i=0}^n \alpha_{7i} \Delta LSGF_{t-i} + \alpha_8 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.29)$$

$$\Delta LTET_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^m \gamma_{1i} \Delta LTET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{2i} \Delta LTEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{3i} \Delta TGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \gamma_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \gamma_6 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\quad (3.30)$$

$$\Delta LRET_t = \lambda_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \Delta LRET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{2i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{3i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{4i} \Delta LHKTH_{t-i} + \lambda_5 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\quad (3.31)$$

$$\begin{aligned}\Delta LAET_t = & \theta_0 + \sum_{i=1}^m \theta_{1i} \Delta LAET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{2i} \Delta LBYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{3i} \Delta LOYU_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \theta_{6i} \Delta LGSYH_{t-i} \\ & + \theta_7 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.32)$$

$$\begin{aligned}\Delta LTPET_t = & \mu_0 + \sum_{i=1}^m \mu_{1i} \Delta LTPET_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{2i} \Delta LOEF_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{3i} \Delta LGSYH_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{4i} \Delta KO_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{5i} \Delta LYEKKG_{t-i} + \sum_{i=0}^n \mu_{6i} \Delta LTOS_{t-i} \\ & + \mu_7 HDT_{t-1} + \varepsilon_t\end{aligned}\quad (3.33)$$

Denklemlerde yer alan HDT_{t-1} ile gösterilen değişken uzun dönem ilişkisinden elde edilen hata terimleri serisinin bir dönem gecikmeli değeridir. Hata düzeltme modelinin doğru olarak çalıştığının kabul edilebilmesi için, hata düzeltme teriminin katsayısının negatif (0 ile -1 arasında) ve istatistikî olarak anlamlı olması gerekmektedir. Hata düzeltme terimi katsayısı, rastgele bir şok karşısında (doğal afetler, savaş, politika değişikliği vb.) değişkenler arasındaki uzun dönem dengesinde meydana gelebilecek sapmaların ne kadarlık bölümünün, ne kadarlık süre içerisinde giderileceğini belirtmektedir.

3.2.3. Değişkenler ve Veri Seti

Çalışmada Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkileri simülasyon yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Analizde kullanılan değişkenler iktisat teorisi ve konu hakkında yapılan literatür taraması doğrultusunda belirlenmiş ve yeterli veri bulunabildiği ölçüde çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirmesi Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanında yer aldığı şekliyle toplam ve beş ayrı sektör olarak elektrik enerjisi talebi yönünden incelenmiştir. Bu doğrultuda bağımlı değişken olarak kullanılan, Mesken Elektrik Talebi, Sanayi Elektrik Talebi, Ticarethane Elektrik Talebi, Resmi Daire Elektrik Talebi, Aydınlatma Elektrik Talebi ve Toplam Elektrik Talebi için TÜİK veri tabanından alınan sektörlere göre net elektrik tüketimi değerleri kullanılmıştır.

1988-2017 dönemini kapsayan mevcut çalışmada veriler yıllık olup, sektörlere göre farklılık göstermekle birlikte temelde elektrik talebini etkileyen faktörlerden oluşmaktadır. Reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, Reel Hane Halkı Tüketim Harcaması, Reel Sanayi Katma Değeri ve Reel Kamu Tüketim Harcaması değişkenlerine ait veriler modellerde geliri temsilen 2010 Sabit Fiyatlarıyla (ABD\$) kullanılmış ve Dünya Bankası (World Bank, WB) veri tabanından alınmıştır. Ayrıca Ticarethane elektrik talebi modelinde geliri temsilen kullanılan Ticaretin GSYH içerisindeki Payı değişkeni ve ekonomik gelişmişliği temsilen kullanılan Kentleşme Oranı değişkeni verileri de Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır. Çalışmada Elektrik ve Doğalgaz Fiyatı değişkenlerine ait veriler Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA)’ndan, mevsimsel şartları temsilen kullanılan Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık değişkeni verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’nden, Bölünmüş Yol ve Otoyol Uzunluğu

değişkenlerine ait veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanından elde edilmiştir. Araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan modellere dâhil edilen Yenilenebilir Enerji Kaynakları (güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi) Toplam Kurulu Gücü (YEKKG) verileri ise Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)’nden alınmıştır. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait ayrıntılı bilgiler Tablo 3.2’de açıklanmıştır.

Tablo 3.2. Kullanılan Değişkenlere İlişkin Bilgiler

Kısaltma	Açılımı	Kaynak	Birim
LMET	Mesken Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LSET	Sanayi Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LTET	Ticarethane Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LAET	Aydınlatma Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LRET	Resmi Daire Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LTPET	Toplam Elektrik Talebi’nin Logaritması	TÜİK	GWh
LKTH	Reel Kamu Tüketim Harcaması’nın Logaritması	WB	2010 Sabit Fiyatlarıyla US\$)
LGSYH	Reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla’nın Logaritması	WB	2010 Sabit Fiyatlarıyla US\$)
LHTH	Reel Hane Halkı Tüketim Harcaması’nın Logaritması	WB	2010 Sabit Fiyatlarıyla US\$)
LMEF	Mesken Elektrik Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
LSEF	Sanayi Elektrik Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
LSGF	Sanayi Doğalgaz Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
LTEF	Ticarethane Elektrik Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
LOEF	Ortalama Elektrik Fiyatı’nın Logaritması	IEA	pence/kWh
TGSYH	Ticaretin GSYH İçerisindeki Payı	WB	GSYH’nin %’si
LTOS	Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklığı’nın Logaritması	MGM	°C
LYEKKG	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü’nün Logaritması	TEİAŞ	MW
LSKD	Sanayi Katma Değeri’nin Logaritması	WB	2010 Sabit Fiyatlarıyla US\$)
KO	Kentleşme Oranı	WB	Toplam Nüfus’un %’si
LBYU	Bölünmüş Yol Uzunluğu’nun Logaritması	TÜİK	Km
LOYU	Otoyol Uzunluğu’nun Logaritması	TÜİK	Km

Kurulan ekonometrik modellerde Kentleşme Oranı (KO) ve Ticaretin Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla içerisindeki Payı (TGSYH) haricindeki değişkenlere ait tüm veriler logaritmik formda kullanılmıştır.

3.2.4. Simülasyon (Benzetim)

Çeşitli bilim dalları tarafından farklı şekillerde kullanılabilen simülasyon yöntemi bir gözlemlene sürecidir. Genel olarak simülasyon, gerçek durumu temsil eden ve onun bir benzeri olan yapay bir model üzerinde deneyler yaparak, elde edilecek sonuçları izleme yöntemidir. Kısaca simülasyon, gerçeğin benzetimi üzerinde yapılan işlemlerle, ortaya çıkacak sonuçları izlemektir (Tarı, 2018). Simülasyon başarısı modelin gerçeği yansıtmaya gücüne, kullanılan verilerin doğru ölçülmesine, değerlendirilen veri boyutuna ve model parametrelerinin doğru şekilde tahmin edilmesine bağlıdır. Başarılı bir ekonometrik simülasyon modeli,

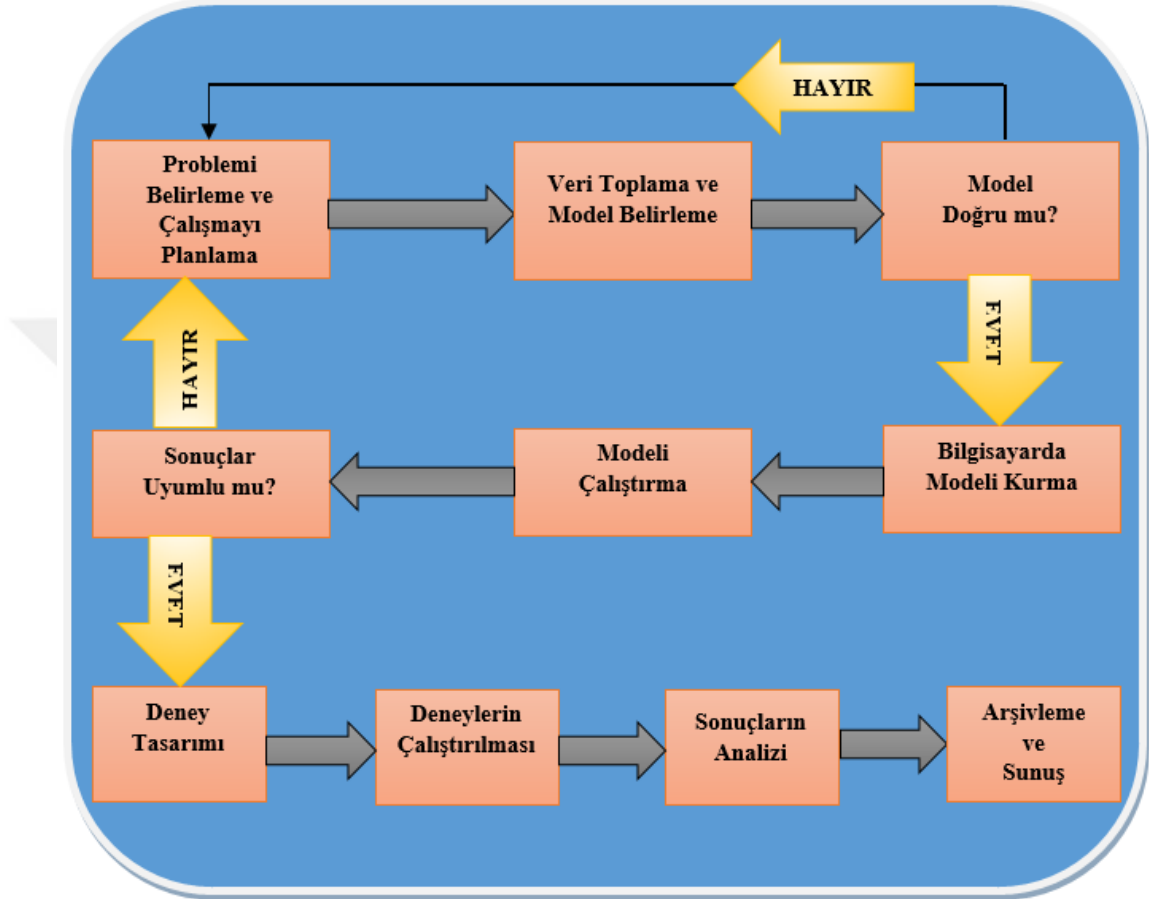
- Farklı iktisat politikalarının oluşturacağı sonuçların karşılaştırılmasına imkân verir.
- Simüle edilen değişkenlerin değişimiyle elde edilen sonuçların ekonometrik bir model içerisinde takip edilmesini sağlar.
- Oluşturulan simülasyon modelinin geriye işletilmesiyle gerçekle kıyas yapma olanağı sağlar.

Simülasyon tekniğiyle mevcut dışsal değişken verilerine göre, içsel değişkenlerin gelecekte alacağı değerler hesaplanmaktadır. Simülasyon modelleri belirli bir zaman aralığındaki verilere dayanarak geleceği tahmin etmek için kullanılan modellerdir (Kazan, 2001).

Simülasyon bir sistemin gerçeğini modellemenin bir yöntemidir. Amaç ise, zaman içerisinde sistemin davranışını gözlemlemek için deneyler yapılabilmesine olanak sağlamaktır. Simülasyon, gerçeğin bir örneğini oluşturarak karmaşık sorunların çözümünde kullanılan bir deneme yanılma yöntemidir. Simülasyon gerçeği yansıtan modelleri taklit eder. Çok esnek ve etkili bir yöntem olan simülasyon ile bir problemin çözülebilmesi için tek şart sistemin davranışlarını en doğru şekilde ifade eden bilgileri toplayabilmektir. Simülasyon, iki şekilde yapılabilir. Birincisi olan “Benzeştirme”, laboratuvar koşullarında bir fiziksel sistemin aynısının oluşturulması ve denemeler yapılmasından oluşur. İkincisi ise “Matematiksel Benzetim”dir. Sistemin matematiksel

modelinin kurularak bilgisayar ortamında çeşitli analizlerin yapılmasından ibarettir (Karahana, 2011).

Genel olarak bir simülasyon çalışmasında takip edilecek aşamalar Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Simülasyon Yönteminin Aşamaları

Problemi Belirleme ve Çalışmayı Planlama: Çalışmanın genel amacı, ele alınması gereken sorunlar net bir şekilde belirlenmeli ve çalışmanın her bir aşaması için gereken planlanmalar yapılmalıdır.

Veri Toplama ve Model Belirleme: Bir benzetim çalışmasında sistemin sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlayabilmek için ilk önce yeterli derecede ve doğru bir şekilde veri sağlanabilmelidir. Elde edilen bu veriler doğrultusunda sistemin davranışlarını en doğru şekilde yansıtan model ortaya konulmalıdır.

Modelin Geçerliliğinin Test Edilmesi: Belirlenen modelin doğru bir şekilde çalışıp çalışmadığı ve gerçek sistemi temsil gücü test edilmelidir.

Modeli Çalıştırma, Denemeler ve Sonuçlar: Çalışma için uygunluğuna karar verilen model kullanılarak çeşitli deneme süreçleri işletilir. Denemeler neticesinde elde edilen simülasyon verilerinin geçerlilikleri kontrol edilir ve yorumlanır (Law ve Kelton, 1991).

Optimizasyon modellerinin aksine, simülasyon modelleri çözülmek yerine "çalıştırılır". Belirli bir dizi girdi ve model özellikleri verildiğinde, model çalıştırılır ve simüle edilen davranış gözlemlenir. Bu girdileri ve model özelliklerini değiştirme süreci, değerlendirilen bir dizi senaryo ile sonuçlanır. Elde edilen iyi bir sonuç, mevcut bir sistemin analizinde veya yeni bir sistemin planlamasında daha sonra uygulama için tavsiye edilir.

Simülasyon yönteminin birçok avantajı olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Avantajların bazıları şunlardır:

- Yeni politikalar, çalışma yöntemleri, karar kuralları, bilgi akışları, vb. gerçek sistemin devam eden işleyişini bozmadan araştırılabilir.
- Belirli olayların nasıl veya neden meydana geldiğine dair hipotezler, fizibilite açısından test edilebilir.
- İncelenmekte olan olgunun hızlanmasına veya yavaşlamasına izin vermek için zaman daraltılabilir veya genişletilebilir.
- Değişkenlerin etkileşimi hakkında bilgi elde edilebilir.
- Değişkenlerin sistem performansı üzerindeki önemi hakkında fikir edinilebilir.
- "Şayet olursa" soruları yanıtlanabilir. Bu özellikle yeni sistemlerin tasarımında kullanışlıdır.

Yöntemin birtakım dezavantajları ise şunlardır:

- Simülasyon modeli oluşturma ve analizi zaman alıcı ve pahalı olabilir. Modelleme ve analiz için kaynakları kısıtlamak, çalışma için elverişli olmayan bir simülasyon modeli veya analizi ile sonuçlanabilir.
- Simülasyon, analitik bir çözümün mümkün olduğu veya tercih edilebildiği bazı durumlarda kullanılır.

- Simülasyon sonuçlarının yorumlanması zor olabilir, çoğu simülasyon çıktısı esasen rasgele değişkenlerdir (bunlar genellikle rasgele girdilere dayanır). Bu nedenle bir gözlemin sistemdeki karşılıklı ilişkilerin bir sonucu mu yoksa rastlantısallıktan mı kaynaklandığını ayırt etmek zor olabilir.
- Model oluşturma zaman ve tecrübe gerektirmektedir (Banks, Carson II, Nelson ve Nicol, 2005).

Çalışmada kullanılan yöntemlerin anlatıldığı bu bölümde, öncelikle tez konusuyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar özetle sunulmuştur. Zaman serisi çalışmalarında sıkça kullanılan geleneksel birim kök testlerinin yanı sıra bu çalışmada kullanılan yapısal kırılmalı birim kök testleri ve bu testlerin geleneksel birim kök testlerinden farklılıkları açıklanmıştır. Tahmin yöntemi olarak kullanılan ARDL yöntemi ve bu yöntemin çalışmaya sağladığı katkılar anlatıldıktan sonra, ileriye dönük öngörü yapmak için mevcut çalışmada kullanılan simülasyon yaklaşımı avantaj ve dezavantajlarıyla açıklanmıştır. Bahsi geçen test ve tahmin yöntemleri kullanılarak yapılan uygulama çalışmasından elde edilen bulgular sonraki bölümde ayrıntılı olarak irdelenmiş ve yorumlanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TEMEL BULGULAR

4.1. TEST VE TAHMİN SONUÇLARI

Çalışmada öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları hem geleneksel hem de yapısal kırılmaya izin veren birim kök testleriyle araştırılmıştır. Birim kök testleri sonucunda serilerin bazılarının seviyede, bazılarının ise birinci fark değerlerinde durağan oldukları belirlenmiştir. Farklı derecelerden durağan olan bu seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile incelenmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinden sonra farklı sektörlerde uzun ve kısa vadede elektrik talepleri modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler ortaya konulmuştur. Son olarak simülasyon modelinde kullanılmak üzere oluşturulan düşük, baz ve yüksek senaryolar ışığında 2019-2023 dönemi için toplam ve sektörel olarak elektrik talebi öngörüsünde bulunulmuştur.

4.1.1. Birim Kök Testi Sonuçları

Birim kök testleri ve yapısal kırılmaların varlığına yönelik araştırmalar, zaman serisi çalışmalarında güvenilir sonuçlar elde etmenin önemli bir parçası haline gelmiştir. Perron (1989), bir değişkenin yapısal kırılmaya sahip olduğunda, geleneksel birim kök testlerinin gücünün azaldığını ve sonuçların yanıltıcı olabileceğini belirtmiştir. Birim kök testlerinin yapısal kırılmalarla uygulanması önemli olmakla birlikte, zaman serisi çalışmalarının çoğu yapısal kırılma bulunma olasılığına yeterince önem vermemektedir. Serinin doğru özellikleri üzerine geliştirilen modeller, tahmin ve politika oluşturma açısından daha güvenilir sonuçlar sağlayacaktır. Bu bölümde, öncelikle geleneksel birim kök testlerinden KPSS testi uygulanmış, daha sonra yapısal kırılmalara izin veren birim kök testlerinden LS testi kullanılarak zaman serilerinde yapısal değişikliklerin varlığı test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

4.1.1.1. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Serilerde durağanlık koşulunun sağlanıp sağlanmadığını test etmek için geleneksel birim kök testlerinden Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin (1992) tarafından

geliştirilmiş olan KPSS birim kök testi kullanılmıştır. KPSS birim kök testinde incelenen hipotezler aşağıdaki şekildedir:

H_0 : Seri durağandır.

H_1 : Seri durağan değildir.

Çalışmada oluşturulan ekonometrik modellerde kullanılan her bir değişken için %5 önem düzeyinde yapılan KPSS durağanlık testi sonuçları Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	DÜZEY I(0) LM İstatistiği		1.FARK I(1) LM İstatistiği		Sonuç
	Sabit Terimli	Sabit Terim & Trendli	Sabit Terimli	Sabit Terim & Trendli	
MET	0,702	0,176	0,406	0,106	I(1)
SET	0,713	0,059	0,500	0,500	I(0)
TET	0,706	0,169	0,306	0,146	I(1)
AET	0,482	0,177	0,460	0,163	I(1)
RET	0,694	0,164	0,239	0,142	I(1)
TPET	0,711	0,169	0,293	0,222	I(1)
KTH	0,714	0,156	0,175	0,085	I(1)
GSYH	0,709	0,159	0,207	0,156	I(1)
HTH	0,714	0,156	0,175	0,085	I(1)
MEF	0,653	0,075	0,259	0,080	I(0)
SEF	0,561	0,074	0,140	0,088	I(0)
SGF	0,637	0,084	0,164	0,125	I(0)
SKD	0,706	0,151	0,275	0,202	I(1)
OEF	0,635	0,063	0,195	0,074	I(0)
TGSYH	0,568	0,182	0,330	0,283	I(1)
TOS	0,405	0,076	0,086	0,082	I(0)
YEKKG	0,686	0,142	0,309	0,141	I(0)
TEF	0,561	0,074	0,140	0,088	I(0)
KO	0,719	0,139	0,338	0,132	I(0)
BYU	0,687	0,109	0,174	0,173	I(0)
OYU	0,560	0,156	0,411	0,142	I(1)

%5 önem seviyesi için, sabit terimli KPSS testinin LM test istatistiği asimptotik kritik değeri 0.463, sabit terim ve trendli KPSS testi için ise 0.146'dır. Buna göre; SET, MEF, SEF, SGF, OEF, TOS, TEF, KO, BYU ve YEKKG serilerinin düzey değerlerine ait LM test istatistikleri, %5 önem seviyesinde KPSS testi kritik değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilememiş ve serilerin düzeyde durağan oldukları belirlenmiştir. MET, TET, AET, RET, TPET, KTH, GSYH, HTH, SKD, TGSYH ve OYU serilerinin ise birinci farklarına ait LM test istatistikleri, %5 önem seviyesinde KPSS testi kritik değerinden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilememiş ve serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları tespit edilmiştir.

4.1.1.2. LS Birim Kök Testi Sonuçları

Bu tezde, karşılaştırma amacıyla, serilerde birim kök varlığının araştırılması için ilk önce geleneksel birim kök testlerinden KPSS testi daha sonra yapısal kırılmaya izin veren birim kök testlerinden Lee ve Strazicich (2003; 2004) tarafından geliştirilen LS birim kök testi yapılmıştır. LS birim kök testinde incelenen hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0: \alpha = 0$ (seri bir (iki) kırılma ile durağan değil)

$H_1: \alpha < 0$ (seri bir (iki) kırılma ile durağan)

Bu araştırmada LS birim kök testini yapmak için, verilerin yıllık olması ve örneklem büyüklüğünün küçük olması dikkate alınarak maksimum gecikme uzunluğu $k=3$ olarak kabul edilmiştir. İlk olarak, CC modeli test edilerek kırılmalar için önemsiz katsayıları olan değişkenler ikinci aşamada AA modeliyle test edilmiştir. Bu iki aşamadan elde edilen sonuçlar ikiden az kırılma içeriyorsa, süreç bir kırılma için tekrarlanarak Lee ve Strazicich (2004) tarafından geliştirilen bir kırılma ile birim kök testi uygulanmıştır.

Ekonometrik modellerde kullanılan her bir değişken için %5 önem düzeyinde yapılan LS testi sonuçları Tablo 4.2'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. LS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Model	k	α (Test istatistiği)	Kritik Değer	Tb1	Tb2	Sonuç
<i>MET</i>	CC	3	-6,805	-6,185	1999	2008	İki kırılmayla I(0)
<i>SET</i>	AA	1	-5,244	-3,563	1994	1998	İki kırılmayla I(0)
<i>TET</i>	CC	3	-5,841	-5,832	1999	2005	İki kırılmayla I(0)
<i>RET</i>	CC	1	-7,100	-6,185	1998	2006	İki kırılmayla I(1)
<i>AET</i>	CC	3	-6,227	-6,185	1998	2007	İki kırılmayla I(0)
<i>TPET</i>	CC	2	-6,202	-6,166	1999	2005	İki kırılmayla I(1)
<i>MEF</i>	CC	3	-6,191	-6,185	1997	2007	İki kırılmayla I(0)
<i>SEF</i>	AA	3	-4,777	-3,563	2007	2010	İki kırılmayla I(0)
<i>TEF</i>	AA	3	-4,777	-3,563	2007	2010	İki kırılmayla I(0)
<i>OEF</i>	AA	3	-4,274	-3,563	1996	2010	İki kırılmayla I(0)
<i>SGF</i>	C	1	-5,465	-4,348	2006		Tek kırılmayla I(0)
<i>GSYH</i>	AA	3	-4,164	-3,563	1998	2010	İki kırılmayla I(0)
<i>TGSYH</i>	CC	3	-6,699	-6,108	1994	2000	İki kırılmayla I(0)
<i>SKD</i>	AA	1	-4,196	-3,563	1993	1998	İki kırılmayla I(0)
<i>KTH</i>	AA	3	-4,368	-3,563	2008	2011	İki kırılmayla I(0)
<i>HTH</i>	CC	3	-7,096	-6,152	1999	2013	İki kırılmayla I(0)
<i>YEKKG</i>	CC	3	-8,590	-6,185	1997	2007	İki kırılmayla I(0)
<i>TOS</i>	CC	3	-7,276	-6,175	1998	2006	İki kırılmayla I(0)
<i>KO</i>	CC	1	-6,959	-6,312	1993	2003	İki kırılmayla I(0)
<i>BYU</i>	AA	1	-4,070	-3,563	1998	2009	İki kırılmayla I(1)
<i>OYU</i>	CC	3	-9,451	-6,312	1994	2002	İki kırılmayla I(0)

MET, SET, TET, AET, MEF, SEF, TEF, OEF, SGF, GSYH, TGSYH, SKD, KTH, HTH, YEKKG, TOS, KO ve OYU serilerine ait test istatistikleri, %5 önem seviyesinde kritik değerden küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiş ve serilerin yapısal kırılma(lar) ile durağan oldukları belirlenmiştir. RET, TPET ve BYU serilerinin ise birinci farklarına ait test istatistikleri, %5 önem seviyesinde kritik değerden küçük olduğu

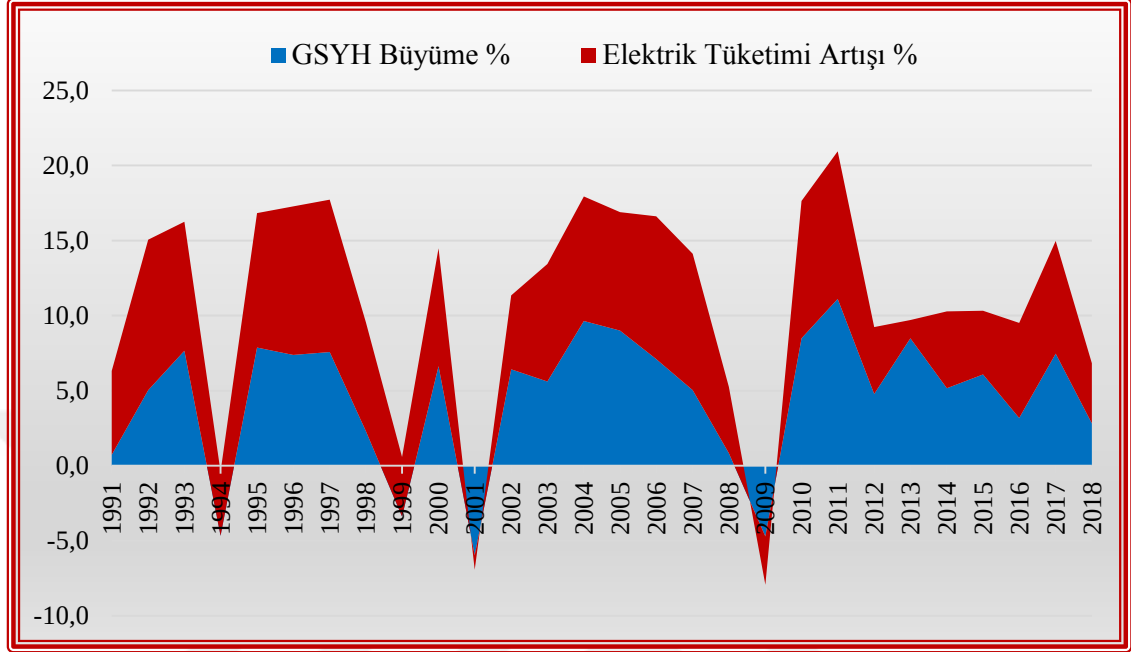
için Ho hipotezi reddedilmiş ve serilerin birinci farkları alındığında durağan oldukları tespit edilmiştir.

LS testi sonuçlarına bakıldığında kırılma tarihlerinin genel olarak 1993-2013 yılları arasında olduğu görülmektedir. Bu dönemde ulusal ve etkileri ülkemizde hissedilen uluslararası önemli olayları (1994 yılında Türkiye’de yaşanan iktisadi kriz, 1999 Kocaeli depremi, 2001 ulusal ekonomik kriz ve 2009 küresel ekonomik kriz) hatırladığımızda yapılan yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçlarının hiç de şaşırtıcı olmadığı söylenebilir.

Türkiye’de 1994 yılının başında temelini kamu açığının ve makroekonomik dengesizliklerin oluşturduğu bir iktisadi kriz yaşanmış ve bu krizin etkileri en çok sermaye piyasasında hissedilmiştir. 1997 yılına gelindiğinde yaşanan Asya krizi ve 1998 yılında Türkiye’nin önemli ticaret ortaklarından Rusya’da yaşanan mali kriz Türkiye’nin dış ticaretini ve ekonominin gidişatını olumsuz etkilemiştir. 1999 yılında kısmen toparlanma sürecine girilmişken Türkiye’nin en önemli sanayi bölgesi ve makroekonomik dengelerini etkileyebilecek bir potansiyele sahip olan Marmara bölgesinde yaşanan deprem bu süreci sekteye uğratmıştır. Nüfusun, ekonomik faaliyetlerin ve dolayısıyla da elektrik tüketiminin de yoğun olduğu bölgede meydana gelen deprem ülke ekonomisindeki sıkıntıların artmasına neden olmuştur. 2000 yılında Türkiye çok yüksek seviyelerde seyreden enflasyonu düşürmek amacıyla IMF’ye başvurmuştur. Bu sayede ekonomisini toparlamaya çalışan Türkiye’de 2001 Şubat ayında bu kez siyasi alanda yaşanan bir tartışma krizin yeniden büyümesine neden olmuştur. 2001 yılındaki bu krizden sonra hızlı bir büyüme eğilimi gösteren Türkiye, 2007 yılında ABD’de başlayan, 2008 yılının sonlarında Türkiye’de etkisi hissedilen ve 2009 yılında zirve yapan küresel krizle karşılaşmıştır. Bu krizle birlikte Türkiye’nin ihracatı ve sanayi üretimi azalmış, dolayısıyla elektrik tüketiminde düşüş kaydedilmiştir. Bahsi geçen bu şoklar Türkiye’de ekonomik büyümenin, sanayi üretiminin, ithalat ve ihracatın azalmasına neden olmuştur. Enerji sektörünün üretim ve sermaye odaklı olması dikkate alındığında, ekonomik anlamdaki bu gerilemeler enerji (elektrik) tüketiminin de azalmasına neden olacaktır.

Grafik 4.1’de Türkiye’nin GSYH’sinde görülen büyüme ve elektrik tüketiminin yıllara göre artış yüzdeleri verilmiştir (WB; IEA, 2020). Grafik 4.1 incelendiğinde, Türkiye’de ekonomik büyümenin azaldığı yıllarda elektrik tüketiminin de azaldığı

görülmektedir. Buna göre, büyüme ile elektrik tüketimi arasında aynı yönlü ilişki olduğu ve görülen tablonun test sonuçlarımızı desteklediği ifade edilebilir.



Grafik 4.1. Türkiye'nin Büyüme ve Elektrik Tüketiminin Yıllara Göre Artış Yüzdeleri

KPSS ve LS testlerinin sonuçlarının karşılaştırılması, testlerin çıkarımları arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Geleneksel birim kök testlerinden olan KPSS testi sonuçlarına göre çalışmada kullanılan 21 seriden 10'unun durağan olduğu tespit edilirken, yapısal kırılmayı dikkate alan testlerden LS birim kök testi sonuçlarına göre ise 21 seriden 18 serinin durağan olduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 4.3). Perron (1989), birim kökün alternatifi olan durağanlık doğru olduğunda ve mevcut bir yapısal kırılma göz ardı edildiğinde birim kökü reddetme olasılığının azaldığını ileri sürmüştür ve bir değişkenin yapısal kırılmaya sahip olduğunda, geleneksel birim kök testlerinin gücünün azaldığını ve sonuçların yanıltıcı olabileceğini belirtmiştir. Çalışmada yapılan birim kök testlerinden elde edilen sonuçlar, Perron (1989)'un yapısal kırılmaya izin verilmesi durumunda, çoğu serinin durağan olduğu düşüncesini doğrular niteliktedir.

Tablo 4.3. KPSS ve LS Birim Kök Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Test	I(0)	I(1)	I(0) Seriler
KPSS	10	11	SET, MEF, SEF, SGF, OEF, TOS, YEKKG, TEF, KO, BYU
LS	18	3	MET, SET, TET, AET, MEF, SEF, TEF, OEF, SGF, GSYH, TGSYH, SKD, KTH, HTH, YEKKG, TOS, KO, OYU

Sonuç olarak çalışmada incelenen her iki birim kök testi sonuçları dikkate alındığında, değişkenlerin bazıları I(0) bazıları ise I(1) çıkmıştır. Dolayısıyla bu sonuçlar değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasında ARDL yaklaşımının kullanılmasının bu çalışma için uygun bir yöntem olduğunu doğrulamaktadır.

4.1.2. Sektörler İtibarıyla Elektrik Talep Tahminleri

Durağan olmayan zaman serileriyle oluşturulan regresyon modellerinde sahte regresyon sorunuyla karşılaşmaktadır. Bu nedenle durağan olmayan iki veya daha fazla seri arasındaki uzun dönemli ilişki, durağan olmayan en az iki serinin durağan bir bileşimini olduğunu ifade eden eşbütünleşme testleri ile analiz edilmektedir. Eşbütünleşme testleri için literatürde çoğunlukla Engle-Granger (1987) ve Johansen (1988) testleri kullanılmaktadır. Fakat bahsedilen bu eşbütünleşme testleri için tüm serilerin aynı dereceden durağan olmaları gerekmektedir. Fakat Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL Sınır Testi yaklaşımı bu şartı ortadan kaldırmaktadır. Bu yaklaşımla düzeyde ya da farkta durağan olmalarına bakılmaksızın seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilebilmektedir. Ayrıca sınır testi yaklaşımı düşük sayıda gözlemi içeren verilerle çalışıldığında dahi sağlıklı sonuçlar verebilmektedir (Narayan, 2005).

Tez çalışmasının bu aşamasında yukarıda bahsedilen konular dikkate alınarak değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisinin analiz edilmesinde Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerin çoğu için aylık verilerin olmamasından dolayı yıllık verilerle çalışılmış ancak yıllık verilerin de sınırlı olması nedeniyle örneklem büyüklüğü istenilen boyutta alınamamıştır. ARDL modellerini çalıştırmak için bu kısıtlar göz önüne alınarak bir maksimum gecikme uzunluğu seçilmiş ve SIC bilgi kriteri kullanılarak uygun gecikme uzunluğu belirlenmiştir. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için değişkenler farklı gecikme kombinasyonları ile test edilerek, bilgi kriterine göre (SIC) en düşük değeri

veren model uygun model olarak seçilmiştir. Seçilen gecikme uzunluğu ile oluşturulan modelde otokorelasyon sorunu olması durumunda bu sorun ortadan kalkana kadar farklı gecikme uzunluklarıyla farklı modeller oluşturulmuştur. Ayrıca gecikme uzunluğunun yüksek olması seriler arasındaki uzun dönem ilişkisinin gücünü zayıflatacağı için en uygun gecikme uzunluğu belirleninceye kadar bu süreç devam ettirilmiştir.

Uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra seriler arasındaki eş bütünleşme ilişkisinin varlığının araştırılması için ARDL modelleri tahmin edilmiştir. Wald testi yardımıyla hesaplanan F istatistik değeri kritik tablo değerleri ile kıyaslanarak değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin ortaya konulmasından sonra farklı sektörlerde uzun ve kısa vadede elektrik talepleri modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönem tahmin sonuçları sırasıyla sunulmuştur.

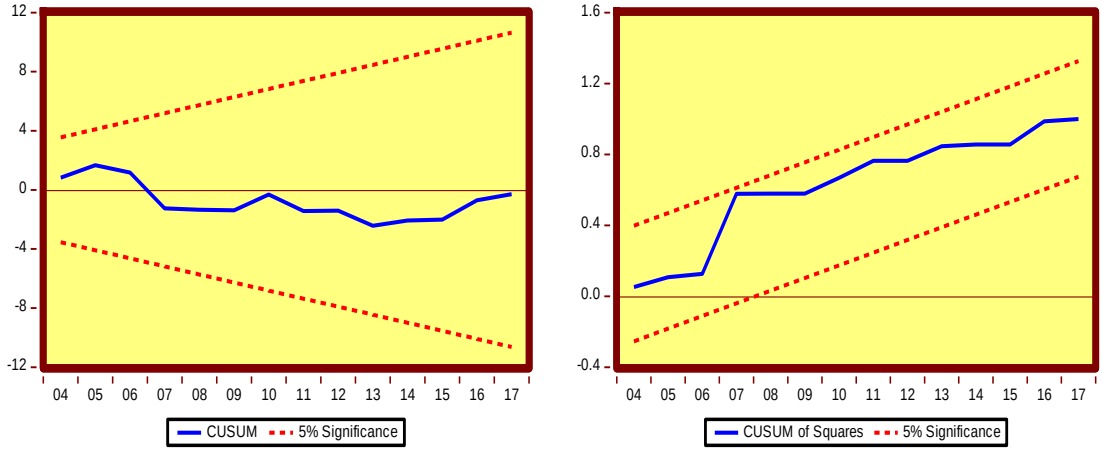
4.1.2.1. Mesken Elektrik Talebi Tahmini

Mesken elektrik talebi modelinde ARDL modelinin ilk aşaması olarak uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için yıllık verilerle çalışılması dikkate alınarak maksimum gecikme sayısı 3 olarak belirlenmiş ve değişkenler farklı gecikme kombinasyonları ile test edilmiştir. Çalışmada kullanılan bilgi kriterine göre (SIC) en uygun model olarak ARDL (1, 0, 2, 1, 0, 3) modeli tahmin edilmiştir. Daha sonra uygun gecikme uzunluğu göz önünde bulundurularak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Tablo 4.4'te görüldüğü üzere, modelde hesaplanan F istatistik değeri % 5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük ($8,0875 > 3,38$) olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiş, yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 4.4. Mesken Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Mesken Elektrik Talebi (LMET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Hane Halkı Tüketim Harcaması (LHTH)</i>	
	<i>Mesken Elektrik Fiyatı (LMEF)</i>	
	<i>Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklığı (LTOS)</i>	
	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	<i>(1, 0, 2, 1, 0, 3)</i>	
<i>F İstatistik Değeri</i>	8,0875	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
<i>% 5</i>	2,39	3,38
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	0,1108	0,8959
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,3400	0,9658
<i>Jarque-Bera Testi</i>	1,0656	0,5869
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,3088	0,5878

Tahmin edilen ARDL (1, 0, 2, 1, 0, 3) modeline ait tanısal test sonuçları yine Tablo 4.4'te gösterilmiştir. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait P değerinin (0,895) 0,05'ten büyük olması modelde otokorelasyon (ardışık bağımlılık) sorununun olmadığını, Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait P değerinin (0,965) 0,05'ten büyük olması modelde değişen varyans sorununun olmadığını ve Ramsey Reset test istatistiğine ait P değerinin (0,587) 0,05'ten büyük olması model kurma hatasının olmadığını göstermektedir. Jarque-Bera test istatistiğine ait P değerinin (0,586) 0,05'ten büyük olması ise hata terimlerinin normal dağılım sergilediğini göstermektedir. Ayrıca tahmin edilen ARDL modelinin kararlılığını araştırmak ve modelde yapısal kırılma olup olmadığının tespit edilmesi için CUSUM ve CUSUM-SQUARE (SQ) testleri yapılmıştır.



Grafik 4.2. Mesken Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Grafik 4.2 incelendiğinde, hem CUSUM testi hem de CUSUM-SQ testi sonucunda modelin artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı yani ARDL modelindeki parametrelerin kararlı (istikrarlı) olduğu ve modelde yapısal değişimin olmadığı görülmektedir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda kısa ve uzun dönem ilişkilerini belirlemek üzere ARDL modeli kurulabileceği belirlenmiştir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı belirlendikten sonra ikinci aşamada uzun dönemli ilişkiyi ifade eden parametreler tahmin edilmiştir. Mesken elektrik talebi modelinde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Mesken Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
LHTH	0,5302	3,1410	0,0072
LMEF	-0,1423	-3,6680	0,0025
LTOS	1,0937	4,2241	0,0008
LYEKKG	-0,5970	-11,8912	0,0000
KO	0,1274	10,9460	0,0000
C	-9,6276	-2,6722	0,0182
R²: 0,999	DW: 2,136	F istatistiği: 1699,478	P (F ist): 0,000

Tablo 4.5'te yer alan değişkenleri ve katsayılarını denklemde şu şekilde gösterebiliriz:

$$LMET = -9,627 + 0,530LHTH - 0,142LMEF + 1,093LTOS - 0,597LYEKKG + 0,127KO$$

Tablo 4.5'e bakıldığında uzun dönemde mesken elektrik fiyatı ile mesken elektrik talebi arasında %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0025<0,01$) ve iktisadi beklentilere uygun (negatif) bir ilişki olduğu görülmektedir. Analize konu olan dönem içerisinde mesken elektrik talebinin fiyat esnekliği -0,14'tür. Başka bir ifadeyle, mesken elektrik fiyatında meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem mesken elektrik talebinde %0,14 azalışa (veya artışa) neden olduğu söylenebilir. Modelde mesken elektrik talebi ile hane halkları tüketim harcaması (gelir) arasında %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0072<0,01$) ve beklenildiği gibi aynı yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Tahmini uzun dönemde gelir esnekliği 0,53 olup, bu sonuç mesken elektrik tüketiminin uzun vadede gelirdeki değişikliklere karşı nispeten duyarsız olduğunu göstermektedir. Ayrıca, gelirdeki meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem mesken elektrik talebini %0,53 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Bu durum mesken elektrik tüketiminin uzun vadede elektrik fiyatı ve hane halkı gelirindeki değişiklikler açısından esnek olmadığını gösterir. Elektrik tüketimi hane halkı için temel bir ihtiyaç olması bakımından bu sonuç çok da şaşırtıcı değildir. Ayrıca, mesken elektrik tüketiminin elektrik fiyatındaki değişikliklere duyarsız kalmasının bir başka nedeni olarak elektriğin hane halkı bütçesi içindeki payının düşük olması gösterilebilir.

Mesken elektrik talebini en çok etkileyen faktör 1,09 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkenidir. Bu değişken, mesken elektrik talebi ile aynı yönlü ve %1 önem seviyesinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0008<0,01$) bir ilişkiye sahiptir. Bu sonuç, elektriğin konutlarda soğuk mevsimlerde ısınma amaçlı kullanımından ziyade, sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında serinleme (klima) amaçlı kullanıldığının önemli bir kanıtı olarak değerlendirilebilir.

Elektrik talebini etkileyen bir diğer faktör, ekonomik gelişimin bir göstergesi olarak kabul edilen kentleşme oranı değişkenidir. Modelde kentleşme oranı değişkeninin 0,13 katsayı değeri ve $P=0,000 (<0,001)$ değerine bakarak mesken elektrik talebi ile ekonomik ilerleme arasında iktisadi açıdan pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu

söylenbilir. Kentleşme oranındaki %1’lik artış, mesken elektrik talebini %0,13 artıracaktır. Ekonomik gelişime paralel olarak artan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak elektrikli ev aletlerinin çeşitliliği ve kullanımı ne kadar artarsa, mesken elektrik talebinin o kadar artacağı ifade edilebilir. Mesken sektöründe doğalgazın elektriğin ikamesi olup olmadığını araştırmak amacıyla doğalgaz fiyatı değişkeni de modele dâhil edilmiş ancak %10 önem düzeyinde anlamsız bulunduğu için modelden dışlanmıştır. Bu sonuç doğalgazın meskenlerde elektriğin ikamesi olmadığını göstermiştir. Bunun nedeni elektrik meskenlerde temel olarak aydınlatma, klima ve elektrikli ev aletlerini çalıştırmak için kullanılırken, doğalgazın meskenlerde daha çok ısınma amaçlı kullanılmasıdır.

Çalışma konusu olan Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla mesken elektrik talebi modeline dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün mesken elektrik talebi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu anlamda elde edilen sonuç (-0,597) yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile mesken elektrik talebi arasında negatif ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ($P=0,000 < 0,01$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ülkemizde son dönemlerde uygulanan yenilenebilir enerji teşvik ve destek politikalarıyla öne çıkan özellikle binalar için çatı tipi güneş enerji sistemleri hanelerin kendi elektrik taleplerini kontrol edebilmelerine imkân sağlayan yerli ve yenilenebilir bir elektrik kaynağıdır. Uygulanan teşvik politikasıyla sadece tüketici durumundan hem üretici hem de tüketici konumuna geçecek olan konutların, kendi ürettikleri elektrik enerjisi ile kendi elektrik taleplerini karşılaması ve kısıtlı kaynaklara sahip olan kamu üzerindeki elektrik talep yükünün azalması beklenmektedir. Modelden elde edilen sonuçlar da bu beklentiyi destekler niteliktedir. Ayrıca kurulacak yenilenebilir enerji sistemleriyle hane halkı, ihtiyacı olan elektriği devletten talep etmeyecek kendi ihtiyacını kendi üretimiyle karşılayarak elektrik faturasından büyük oranda tasarruf sağlayacak ve politika kapsamında devlet tarafından sağlanan üretim fazlasını satın alma garantisi ile hane gelirine katkı sağlayabilecektir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin katsayıları tahmin edilip ve katsayılar hakkında değerlendirmeler yapıldıktan sonra, son olarak hata düzeltme modeli (HDM) ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiştir. Hata düzeltme modeli, değişkenleri farklar şeklinde ifade etmektedir. Hata düzeltme modeli, uzun dönemli ilişkiden elde edilen bir hata düzeltme terimi (HDT) içerir ve bu hata düzeltme terimi

elektrik talebindeki sapmaların uzun dönemde düzelme eğilimini ifade etmektedir. Tablo 4.6 mesken elektrik talebinin kısa dönem tahmin sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.6. Mesken Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
<i>D(LHTH)</i>	0,4496	6,1861	0,0000
<i>D(LMEF)</i>	-0,0254	-1,1079	0,2866
<i>D(LMEF(-1))</i>	0,0848	3,2244	0,0061
<i>D(LTOS)</i>	0,5165	6,3451	0,0000
<i>D(LYEKKG)</i>	-0,4967	-6,8652	0,0000
<i>D(KO)</i>	-0,3401	-6,3600	0,0000
<i>D(KO(-1))</i>	-0,0507	-0,9352	0,3655
<i>D(KO(-2))</i>	-0,1255	-2,4467	0,0282
<i>HDT (-1)</i>	-0,8698	7,6923	0,0000

Kısa dönemde hane halkı tüketim harcamasının (gelir) kısa dönem esnekliği 0,45 olup, beklenildiği gibi mesken elektrik talebini pozitif yönde etkilediği ve bu etkinin istatistiki açıdan anlamlı olduğu ($P=0,000<0,01$) tespit edilmiştir. Buna göre, hane halkları tüketim harcamasında (gelirde) meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem mesken elektrik talebini %0,45 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Elektrik fiyatı değişkeninin işareti iktisadi beklentiye uygundur fakat ($P=0,2866>0,01$) istatistiki açıdan anlamsız olup, kısa dönem esnekliği -0,0254’tür. Bu değer in sıfıra yakın olması hane halklarının elektrik fiyatındaki değişimlere karşı alışkanlıklarını ve tercihlerini değiştirmelerinin zaman aldığı şeklinde yorumlanabilir. Uzun dönemde olduğu gibi, kısa dönemde de mesken elektrik talebini en çok etkileyen faktör 0,51 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkeni olup, beklenildiği gibi mesken elektrik talebiyle pozitif yönlü bir ilişkiye sahip ve istatistiki açıdan anlamlıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin mesken elektrik talebi üzerindeki etkisi kısa dönemde de uzun dönem bulgularını desteklemektedir. Bu anlamda elde edilen sonuç (-0,496) yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile mesken elektrik talebi arasında kısa dönemde de negatif ve istatistiki açıdan % 1 önem düzeyinde

($P=0,000<0,01$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Mesken elektrik talebini etkileyen bir diğer faktör, kentleşme oranı değişkenidir.

Hata düzeltme terimi katsayısının (-0,869) işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, kısa dönem mesken elektrik talebinde meydana gelecek bir dengesizliğin (politika değişikliği, doğal afetler gibi etkenlerden kaynaklanan) her yıl %86'lık kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesinin sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun etkisi yaklaşık 1,2 yıl sonra giderilecektir.

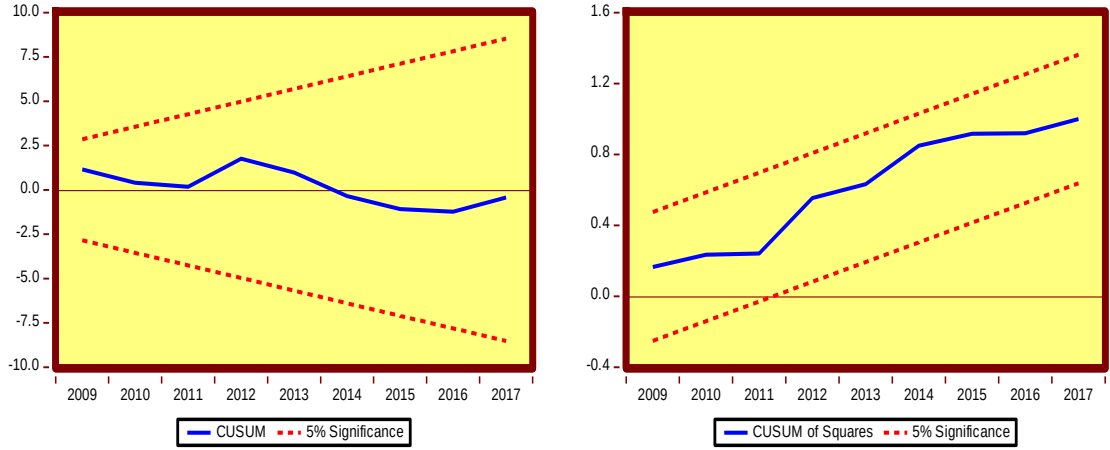
4.1.2.2. Sanayi Elektrik Talebi Tahmini

Sanayi elektrik talebi modelinde ilk önce uygun gecikme uzunluğunu tespit etmek amacıyla maksimum gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiş ve değişkenler farklı gecikme değerleri ile incelenmiştir. Çalışmada seçilen bilgi kriterine göre (SIC) en uygun model olarak ARDL (3, 2, 0, 0, 2, 2, 2) modeli tahmin edilmiştir. Belirlenen uygun gecikme uzunluğu dikkate alınarak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı araştırılmıştır. Tablo 4.7'de görüldüğü üzere, hesaplanan F istatistik değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük olduğu için ($4,15>3,28$) değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı anlamına gelen sıfır hipotezi reddedilmiş, böylece değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.7. Sanayi Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Sanayi Elektrik Talebi (LSET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Sanayi Elektrik Fiyatı (LSEF)</i>	
	<i>Sanayi Katma Değeri (LSKD)</i>	
	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
	<i>Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklığı (LTOS)</i>	
	<i>Sanayi Doğalgaz Fiyatı (LSGF)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	(3, 2, 0, 0, 2, 2, 2)	
<i>F İstatistik Değeri</i>	4,1544	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
% 5	2,27	3,28
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	1,8369	0,2284
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,2990	0,9846
<i>Jarque-Bera Testi</i>	1,3205	0,5167
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,7283	0,4182

Tahmin edilen ARDL (3, 2, 0, 0, 2, 2, 2) modeli için tanısal test sonuçları Tablo 4.7’de sunulmuştur. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait P değeri (0,2284) ve Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait P değeri (0,9846) 0,05’ten büyük oldukları için modelde sırasıyla otokorelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı ifade edilebilir. Ayrıca Jarque-Bera test istatistiğine ait P değerinin (0,5167) ve Ramsey Reset test istatistiğine ait P değerinin (0,4182) 0,05’ten büyük olması ise sırasıyla hata terimlerinin normal dağılım sergilediği ve model kurma hatasının olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Tahmin edilen ARDL modelinin kararlılığını incelemek ve modelde yapısal kırılma olup olmadığının araştırılması için CUSUM ve CUSUM-SQ testleri yapılmıştır.



Grafik 4.3. Sanayi Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Grafik 4.3'e bakıldığında, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum ARDL modelindeki parametrelerin kararlı (istikrarlı) olduğu ve modelde yapısal değişimin olmadığı şeklinde ifade edilebilir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerini incelemek üzere ARDL modeli kurulması aşamasına geçilebileceğine karar verilmiştir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edildikten sonra ikinci aşama olarak uzun dönemli ilişkiyi gösteren parametreler tahmin edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.8'de verilen sanayi elektrik talebi modelini aşağıdaki denklemle gösterebiliriz:

$$LSET = -1,385 - 0,107LSEF + 0,276LSKD - 0,049LYEKKG + 0,062KO + 0,534LTOS + 0,071LSGF$$

Tablo 4.8. Sanayi Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	P değeri
<i>LSEF</i>	-0,1076	-4,3669	0,0018
<i>LSKD</i>	0,2765	5,5055	0,0004
<i>LYEKKG</i>	-0,0494	-2,3595	0,0426
<i>KO</i>	0,0625	12,7602	0,0000
<i>LTOS</i>	0,5342	6,8174	0,0001
<i>LSGF</i>	0,0716	3,1034	0,0127
<i>C</i>	-1,3850	-1,3301	0,2162
<i>R²: 0,999</i>	<i>DW: 2,643</i>	<i>F istatistiği: 1766,456</i>	<i>P (F ist): 0,000</i>

Tablo 4.8'e bakıldığında uzun dönemde sanayi elektrik fiyatı ile sanayi elektrik talebi arasında %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0018<0,01$) ve iktisadi beklentilere uygun (negatif) bir ilişki olduğu görülmektedir. Çalışma dönemi içerisinde sanayi elektrik talebinin fiyat esnekliği -0,11'dir. Başka bir ifadeyle, sanayi elektrik fiyatında meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem sanayi elektrik talebinde %0,11 azalışa (veya artışa) neden olduğu söylenebilir. Bu, endüstriyel tüketicilerin elektrik fiyatındaki değişikliklere duyarlı olmadıkları anlamına gelir. Düşük fiyat esnekliğinin arkasında iki faktör olabilir. Birincisi, sanayi sektörünün toplam enerji tüketimi içerisinde elektrik enerjisi tüketiminin düşük payı ve dolayısıyla toplam endüstriyel enerji maliyetinde elektrik enerjisi maliyetinin düşük olmasıdır. Öyleki, Türkiye'de 2018 yılında sanayi sektöründe toplam enerji tüketimi 36.155 BTEP olup, bu tüketim içerisinde elektrik tüketimi ise 9.973 BTEP olmuştur (ETKB, 2020). Yani elektrik fiyatındaki bir artış, enerji maliyetinde önemli bir değişiklik yapmaz. İkincisi, endüstriyel elektriğin ikame enerji eksikliğidir. Bu, elektrik fiyatı artsa bile, ikame imkânının olmaması nedeniyle elektrik tüketimlerine devam edileceği anlamına gelmektedir.

Modelde sanayi elektrik talebi ile sanayi katma değeri arasında %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0004<0,01$) ve beklenildiği gibi aynı yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Tahmini uzun dönemde gelir esnekliği 0,28 olup, bu sonuç sanayi elektrik talebinin uzun vadede gelirdeki değişiklikler açısından esnek olmadığını göstermektedir. Yani, sanayi katma değerinde meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem sanayi elektrik talebini %0,28 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Sanayi sektörü elektrikten çok kömür ve doğalgaz ürünlerine dayandığından bu çıkarım beklenebilecek bir sonuçtur. Dolayısıyla sektörün katma değerindeki artış elektrik talebinde büyük bir artışa neden olmayacaktır.

Sanayi elektrik talebini en çok etkileyen faktör mesken elektrik talebinde de olduğu gibi 0,53 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkenidir. Bu değişken, bağımlı değişken ile aynı yönlü ve %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ($P=0,0001<0,01$) bir ilişkiye sahiptir. Bu sonuç, hava koşullarının endüstriyel elektrik talebi üzerinde önemli bir etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bunun nedeni, endüstriyel binalarda havalandırma ihtiyacı ve endüstriyel soğutucuların kullanılması olabilir. Büyük ölçekli endüstriyel binalar, endüstriyel makinelerin çalışması nedeniyle

yüksek iç ortam sıcaklığı ve iç havayı taze tutmak için havalandırmanın gerekliliği, hava koşullarının (iklimsel şartların) elektrik talebini güçlü bir şekilde etkilemesinin nedenleri olabilir.

Ekonomik gelişimin bir göstergesi olarak modele dâhil edilen kentleşme oranı değişkeninin 0,06 katsayı değeri ve $P=0,000$ ($<0,01$) değerine bakarak sanayi elektrik talebi ile arasında iktisadi açıdan pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Buna göre kentleşme oranının %1 artması sanayi elektrik talebini %0,06 artıracaktır. Sanayi sektöründe elektrik yerine ikame yakıtın belirlenmesi için modelde doğalgaz fiyatı değişkeni test edilmiştir. Elde edilen $P=0,013$ ($<0,05$) değerine bakılarak %5 önem düzeyinde sanayi elektrik talebi ile doğalgaz fiyatı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki varmış gibi görünse de, çapraz fiyat esnekliği 0,07 olup, elektrik ve doğalgaz arasında zayıf bir ikame ilişkisinin olduğu söylenebilir.

Sanayi elektrik talebi modelinde yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün sanayi elektrik talebi üzerindeki etkisi incelendiğinde, elde edilen sonuca göre (-0,05), yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile sanayi elektrik talebi arasında negatif ve istatistiksel açıdan %5 önem düzeyinde ($P=0,04<0,05$) anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem sanayi elektrik talebinde %0,05 azalışa (veya artışa) neden olduğu ifade edilebilir. Ancak uzun vadede bulunan bu sonuç, büyük bir yenilenebilir enerji kaynak potansiyeline sahip olmasına rağmen ülkemizde özellikle yüksek maliyetler nedeniyle bu potansiyelin sanayi sektöründe henüz daha istenilen oranda kullanılmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin katsayıları tahmin edilip ve katsayılar hakkında değerlendirmeler yapıldıktan sonra, son olarak hata düzeltme modeli ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiştir. Tablo 4.9 sanayi elektrik talebi modelinin kısa dönem sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.9. Sanayi Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
<i>D(LSET(-1))</i>	0,5971	6,4484	0,0001
<i>D(LSET(-2))</i>	0,3454	4,6256	0,0012
<i>D(LSEF)</i>	-0,0577	-2,0546	0,0701
<i>D(LSEF(-1))</i>	0,1056	3,4605	0,0072
<i>D(LSKD)</i>	0,5481	15,4888	0,0000
<i>D(LYEKKG)</i>	-0,1070	-2,5484	0,0313
<i>D(KO)</i>	0,0736	3,2051	0,0107
<i>D(KO(-1))</i>	-0,1929	-8,7002	0,0000
<i>D(LTOS)</i>	0,3255	4,8935	0,0009
<i>D(LTOS(-1))</i>	-0,2830	-3,9715	0,0032
<i>D(LSGF)</i>	0,0087	0,3945	0,7023
<i>D(LSGF(-1))</i>	-0,1247	-4,5929	0,0013
<i>HDT (-1)</i>	-1,8070	-10,5161	0,0000

Kısa dönemde elektrik fiyatı değişkeni, %10 önem düzeyinde ($P=0,07<0,10$) istatistiki açıdan anlamlı bulunabilse de kısa dönem esnekliği oldukça küçüktür (-0,06). Bu sonuç uzun dönem sonucunu destekler nitelikte olup endüstriyel tüketicilerin kısa dönemde de elektrik fiyatındaki değişikliklere fazla duyarlı olmadıklarını göstermektedir. Modelin kısa dönem sanayi katma değeri (gelir) esnekliği 0,6 olup beklenildiği gibi gelirin sanayi elektrik talebini pozitif yönde etkilediği ve bu etkinin istatistiki açıdan %1 önem seviyesinde anlamlı olduğu ($P=0,000<0,01$) tespit edilmiştir. Buna göre, gelirde meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem sanayi elektrik talebini %0,6 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Bu sonuçlar sanayi sektörü elektrik talebinin fiyat ve gelirdeki değişimler açısından kısa dönemde esnek olmadığı şeklinde ifade edilebilir. Endüstriyel ekipmanı daha modern ve enerji açısından daha verimli makinelerle değiştirmek, kısa vadede yerine getirilemeyen zaman alıcı bir süreçtir. Dolayısıyla tahmin edilen sonuçların makul olduğu söylenebilir.

Kısa dönemde 0,33 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkeni sanayi elektrik talebiyle pozitif yönlü bir ilişkiye sahip ve istatistiki açıdan anlamlıdır ($P=0,0009<0,01$). Bu, kısa dönemde de hava koşullarının sanayi elektrik talebini

etkilediğini ve elektrik talebinde önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin sanayi elektrik talebi üzerindeki etkisi kısa dönemde değerlendirildiğinde, elde edilen sonuç $(-0,11)$, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile sanayi elektrik talebi arasında kısa dönemde de negatif ve istatistiki açıdan %5 önem düzeyinde ($P=0,03<0,05$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Modelde elektriğin ikamesi olarak değerlendirilen doğalgazın fiyatı değişkeninin esnekliğinin hemen hemen sıfır ($0,009$) olması ve %10 önem düzeyinde dahi istatistiki açıdan anlamsız bulunması ($P=0,702>0,10$) bu konudaki uzun dönem yorumlarımızın bir kanıtı olarak değerlendirilebilir. Bağımlı değişken sanayi elektrik talebi ile gecikmeli değerleri arasında pozitif ve % 1 önem düzeyinde ($P<0,01$) istatistiki olarak anlamlı bir ilişki vardır. $0,07$ katsayı değeri ve $P=0,01$ ($<0,05$) değerine bakarak sanayi elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında kısa dönemde aynı yönlü ve istatistiksel olarak %5 önem düzeyinde anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir.

Hata düzeltme terimi katsayısının $(-1,807)$ işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, kısa dönem sanayi elektrik talebinde meydana gelecek olağanüstü bir durum veya dengesizliğin (politika değişikliği, doğal afetler gibi etkenlerden kaynaklanan) her yıl %180'lik kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesinin kısa sürede sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun etkisinin yaklaşık 0,5 yıl (6ay) sonra atlatılabileceği söylenebilir.

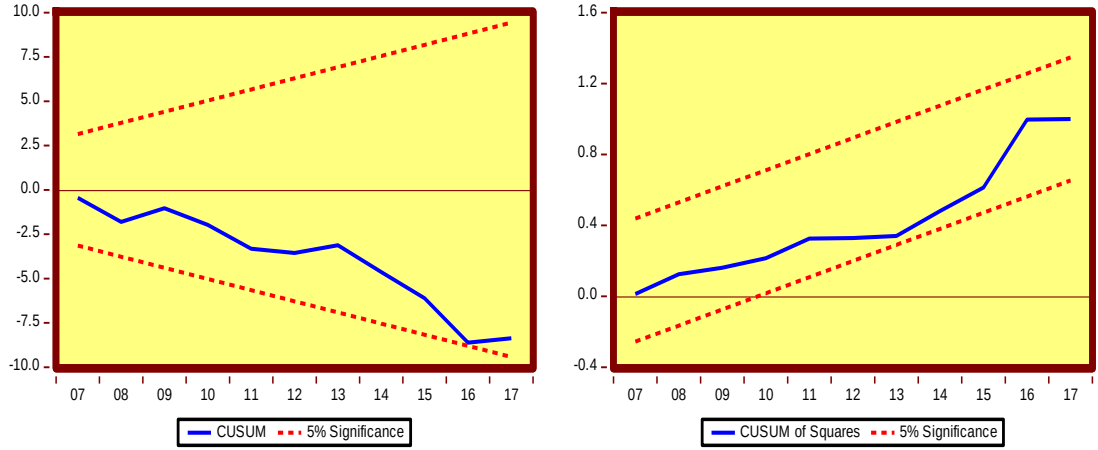
4.1.2.3. Ticarethane Elektrik Talebi Tahmini

Ticarethane elektrik talebi modelinde maksimum gecikme uzunluğu 3 alınarak uygun gecikme uzunluğunu tespit etmek için değişkenler farklı gecikme denemeleriyle test edilmiştir. Çalışmada tercih edilen bilgi kriteri (SIC) doğrultusunda en uygun model olarak ARDL (2, 1, 3, 2, 3) modeli tahmin edilmiştir. Belirlenen optimum gecikme uzunluğu göz önünde bulundurularak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin bulunup bulunmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Tablo 4.10'da yer alan, hesaplanan F istatistik değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük olduğu için $(8,38>3,49)$ değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını belirten sıfır hipotezi reddedilmekte, diğer bir ifadeyle değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 4.10. Ticarethane Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Ticarethane Elektrik Talebi (LTET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Ticarethane Elektrik Fiyatı (LTEF)</i>	
	<i>Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla İçerisinde Ticaret Payı (TGSYH)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	(2, 1, 3, 2, 3)	
<i>F İstatistik Değeri</i>	8,3805	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
% 5	2,56	3,49
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	0,8010	0,4784
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,3265	0,9767
<i>Jarque-Bera Testi</i>	2,0638	0,3563
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,6717	0,4315

Tahmin edilen ARDL (2, 1, 3, 2, 3) modeli için yapılan tanısal test sonuçları Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait P değeri (0,4784) ve Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait P değerinin (0,9767) %5 önem seviyesinde 0,05'ten büyük olmaları kurulan modelde sırasıyla otokorelasyon ve değişen varyans problemlerinin olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte modelde normallik varsayımının geçerliliğini ve model kurma hatasının olup olmadığını test etmek için sırasıyla yapılan Jarque-Bera testi p değeri (0,3563) ve Ramsey Reset testi p değeri (0,4315) 0,05'ten büyük oldukları için modelde bu varsayımların da sağlandığı kabul edilebilir. Son olarak tahmin modelimizin kararlılığı ve yapısal kırılma içerip içermediği yapılan CUSUM ve CUSUM-SQ testleri ile araştırılmıştır.



Grafik 4.4. Ticarethane Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Grafik 4.4'te de görüldüğü üzere, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıkları %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içerisinde kalmaktadır. Bu sonuç ARDL modelindeki parametrelerin kararlı olduğu ve modelin yapısal değişim içermediği şeklinde yorumlanabilir. Bulunan bütün bu istatistiksel tanı sonuçlarına dayanarak değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerinin araştırılması için artık ARDL modeli kurulabileceği kanısına varılmıştır.

Modelde kullanılan değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki belirlendikten sonra sıra bu değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ifade eden parametrelerin tahminine gelmiştir. Değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.11'de yer alan ticarethane elektrik talebi modelini eşitlik halinde şu şekilde yazabiliriz:

$$LTET = -1,810 - 0,311LTEF + 0,013TGSYH + 0,234KO - 0,500LYEKKG$$

Tablo 4.11. Ticarethane Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	P değeri
LTEF	-0,3106	-3,6205	0,0040
TGSYH	0,0134	3,7145	0,0034
KO	0,2340	23,6836	0,0000
LYEKKG	-0,5002	-5,4677	0,0002
C	-1,8102	-4,4583	0,0010
R²: 0,999	DW: 2,442	F istatistiği: 1192,687	P (F ist): 0,000

Tablo 4.11’de gösterildiği üzere, uzun vadede ticarethane elektrik fiyatı ile ticarethane elektrik talebi arasında %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0040<0,01$) ve iktisadi açıdan beklenildiği gibi (ters yönlü) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. İncelenen dönem kapsamında ticarethane elektrik talebinin fiyat esnekliği -0,31’dir. Yani, ticarethane elektrik fiyatında meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönemde ticarethane elektrik talebinde %0,31 azalışa (veya artışa) yol açtığı söylenebilir. Bu durum, ticari tüketicilerin elektrik fiyatındaki değişikliklere duyarsız oldukları şeklinde ifade edilebilir.

Bağımlı değişken ticarethane elektrik talebi ile geliri temsilen modele dâhil edilen ticaretin gayrisafı yurtiçi hâsıla içerisindeki payı (TGSYH) bağımsız değişkeni arasında beklenildiği gibi aynı yönlü ve %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0034<0,01$) bir ilişki olduğu belirlenmiştir. 0,013 olarak bulunan talebin gelir esnekliği, uzun dönemde ticarethane elektrik tüketiminin gelirdeki değişikliklerden çok fazla etkilenmediği şeklinde yorumlanabilir. Yani, ticaretin GSYH içindeki payı (gelir) %1 arttığında (veya azaldığında) uzun dönem ticarethane elektrik talebi sadece %0,013 artacaktır (veya azalacaktır). Ticarethanelerde elektrik enerjisi kullanımı meskenlerde olduğu gibi vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Genelde elektrik enerjisi ticari alanda ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su temini, ofis cihazları, asansör, yürüyen merdiven ve aydınlatma amaçlı tüketilmektedir. Bu amaçlar için kullanılabilecek ikame enerji eksikliği dikkate alınırsa ticari tüketicilerin elektrik tüketiminde gelir ve fiyat değişikliklerine nispeten kayıtsız kalmaları beklenebilecek bir sonuçtur.

Ekonomik ilerlemeyi temsilen modelde yer alan kentleşme oranı değişkeninin istatistiksel olarak %1 önem seviyesinde anlamlı ($P=0,000<0,01$) ve ticarethane elektrik talebi ile arasında iktisadi olarak pozitif (0,23) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, kentleşme oranında meydana gelen %1’lik artışın (veya azalışın), ticarethane elektrik talebini uzun dönemde % 0,23 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Diğer modellerde olduğu gibi, ticarethane elektrik talebi modelinde de iklimsel koşulları temsilen temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkeni ve ikame yakıt olarak doğalgaz fiyatı değişkeni incelenmiş fakat istatistiki olarak anlamsız bulundukları için modelden çıkarılmışlardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin ticarethane elektrik talebi üzerindeki etkisi incelendiğinde, bulunan sonuç (-0,50), yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile ticarethane elektrik talebi arasında ters yönlü ve istatistiki açıdan % 1 önem düzeyinde ($P=0,0002<0,01$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), ticarethane elektrik talebinde uzun dönemde %0,5 azalışa (veya artışa) sebep olabileceği anlamına gelir. Yani ticari tüketiciler yenilenebilir enerji teknolojilerine geçiş yaparak kendi elektrik ihtiyaçlarını kendileri karşılama yoluyla devletten olan elektrik taleplerini azaltabilirler.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki katsayılarının tahmin edilmesinden sonra, son olarak hata düzeltme modeli kullanılarak kısa dönem parametreleri tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Ticarethane Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
<i>D(LTET(-1))</i>	0,3338	2,6291	0,0234
<i>D(LTEF)</i>	-0,2834	-4,0300	0,0020
<i>D(LTGSYH)</i>	0,0032	2,4725	0,0310
<i>D(TGSYH(-1))</i>	-0,0142	-6,2965	0,0001
<i>D(TGSYH(-2))</i>	-0,0096	-4,2903	0,0013
<i>D(KO)</i>	1,3681	9,1033	0,0000
<i>D(KO(-1))</i>	-0,4546	-5,6532	0,0001
<i>D(LYEKKG)</i>	0,1454	0,7713	0,4567
<i>D(LYEKKG(-1))</i>	0,9427	3,3223	0,0068
<i>D(LYEKKG(-2))</i>	-0,5871	-2,8097	0,0170
<i>HDT (-1)</i>	-1,5810	-8,5521	0,0000

Tablo 4.12’de gösterilen ticarethane elektrik talebi modelinin kısa dönem sonuçları incelendiğinde, kısa dönemde talebin fiyat esnekliği -0,2834 olup, %1 önem düzeyinde ($P=0,0020<0,01$) istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur. Talebin gelir ile olan ilişkisine bakıldığında (0,0032) ise her ne kadar %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı gözükse de gelirden meydana gelecek bir değişikliğin elektrik talebini neredeyse etkilemediğini söyleyebiliriz. Bu sonuçlar, uzun dönemde olduğu gibi, kısa dönemde de

ticari tüketicilerin fiyat ve gelirdeki değişimlere karşı nispeten tepkisiz kaldıkları, elektrik tüketimindeki davranışlarını kısa süre içerisinde hemen değiştirmedikleri şeklinde yorumlanabilir.

Kısa dönemde ticarethane elektrik talebini etkileyen en önemli faktörün kentleşme oranı olduğu görülmektedir. Tablo 4.12'ye bakıldığında kentleşme oranı değişkeninin %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve elektrik talebi ile aynı yönlü bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Kentleşme oranındaki %1'lik artışın (azalışın) ticarethane elektrik talebini %1,37 artırdığı (azalttığı) ifade edilebilir. Bu durum artan şehir hayatının sosyal ve ekonomik hayatı canlandığı, dolayısıyla kentleşmenin ticari piyasada olumlu bir etki meydana getirdiği ve bu etkinin de elektrik talebine artış olarak yansıdığı düşünülebilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün ticarethane elektrik talebiyle olan kısa dönem ilişkisi incelendiğinde ise, diğer sektörlerde olduğu gibi ticari sektörde de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı henüz istenilen seviyelere gelmediği için uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkisinin kısa dönemde net bir şekilde görülemediği ifade edilebilir. Modelde bağımlı değişken ticarethane elektrik talebinin bir gecikmeli değerinin %5 önem seviyesinde anlamlı olduğu ve bağımlı değişken ile bir gecikmeli değeri arasında aynı yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Hata düzeltme terimi katsayısı (-1,58), %1 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,000<0,01$) ve beklentiye uygun olarak negatif bulunmuştur. Bu durum, kısa dönem ticarethane elektrik talebinde oluşabilecek bir şok etkisinin yıl içerisinde %158'lik kısmının düzeltilerek çok kısa sürede uzun dönem dengesinin sağlanabileceğini belirtmektedir. Yani, bu dönemde yaşanacak bir dengesizliğin yaklaşık 0,6 yıl (yaklaşık 7 ay) sonra çok hızlı bir şekilde giderilebileceği söylenebilir.

4.1.2.4. Resmi Daire Elektrik Talebi Tahmini

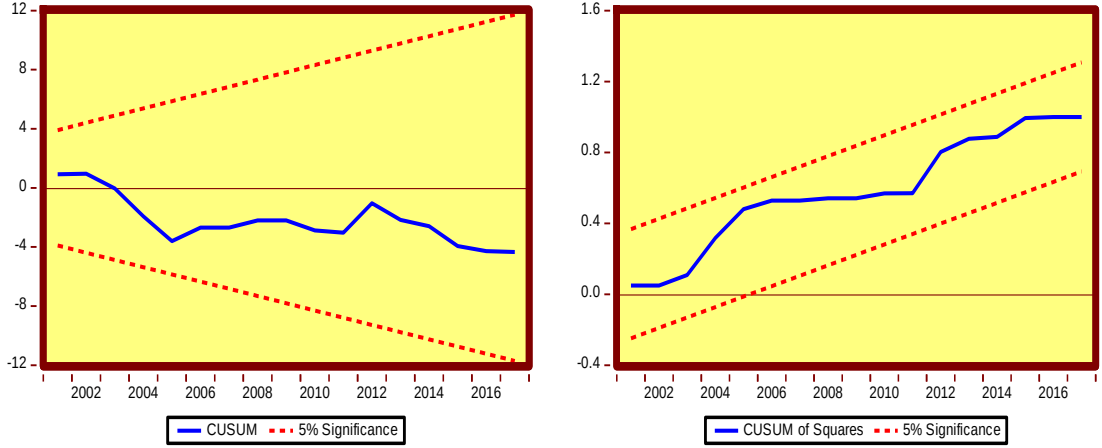
Resmi daire elektrik talebi modelinde öncelikle uygun gecikme uzunluğunun belirlenebilmesi amacıyla maksimum gecikme uzunluğu 3 olarak seçilmiş ve değişkenler farklı gecikme sayıları kullanılarak test edilmiştir. Çalışmada kullanılan bilgi kriteri (SIC) dikkate alınarak en uygun model olarak ARDL (2, 0, 3, 1) modeli tahmin edilmiştir. Belirlenen uygun gecikme uzunluğu dikkate alınarak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Tablo 4.13'te hesaplanan F istatistik

değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük olduğu için ($11,97 > 3,67$) değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu durumda değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 4.13. Resmi Daire Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Resmi Daire Elektrik Talebi (LRET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
	<i>Kamu Tüketim Harcaması (LKTH)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	(2, 0, 3, 1)	
<i>F İstatistik Değeri</i>	11,9715	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
% 5	2,79	3,67
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	1,0864	0,3625
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,2574	0,9782
<i>Jarque-Bera Testi</i>	1,4299	0,4892
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,0561	0,8157

Tahmin edilen ARDL (2, 0, 3, 1) modelinde otokorelasyon, değişen varyans, normallik ve model kurma varsayımlarının kontrolü için sırasıyla Breusch-Godfrey LM testi, Breusch-Pagan-Godfrey testi, Jarque-Bera testi ve Ramsey Reset testi yapılmıştır. Tablo 4.13'te gösterilen test sonuçlarına bakılarak %5 önem düzeyinde yapılan testlerin tamamında $P > 0,05$ olduğu için modelde incelenen varsayımların tamamının sağlandığı söylenebilir. Ayrıca kurulan modelin kararlılığını araştırmak ve modelde yapısal kırılma bulunup bulunmadığının tespit edilmesi için CUSUM ve CUSUM-SQ testleri yapılmıştır.



Grafik 4.5. Resmi Daire Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Garfik 4.5'e bakıldığında, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum ARDL modelindeki parametrelerin kararlı olduğu ve modelde yapısal değişimin bulunmadığı şeklinde ifade edilebilir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerini incelenmeye başlanmıştır.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edildikten sonra ikinci aşama olarak uzun dönemli ilişkiyi gösteren parametreler tahmin edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.14'te verilen resmi daire elektrik talebi modelini aşağıdaki denklemle ifade edebiliriz:

$$LRET = -13,539 - 0,491LYEKKG + 0,069KO + 0,903LKTH$$

Tablo 4.14. Resmi Daire Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	P değeri
LYEKKG	-0,4916	-5,4897	0,0000
KO	0,0692	1,9128	0,0728
LKTH	0,9037	2,1232	0,0487
C	-13,5397	-1,6009	0,1278
R²: 0,987	DW: 2,42	F istatistiği: 147,226	P (F ist): 0,000

Tablo 4.14'e bakıldığında modelde resmi daire elektrik talebi ile modelde geliri temsilen kullanılan kamu tüketim harcaması arasında %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan hemen hemen anlamlı ($P=0,0487<0,05$) ve beklenildiği gibi aynı yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde gelir esnekliği 0,9 olup, bu sonuç resmi daire elektrik tüketiminin uzun vadede gelirdeki değişiklikler açısından neredeyse birim esnek olduğu şeklinde yorumlanabilir. Yani, gelirden meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönemde resmi daire elektrik talebini %0,9 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Gelirdeki artışa bağlı olarak resmi daire binalarının ve binalarda kullanılan elektrikli cihazların daha modern ve gelişmiş hale gelmesi, çalışan personel tarafından elektriğin etkin bir şekilde kullanılmaması ve yapılan israf resmi dairelerde elektrik kullanımını artırabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün resmi daire elektrik talebi üzerindeki etkisi incelenirken elde edilen sonuç (-0,5), yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile resmi daire elektrik talebi arasında negatif ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bir ilişkinin olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Başka bir deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem resmi daire elektrik talebinde %0,5 azalışa (veya artışa) neden olduğu ifade edilebilir. Yani kamu binalarında uygulanacak yenilenebilir enerji teknolojileri sayesinde elektrik talebinde önemli derecede tasarruf sağlanabilir.

Modelde kentleşme oranı değişkeninin $P=0,073<0,10$ ve 0,07 katsayı sonuçlarına bakarak, resmi daire elektrik talebi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak %10 önem seviyesinde anlamlı fakat çok küçük bir etkisi olduğu söylenebilir. Buna göre, kentleşme oranındaki %1'lik artış, resmi daire elektrik talebini %0,07 artıracaktır. Diğer yandan, resmi dairelerde elektrik maliyetinin devlet tarafından ödendiği göz önüne alındığında, fiyat değişkeninin resmi daire elektrik tüketimi üzerinde bir etkisinin olmadığı düşünülerek modele dâhil edilmemiştir.

Resmi daire elektrik talebi modelinin değişkenleri arasındaki uzun dönemli ilişkinin katsayıları tahmin edilip, katsayılar hakkında değerlendirmeler yapıldıktan sonra, son olarak hata düzeltme modeli ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.15'te raporlanmıştır.

Tablo 4.15. Resmi Daire Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
<i>D(LRET(-1))</i>	0,5696	4,2795	0,0005
<i>D(LYEKKG)</i>	-0,5367	-1,9332	0,0700
<i>D(KO)</i>	-1,1745	-6,1086	0,0000
<i>D(KO(-1))</i>	0,5099	2,4029	0,0280
<i>D(KO(-2))</i>	-0,9236	-5,0331	0,0001
<i>D(LKTH)</i>	0,2094	0,5066	0,6189
<i>HDT (-1)</i>	-1,4550	-8,2606	0,0000

Tablo 4.15 incelendiğinde modelde kısa dönem gelir esnekliği (0,2) olup, iktisadi olarak beklenildiği gibi talebi pozitif yönde etkilemekte fakat bu etkinin istatistiki açıdan %10 önem seviyesinde dahi anlamsız olduğu ($P=0,6189>0,10$) görülmektedir. Buna göre, resmi daire elektrik talebinin kısa dönemde gelirdeki değişikliklerden etkilenmediği söylenebilir. Resmi dairelerde elektriğin personel tarafından kullanıldığı ancak maliyetinin devlet tarafından karşılandığı dikkate alındığında, istatistiki bakımdan anlamsız bir gelir katsayısı sonucu şaşırtıcı değildir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin resmi daire elektrik talebi üzerindeki etkisi kısa dönemde de uzun dönem bulgularını desteklemektedir. Bu anlamda elde edilen sonuç (-0,54) yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile resmi daire elektrik talebi arasında kısa dönemde de negatif ve istatistiki açıdan %10 önem düzeyinde ($P=0,07<0,10$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Resmi daire elektrik talebi ile bir gecikmeli değeri arasında aynı yönlü ve %1 önem düzeyinde ($P<0,01$) istatistiki olarak anlamlı bir ilişki vardır. Uzun dönemde aralarında çok ciddi bir ilişki görülmeyen resmi daire elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında kısa dönemde de net bir ilişki tespit edilememiştir.

Hata düzeltme terimi katsayısının (-1,455) işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, kısa dönem resmi daire elektrik talebinde meydana gelecek dengesizliğin her yıl %146'lık kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesinin kısa sürede sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun yaklaşık 0,7 yıl (yaklaşık 8 ay) sonra yani hızlı bir şekilde atlatılabileceği söylenebilir.

4.1.2.5. Aydınlatma Elektrik Talebi Tahmini

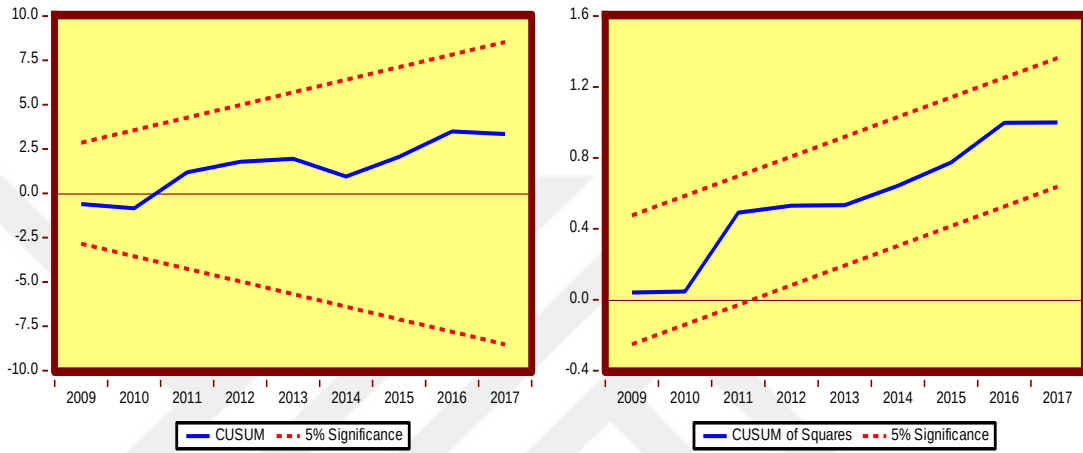
Aydınlatma elektrik talebi modelinde ilk önce uygun gecikme uzunluğunu tespit etmek amacıyla maksimum gecikme uzunluğu 3 olarak belirlenmiş ve değişkenler farklı gecikme değerleri ile incelenmiştir. Çalışmada seçilen bilgi kriterine göre (SIC) en uygun model olarak ARDL (1, 2, 3, 0, 3, 3) modeli tahmin edilmiştir. Belirlenen uygun gecikme uzunluğu dikkate alınarak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı araştırılmıştır. Tablo 4.16’da görüldüğü üzere, hesaplanan F istatistik değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük olduğu için (12,32>3,38) değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı anlamına gelen sıfır hipotezi reddedilmiş, böylece değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.16. Aydınlatma Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Aydınlatma Elektrik Talebi (LAET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Bölünmüş Yol Uzunluğu (LBYU)</i>	
	<i>Otoyol Uzunluğu (LOYU)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
	<i>Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (LGSYH)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	(1, 2, 3, 0, 3, 3)	
<i>F İstatistik Değeri</i>	12,3247	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
% 5	2,39	3,38
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	1,9401	0,2136
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,8757	0,6121
<i>Jarque-Bera Testi</i>	0,0797	0,9608
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,0494	0,8295

Tahmin edilen ARDL (1, 2, 3, 0, 3, 3) modeli için tanısal test sonuçları Tablo 4.16’da sunulmuştur. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait P değeri (0,2136) ve Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait P değeri (0,6121) seviyesinde 0,05’ten büyük

oldukları için modelde sırasıyla otokorelasyon ve değişen varyans sorununun olmadığı ifade edilebilir. Ayrıca Jarque-Bera test istatistiğine ait P değerinin (0,9608) ve Ramsey Reset test istatistiğine ait P değerinin (0,8295) 0,05'ten büyük olması ise sırasıyla hata terimlerinin normal dağılım sergilediği ve model kurma hatasının olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Tahmin edilen ARDL modelinin kararlılığını incelemek ve modelde yapısal kırılma olup olmadığının araştırılması için CUSUM ve CUSUM-SQ testleri yapılmıştır.



Grafik 4.6. Aydınlatma Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Grafik 4.6'ya bakıldığında, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum ARDL modelindeki parametrelerin kararlı (istikrarlı) olduğu ve modelde yapısal değişimin olmadığı şeklinde ifade edilebilir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerini incelemek üzere ARDL modeli kurulması aşamasına geçilebileceğine karar verilmiştir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edildikten sonra ikinci aşama olarak uzun dönemli ilişkiyi gösteren parametreler tahmin edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.17'de verilen aydınlatma elektrik talebi modelini aşağıdaki denklemle gösterebiliriz.

$$LAET = 76,752 - 2,782LBYU + 0,615LOYU + 0,491KO - 3,249LYEKKG + 3,774LGSYH$$

Tablo 4.17. Aydınlatma Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
LBYU	-2,7822	-4,0865	0,0027
LOYU	0,6146	3,7380	0,0046
KO	0,4909	5,1677	0,0006
LYEKKG	-3,2485	-3,0998	0,0127
LGSYH	3,7744	1,8590	0,0960
C	76,7519	-1,7811	0,1086
R²: 0,997	DW: 2,813	F istatistiği: 230,369	P (F ist): 0,000

Tablo 4.17'ye bakıldığında uzun dönemde aydınlatma elektrik talebi ile gayrisafi yurt içi hâsıla arasında %10 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,096<0,10$) ve beklenildiği gibi aynı yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde gelir esnekliği 3,77 olup, bu sonuç aydınlatma elektrik talebinin uzun vadede gelirdeki değişiklikler açısından oldukça esnek olduğunu göstermektedir. Yani, gelirden meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem aydınlatma elektrik talebini %3,77 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Aydınlatma amaçlı elektrik tüketimi yerleşim yerlerindeki kamuya ait çeşitli sosyal tesislerin (park, bahçe vb.), yol ve caddelerin, halka açık alanların aydınlatılmasını kapsamaktadır. Bu alanlarda tüketilen elektriğin maliyeti devlet tarafından karşılanmaktadır. Dolayısıyla devlet gelirlerindeki artışla beraber harcanan elektriğin artması beklenebilecek bir sonuçtur. Bu doğrultuda elektrik fiyatı değişkeninin ise modelde yer almasının bir anlam ifade etmeyeceği düşünülerek modele dâhil edilmemiştir.

Modelde bakıldığında aydınlatma elektrik talebini ciddi oranda etkileyen bölünmüş yol uzunluğu ile aydınlatma elektrik talebi arasında negatif yönlü, bölünmüş yol uzunluğunun aksine otoyol uzunluğu ile elektrik talebi arasında ise pozitif yönlü ve %1 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ($P<0,01$) bir ilişki mevcuttur. Tablo 4.17'de görüldüğü gibi, bölünmüş yol uzunluğunda meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem aydınlatma elektrik talebini %2,78 azalttığı (veya artırdığı) ve otoyol uzunluğundaki meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönemde aydınlatma elektrik talebini %0,61 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Otoyollarda

yoğun bir ışıklandırma kullanıldığı ve bölünmüş yollarda bunun tersi olduğu göz önüne alınırsa modelden ele edilen bulguların beklenen sonuçlar olduğu ifade edilebilir.

Aydınlatma elektrik talebini etkileyen bir diğer faktör ise refah seviyesinin bir göstergesi olarak modele dâhil edilen kentleşme oranı değişkenidir. 0,49 katsayı değeri ve $P=0,000<0,01$ sonucuna bakılarak aydınlatma elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında iktisadi açıdan pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Buna göre, kentleşme oranındaki %1’lik artış, aydınlatma elektrik talebini %0,49 artıracaktır. Ekonomik ilerlemenin dolayısıyla şehirlerdeki sosyal yaşam alanlarının ve etkinliklerin artması aydınlatmada kullanılan elektrik tüketimini artıracaktır.

Tablo 4.17’de görüldüğü üzere, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile aydınlatma elektrik talebi arasında negatif (-3,25) ve istatistiki açıdan %5 önem düzeyinde ($P=0,01<0,05$) anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi bağlamında yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün aydınlatma elektrik talebi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu şeklinde yorumlanabilir. Başka bir deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelen %1’lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem aydınlatma elektrik talebinde %3,25 azalışa (veya artışa) neden olacağı şeklinde ifade edilebilir. Bu etkinin bu oranda büyük olması aydınlatma sektöründe elektriğin doğrudan ve sürekli kullanımına bağlanabilir.

Son olarak, uzun dönemli ilişkiden elde edilen bir hata düzeltme terimini de (HDT) içeren hata düzeltme modeli ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiştir. Bu hata düzeltme terimi aydınlatma elektrik talebindeki sapmaların uzun dönemde nasıl bir seyir izlediğini ifade etmektedir. Bu anlamda aydınlatma elektrik talebi modelinin kısa dönem sonuçları Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. Aydınlatma Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
D(LBYU)	-0,7778	-8,4451	0,0000
D(LBYU(-1))	0,5859	5,2604	0,0005
D(LOYU)	-0,4463	6,9072	0,0001
D(LOYU(-1))	-0,0205	-0,4907	0,6353
D(LOYU(-2))	-0,1463	-3,0256	0,0143
D(KO)	0,1868	6,7659	0,0001
D(LYEKKG)	0,0932	0,6048	0,5602
D(LYEKKG(-1))	0,3052	1,6094	0,1420
D(LYEKKG(-2))	2,0682	8,3980	0,0000
D(LGSYH)	0,6198	5,1836	0,0006
D(LGSYH(-1))	-0,5889	-6,1472	0,0002
D(LGSYH(-2))	-0,5689	-5,4087	0,0004
HDT (-1)	-0,3765	-9,9094	0,0000

Kısa dönem sonuçlarına bakıldığında, teorik olarak beklentilere uygun ve istatistiki açıdan anlamlı olan değişkenler arasında aydınlatma elektrik talebi üzerinde kısa vadede en etkili faktörün bölünmüş yol uzunluğu olduğu görülmektedir. Bölünmüş yol uzunluğunda meydana gelen %1’lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem aydınlatma elektrik talebini %0,77 azalttığı (veya artırdığı) ifade edilebilir. Kentleşme oranı değişkeninin uzun dönemde olduğu gibi kısa dönemde de aydınlatma elektrik talebi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirtilebilir. Kentleşme oranındaki %1’lik artışın kısa dönemde aydınlatma elektrik talebini %0,19 artırdığı söylenebilir.

Modelin kısa dönem gelir esnekliği (0,6) olup, gelirin elektrik talebini pozitif yönde etkilediği ve bu etkinin istatistiki açıdan %1 önem seviyesinde anlamlı olduğu ($P=0,0006 < 0,01$) tespit edilmiştir. Buna göre, gelirde meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem aydınlatma elektrik talebini %0,6 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Bu durum aydınlatma sektörü elektrik talebinin gelirdeki değişimlere nispeten duyarlı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin katsayısına bakıldığında (0,093), kısa dönemde aydınlatma elektrik talebi üzerinde etkisinin neredeyse olmadığı

ve istatistiki açıdan da %10 önem düzeyinde dahi anlamsız olduğu ($P=0,560>0,10$) tespit edilmiştir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin henüz istenilen seviyede olmadığı için bu sektör bazında kısa dönem etkisinin net olarak görülemediği şeklinde yorumlanabilir.

Hata düzeltme terimi katsayısının (-0,376) işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde anlamlı olduğu ($P=0,000<0,01$) tespit edilmiştir. Bu sonuç, meydana gelecek olağanüstü bir durumun aydınlatma elektrik talebinde kısa dönemde neden olduğu dengesizliğin her yıl %37'lik kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesine ulaşılabileceğini ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun 2,7 yıl sonra giderilebileceği söylenebilir.

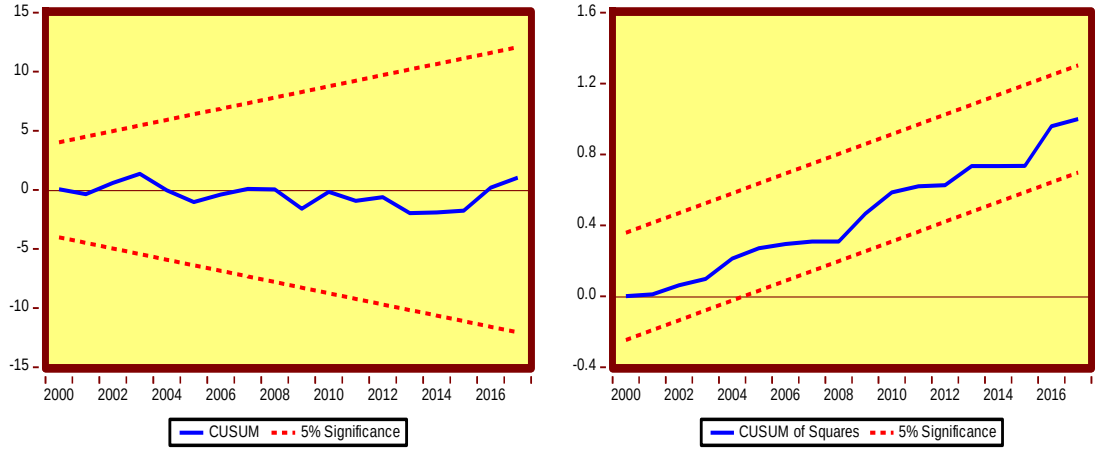
4.1.2.6. Toplam Elektrik Talebi Tahmini

Türkiye'nin Toplam elektrik talebi modelinde, ARDL modelinin ilk aşaması olarak uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi için maksimum gecikme sayısı 2 olarak belirlenmiş ve değişkenler farklı gecikme kombinasyonları ile test edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bilgi kriterine göre (SIC) en uygun model olarak ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) modeli tahmin edilmiştir. Daha sonra belirlenen uygun gecikme uzunluğu göz önünde bulundurularak değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı incelenmiştir. Tablo 4.19'da görüldüğü üzere, modelde hesaplanan F istatistik değeri %5 önem düzeyinde üst sınır değerinden büyük ($4,51>3,38$) olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiş, yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 4.19. Toplam Elektrik Talebi ARDL Sınır Testi Sonuçları

<i>Bağımlı Değişken</i>	<i>Toplam Elektrik Talebi (LTET)</i>	
<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Ortalama Elektrik Fiyatı (LOEF)</i>	
	<i>Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (LGSYH)</i>	
	<i>Kentleşme Oranı (KO)</i>	
	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kurulu Gücü (LYEKKG)</i>	
	<i>Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklığı (LTOS)</i>	
<i>Uygun Gecikme Uzunluğu</i>	<i>(1, 0, 1, 2, 0, 0)</i>	
<i>F İstatistik Değeri</i>	4,5198	
<i>Önem Düzeyi</i>	<i>Kritik Değer</i>	
	<i>Alt Sınır</i>	<i>Üst Sınır</i>
<i>% 5</i>	2,39	3,38
<i>Tanısal Testler</i>	<i>İstatistikler</i>	<i>P Değeri</i>
<i>Breusch-Godfrey LM Testi</i>	0,6807	0,5203
<i>Breusch-Pagan-Godfrey Testi</i>	0,6683	0,7268
<i>Jarque-Bera Testi</i>	0,7062	0,7024
<i>Ramsey Reset Testi</i>	0,0048	0,9451

Tahmin edilen ARDL (1, 0, 1, 2, 0, 0) modeli için tanısal test sonuçları Tablo 4.19’da sunulmuştur. Breusch-Godfrey LM test istatistiğine ait P değeri (0,5203) ve Breusch-Pagan-Godfrey test istatistiğine ait P değeri (0,7268) 0,05’ten büyük oldukları için modelde sırasıyla otokorelasyon (ardışık bağımlılık) ve değişen varyans sorununun olmadığı ifade edilebilir. Ayrıca Jarque-Bera test istatistiğine ait P değerinin (0,7024) ve Ramsey Reset test istatistiğine ait P değerinin (0,9451) 0,05’ten büyük olması ise sırasıyla hata terimlerinin normal dağılım sergilediği ve model kurma hatasının olmadığı şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca tahmin edilen ARDL modelinin kararlılığını incelemek ve modelde yapısal kırılma olup olmadığının araştırılması için CUSUM ve CUSUM-SQ testleri yapılmıştır.



Grafik 4.7. Toplam Elektrik Talebi için Cusum ve Cusum-SQ Grafiği

Grafik 4.7 incelendiğinde, CUSUM ve CUSUM-SQ testi sonuçlarına göre model artıklarının %5 anlamlılık düzeyinde kritik sınırlar içinde kaldığı görülmektedir. Bu durum ARDL modelindeki parametrelerin kararlı olduğu ve modelde yapısal değişimin olmadığı şeklinde ifade edilebilir. Elde edilen tüm bu istatistiki sonuçlar doğrultusunda kısa ve uzun dönem ilişkilerini belirlemek üzere ARDL modeli kurulabileceği belirlenmiştir.

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı belirlendikten sonra ikinci aşamada uzun dönemli ilişkileri yansıtan parametreler tahmin edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait uzun dönem katsayıları Tablo 4.20 de verilen toplam elektrik talebi modelini aşağıdaki denklemle gösterebiliriz.

$$LTET = -3,746 - 0,115LOEF + 0,387LGSYH + 0,104KO - 0,317LYEKKG + 0,425LTOS$$

Tablo 4.20. Toplam Elektrik Talebi Uzun Dönem Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	P değeri
LOEF	-0,1146	-2,8714	0,0102
LGSYH	0,3870	2,6993	0,0147
KO	0,1038	10,2292	0,0000
LYEKKG	-0,3173	-6,8644	0,0000
LTOS	0,4245	2,4990	0,0224
C	-3,7464	-1,2152	0,2400
R²: 0,999	DW: 2,24	F istatistiği: 4076,483	P (F ist): 0,000

Tablo 4.20 incelendiğinde, uzun dönemde ortalama elektrik fiyatı ile toplam elektrik talebi arasında %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0102<0,05$) ve iktisadi beklentilere uygun (negatif) bir ilişki olduğu görülmektedir. Çalışma dönemi içerisinde toplam elektrik talebinin fiyat esnekliği -0,11 'dir. Başka bir ifadeyle, toplam elektrik fiyatında meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebinde %0,11 azalışa (veya artışa) neden olduğu söylenebilir. Modelde toplam elektrik talebi ile gayrisafi yurtiçi hâsıla arasında ise %5 önem düzeyinde istatistiki açıdan anlamlı ($P=0,0147<0,05$) ve beklenildiği gibi pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde gelir esnekliği 0,39 olup, bu sonuç toplam elektrik talebinin uzun vadede gelirdeki değişikliklere nispeten duyarlı olmadığı anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, gelirden meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebini %0,39 artırdığı (veya azalttığı) ifade edilebilir. Bu durum elektrik talebinin uzun vadede elektrik fiyatı ve gelirdeki değişiklikler açısından pek esnek olmadığını anlamına gelebilir. Elektrik talebinin, genel anlamda temel bir ihtiyaç olması bakımından bu durum beklenebilecek bir sonuçtur. Bunun bir başka nedeni olarak elektriğin ikame enerji eksikliği gösterilebilir. Bu durum, elektrik fiyatı veya gelirdeki değişiklikler karşısında, ikame imkânının olmaması nedeniyle elektrik tüketimine devam edileceği şeklinde yorumlanabilir.

Toplam elektrik talebini en çok etkileyen faktör, mesken ve sanayi sektörlerinin elektrik talebinde de olduğu gibi 0,43 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkenidir. Bu değişken, bağımlı değişken toplam elektrik talebi ile aynı yönlü ve %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ($P=0,0224<0,05$) bir ilişkiye sahiptir. Bu sonuç, hava koşullarının toplam elektrik talebi üzerinde önemli bir etkisi olduğu şeklinde yorumlanabilir. Elektrik konutlarda sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında serinleme (klima) amaçlı yoğun bir şekilde kullanılmakta iken, sanayide ise endüstriyel makinelerin çalışması nedeniyle yüksek ortam sıcaklığı ve iç havayı temizlemek için havalandırma amaçlı ve endüstriyel soğutucu olarak kullanılmaktadır. Diğer sektörlerde bu amaçlarla kullanım oranı nispeten daha az olduğu için bu sektörlerdeki elektrik talebi üzerinde hava koşullarının daha az etkili veya etkisiz olduğu söylenebilir. Genel anlamda elektriğin bahsi geçen amaçlar için kullanımının özellikle yaz aylarında toplam elektrik talebini artırdığı ifade edilebilir.

Ekonomik gelişimin bir göstergesi olarak modele dâhil edilen kentleşme oranı değişkeninin 0,10 katsayı değeri ve $P=0,000 (< 0,01)$ değerine bakarak toplam elektrik talebi ile arasında iktisadi açıdan pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Ekonomik gelişime paralel olarak artan teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak elektrikli aletlerin çeşitliliği ve kullanımı ne kadar artarsa, elektrik talebinin o kadar artacağı şeklinde yorumlanabilir. Doğalgazın hemen hemen tüm sektörlerde kullanıldığı göz önüne alınarak, sektörler bazında kurulan modellerde olduğu gibi toplam elektrik talebi modelinde de elektrik yerine ikame yakıt olarak doğalgazın fiyatı da bağımsız değişken olarak modele katılmış ancak istatistiki açıdan anlamlı olmadığından modelden çıkarılmıştır. Bu durumda doğalgazın bir bütün olarak elektriğin yerini tutmadığı ifade edilebilir.

Yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla toplam elektrik talebi modeline bağımsız değişken olarak dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün toplam elektrik talebi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu anlamda elde edilen sonuca göre (-0,3173), yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile toplam elektrik talebi arasında negatif yönlü ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Buna göre, yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünde meydana gelen %1'lik bir artışın (veya azalışın), uzun dönem toplam elektrik talebinde %0,32 azalışa (veya artışa) neden olduğu ifade edilebilir. Bu sonuç yenilenebilir enerji kaynaklarının gerek yüksek maliyet gerektiren teknolojiler gerekse geliştirilen politikaların eksik ve yetersiz oluşu gibi nedenlerden dolayı ülkemizde henüz istenilen düzeyde kullanılmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin katsayıları tahmin edilip ve katsayılar hakkında değerlendirmeler yapıldıktan sonra, son olarak hata düzeltme modeli ile kısa dönem parametreleri tahmin edilmiş ve sonuçlar 4.21'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Toplam Elektrik Talebi Kısa Dönem Tahmin Sonuçları

<i>Değişkenler</i>	<i>Katsayılar</i>	<i>t istatistiği</i>	<i>P değeri</i>
<i>D(LOEF)</i>	-0,0455	-2,4561	0,0244
<i>D(LGSYH)</i>	0,5459	9,9359	0,0000
<i>D(KO)</i>	0,0198	0,7909	0,4393
<i>D(KO(-1))</i>	-0,1156	-3,8427	0,0012
<i>D(LYEKKG)</i>	-0,1701	-3,6486	0,0018
<i>D(LTOS)</i>	0,2059	3,5773	0,0022
<i>HDT (-1)</i>	-0,5510	-8,5039	0,0000

Tablo 4.21’den de görüldüğü gibi kısa dönemde elektrik fiyatı değişkeni, %5 önem düzeyinde ($P=0,02<0,05$) istatistiki açıdan anlamlı olsa da kısa dönem fiyat esnekliği ($-0,05$) oldukça küçüktür. Bu sonuç uzun dönemde olduğu gibi tüketicilerin kısa dönemde de elektrik fiyatındaki değişikliklere pek duyarlı olmadıklarını göstermektedir. Modelin kısa dönem gelir esnekliği (0,6) olup beklenildiği gibi gelirin toplam elektrik talebini pozitif yönde etkilediği ve bu etkinin istatistiki açıdan %1 önem seviyesinde anlamlı olduğu ($P=0,00<0,01$) tespit edilmiştir. Buna göre, gelirde meydana gelecek %1’lik bir artışın (veya azalışın), kısa dönem toplam elektrik talebini %0,6 artırdığı (veya azalttığı) söylenebilir. Bu sonuçlar toplam elektrik talebinin fiyat ve gelirdeki değişimler açısından kısa dönemde pek esnek olmadığı şeklinde yorumlanabilir

Kısa dönemde 0,21 katsayısı ile temmuz ayı ortalama sıcaklık değişkeni toplam elektrik talebiyle aynı yönlü bir ilişkiye sahip ve istatistiki açıdan anlamlıdır ($P=0,0022<0,01$). Bu durumda, hava koşullarının kısa dönemde de toplam elektrik talebini etkilediği söylenebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin toplam elektrik talebi üzerindeki etkisi kısa dönemde de uzun dönem bulgularını destekler niteliktedir. Bu anlamda elde edilen sonuç (-0,17) yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü ile toplam elektrik talebi arasında kısa dönemde de negatif ve istatistiki açıdan %1 önem düzeyinde ($P=0,00<0,01$) anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. 0,02 katsayı değeri ve $P=0,4393 (> 0,10)$ değerine bakarak toplam elektrik talebi ile kentleşme oranı arasında kısa dönemde istatistiksel olarak %10 önem düzeyinde dahi anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir.

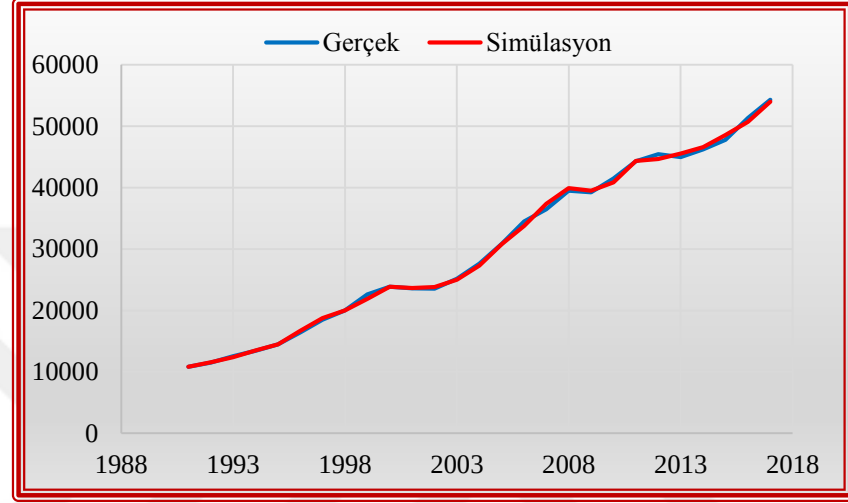
Hata düzeltme terimi katsayısının (-0,55) işareti beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde ($P=0,000<0,01$) anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç, kısa dönem toplam elektrik talebinde meydana gelecek olağanüstü bir durum veya dengesizliğin (politika değişikliği, doğal afetler gibi etkenlerden kaynaklanan) her yıl %55'lik kısmının düzeltilerek uzun dönem dengesinin sağlanabileceğini göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, bu dönemde yaşanacak bir şokun yaklaşık 1,8 yıl sonra atlatılabileceği söylenebilir.

4.2. TÜRKİYE'DE SEKTÖRLER İTİBARIYLA YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKA(LARININ) SONUÇLARININ SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE ÖNGÖRÜSÜ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

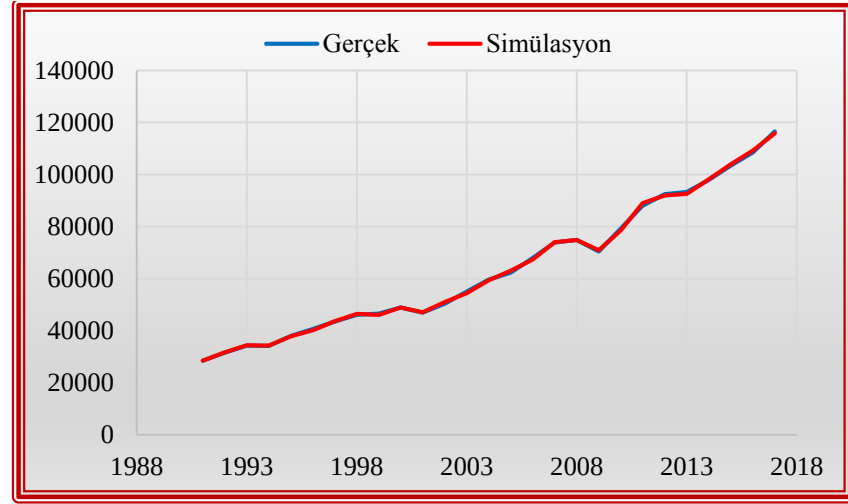
Enerji kaynaklarının arz-talep analizi, enerji politikalarının belirlenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Politika perspektifinden değerlendirildiğinde, planlayıcıların çeşitli sektörlerin enerji ihtiyacını daha verimli bir şekilde yönetebilmeleri için enerji talebinin ana belirleyicileri hakkında yeterli bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Edinilen bilgilerle yapılacak planlama ve verilecek kararlar neticesinde önceden politika oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirmek amacıyla simülasyon yaklaşımını kullanan bu çalışma, Türkiye'de elektrik enerjisi talebini hem toplam hem de sektörel bazda incelemiştir. Bu doğrultuda öncelikle, ekonometrik modeller yardımıyla elektrik enerjisi talebini belirleyen ana etkenler ortaya konulmuştur. Daha sonra, kurulan modeller aracılığıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hazırlanan farklı yenilenebilir enerji politika senaryoları 2023 yılına kadar simüle edilmiştir. Simülasyon aşamasına geçilmeden önce, tahmin denklemlerin performansının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, elektrik talebi değerleri tahmin modelleri vasıtasıyla gerçek veriler kullanılarak tahmin edilmiştir. Tahmin verilerinin grafiği gerçek verilere yakın bir şekilde hareket ediyorsa ve sonuçlar gerçek verilerden önemli bir sapma göstermiyorsa, tahmin edilen modelin performansının iyi olduğuna ve tahmin için kullanılabileceğine karar verilebilir.

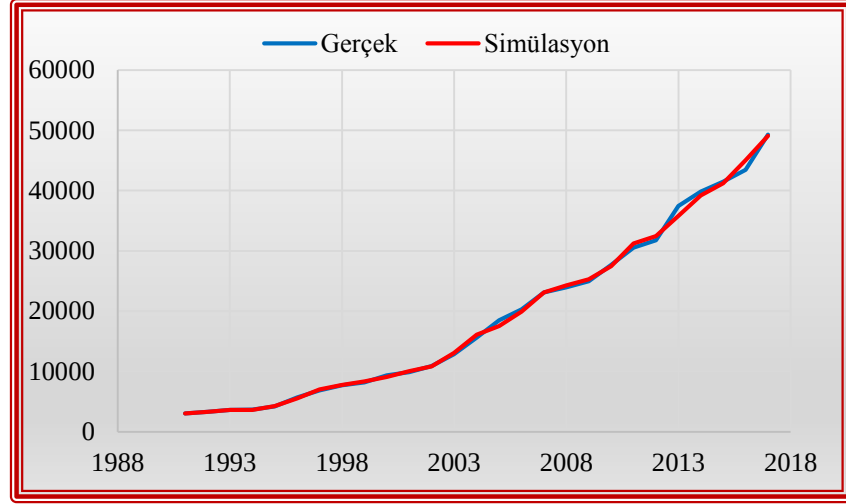
Aşağıdaki grafiklerde tahmin modellerinde kullanılan bağımlı değişkenlerin gerçek ve simülasyon değerlerinin zaman seyirleri gösterilmiştir. Grafik 4.8'den 4.13'e kadar gösterilen serilerin tarihsel gelişimleri; gerçek ve simülasyon değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda uzun dönemde, simülasyon değerlerinin gerçek değerleri oldukça iyi bir şekilde temsil edeceği ifade edilebilir.



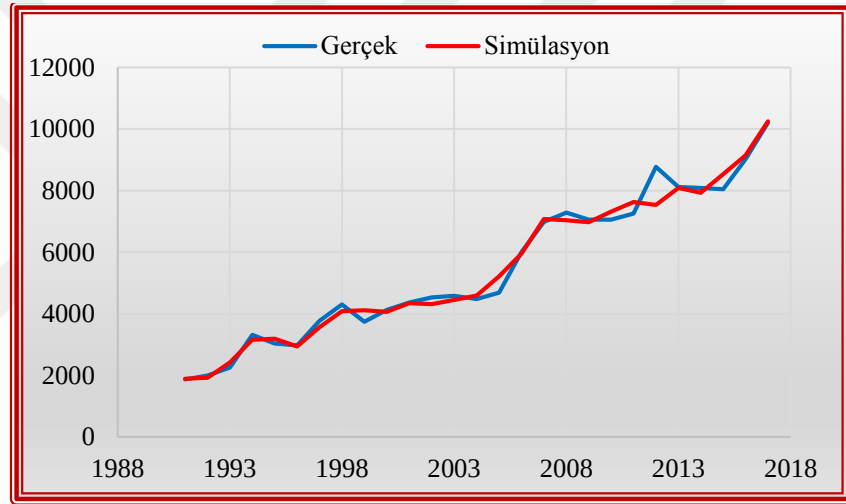
Grafik 4.8. Mesken Elektrik Talebi Simülasyonu



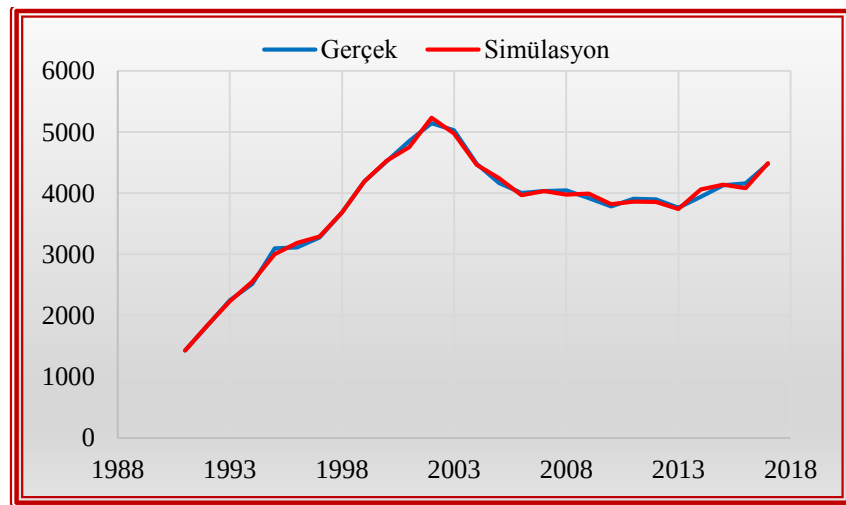
Grafik 4.9. Sanayi Elektrik Talebi Simülasyonu



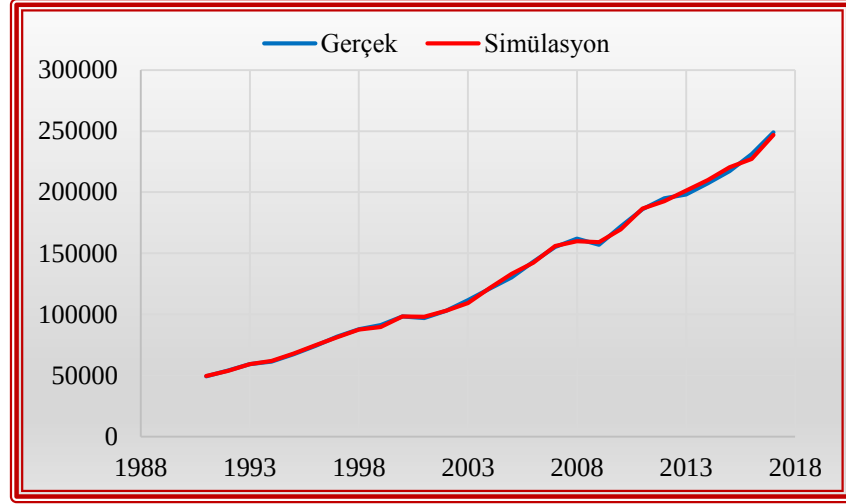
Grafik 4.10. Ticarethane Elektrik Talebi Simülasyonu



Grafik 4.11. Resmi Daire Elektrik Talebi Simülasyonu



Grafik 4.12. Aydınlatma Elektrik Talebi Simülasyonu



Grafik 4.13. Toplam Elektrik Talebi Simülasyonu

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere, tüm tahminler gerçek verilere çok yakın hareket etmektedir. Tahmin modellerinin bu iyi uyumu göz önünde bulundurularak, sektörlere yönelik oluşturulan senaryolar sonraki başlıkta açıklanacaktır.

Çalışmada kullanılan toplam elektrik talebi modelinin performansını bir başka yönden değerlendirme adına sonuçları itibarıyla karşılaştırma yapabileceğimiz bazı çalışmalar şöyle tanıtılabilir: Yiğit (2011), genel algoritma yöntemini kullanarak Türkiye net elektrik enerjisini 2020 yılına kadar tahmin etmiştir. Çalık ve Şirin (2017), Türkiye’deki elektrik enerjisi ihtiyacının matematiksel bir modellemesini oluşturmuş ve bu modelleme yardımıyla 2037 yılına kadar net elektrik tüketimine ait öngöründe bulunmuşlardır. Ayvaz ve Kuşakçı (2017), Türkiye’deki yıllık net elektrik tüketimini modellemek ve tahmin etmek için üç farklı gri tahmin modeli kullanmışlardır. Bu üç model arasından en iyi yaklaşım olan Homojen Olmayan Ayrık Gri Modeli (NDGM) ile 2014-2030 yılları arasında Türkiye’nin elektrik tüketimini tahmin etmişlerdir.

2017 ve 2018 yıllarında Türkiye’de gerçekleşen elektrik tüketimleri, mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılan diğer çalışma sonuçları Tablo 4.22’de özetle sunulmuştur.

Tablo 4.22. Türkiye Toplam Elektrik Tahmininde Mevcut Çalışma ile Diğer Çalışmaların Sonuçlarının Karşılaştırılması

	Gerçekleşen	Mevcut Çalışma		Yiğit (2011)		Çalık ve Şirin (2017)		Ayvaz ve Kuşakçı (2017)	
	TWh	TWh	(% Sapma)	TWh	(% Sapma)	TWh	(% Sapma)	TWh	(% Sapma)
2017	249,0	246,7	-0,2	361,4	45,6	237,1	-3,9	259,4	4,2
2018	258,2	258,0	-0,1	289,2	12,1	247,4	-4,1	274,5	6,3

Tablo 4.22 incelendiğinde; Yiğit (2011), Türkiye'nin net elektrik tüketimini tahmin ettiği 2017 yılı için gerçek değerlerden önemli oranda (%45,6) uzak kalırken, 2018 yılı için yaptığı tahminde nispeten gerçeğe daha yakın sonuç (289,2 TWh) elde etmiştir. 2017 ve 2018 yılı için mevcut çalışma haricinde en iyi tahmini sırasıyla %3,9 ve %4,1 sapma oranlarıyla Çalık ve Şirin (2017) yapmıştır. Tablodan da görüldüğü üzere, mevcut çalışma her iki yıl için sırasıyla %0,2 ve %0,1 gibi çok küçük sapma oranlarıyla gerçekleşen değerlere en yakın tahmin sonuçlarını elde etmiştir. Tabloda görülen farklı sonuçların nedenleri arasında; tahmin modelleri için kullanılan değişkenler, tahmin yöntemleri ve çalışmaların kapsadıkları dönem farklılıkları sayılabilir. Sonuç itibarıyla, bu çalışmada oluşturulan toplam elektrik modelinin performans olarak Türkiye geneli için uygun bir tahmin edici model olduğu söylenebilir.

4.2.1. Senaryolar

Modellerin tatmin edici performansı, farklı sektörlerde gelecekteki elektrik tüketim miktarlarını tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çerçevede her bir bağımsız değişken için en olası senaryolar oluşturulması gerekmektedir. Çalışmada Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının simülasyon yaklaşımıyla değerlendirilmesi amacıyla, oluşturulan elektrik enerjisi talep modellerine bağımsız değişken olarak dahil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeni referans alınarak senaryolar oluşturulmuştur. Senaryolarımızın temel çıkış noktasını Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hedeflenen yenilenebilir enerji politikaları oluşturmaktadır. Bu anlamda oluşturulan baz, düşük ve yüksek senaryoları aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz:

Baz senaryo (YEKKG): Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı 2019-2023 stratejik planında Amaç (A1) tablosunda yer alan yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle) kurulu gücü (YEKKG) hedeflerinden oluşmaktadır (ETKB, 2019). Bu hedefler doğrultusunda, Türkiye'nin yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güç içerisindeki payının artırılması amaçlanmıştır. Bu hedeflere 2023 yılı için değinecek olursak: 2023 yılında güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün 10.000 MW, rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün 11.883 MW, hidroelektrik enerjiye dayalı elektrik kurulu gücünün 32.037 MW, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisine dayalı elektrik kurulu gücünün 2.884 MW'a ulaşması planlanmıştır. Genel anlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün 2023 yılında 56.804 MW olması hedeflenmiştir.

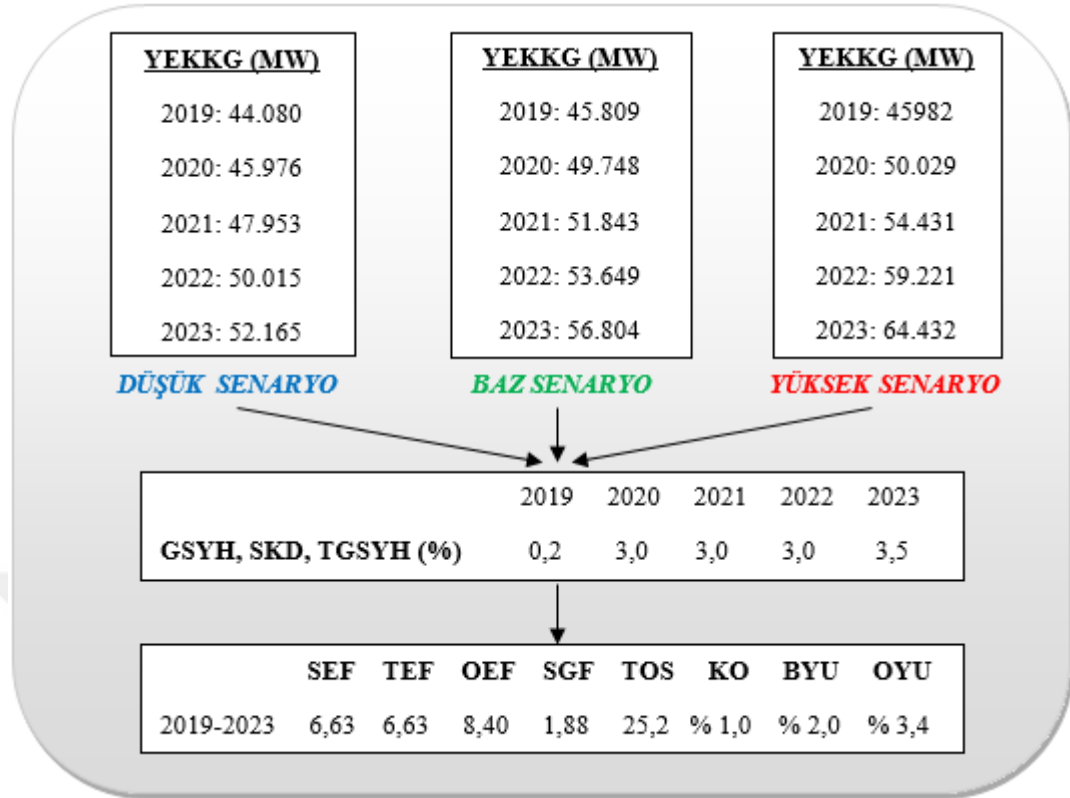
Düşük senaryo (YEKKG): Çalışmanın kapsadığı zaman aralığında, yenilenebilir enerji politikalarının uygulanmadığı 1988-2004 dönemi içerisinde YEKKG'deki ortalama artış oranı (%4,3) 2018 yılı temel alınarak her yıl için kullanılmıştır.

Yüksek senaryo (YEKKG): Çalışmada incelenen dönem içerisinde, yenilenebilir enerji politikalarının uygulanmaya başlandığı ve devam ettiği 2005-2017 yılları arasında YEKKG'deki ortalama artış oranı (%8,8) her yıl için uygulanmıştır (Temel yıl: 2018).

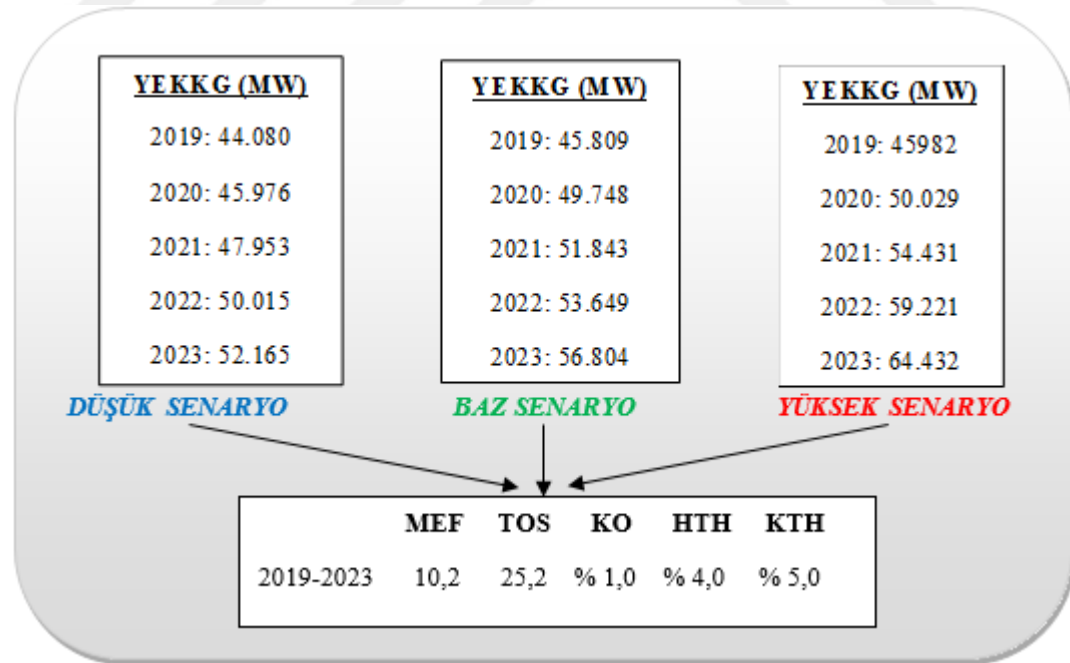
Diğer bağımsız değişkenler için kullanılan senaryolar şu şekildedir: Gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYH), sanayi katma değeri (SKD) ve ticaretin gayri safi yurtiçi hâsıla içerisindeki payı (TGSYH) değişkenleri için Aralık 2019'da Türkiye için IMF tarafından yayınlanan 19/395 no'lu ülke raporunda Tablo 1'de Seçilmiş Ekonomik Göstergeler başlığı altında gösterilen reel GSYH büyüme oranları kullanılmıştır. Bu raporda Türkiye'nin GSYH büyüme oranı 2019 yılı için %0,2 olarak tahmin edilirken, 2023 yılına kadar olan dönemde %3 ve 2023 yılında ise %3,5 olarak belirlenmiştir. Hane halkı tüketim harcaması (HTH) ve kamu tüketim harcaması (KTH) değişkenleri için sırasıyla örneklem dönemi (1988-2017) ortalama artış oranları olan %4 ve %5 değerleri kullanılmıştır. Öngörü dönemini kapsayan her yıl için belirtilen oranlarda yıllık artış uygulanmıştır. Kentleşme oranı (KO), bölünmüş yol uzunluğu (BYU) ve otoyol uzunluğu (OYU) değişkenleri için örneklem dönemi son 5 yıllık ortalama artış oranları kullanılmıştır. Bu oranlar KO için %1, BYU için %2 ve OYU değişkeni için ise %3,4

olarak belirlenmiştir. Mesken elektrik fiyatı (MEF), sanayi elektrik fiyatı (SEF), ticarethane elektrik fiyatı (TEF), ortalama elektrik fiyatı (OEF), sanayi doğalgaz fiyatı (SGF) ve temmuz ayı ortalama sıcaklık değeri (TOS) değişkenleri için örneklem dönemi son 5 yıllık ortalama değerleri öngörü dönemi boyunca sabit alınmıştır. Bu değerler MEF için 10,2 (pence/kWh), SEF ve TEF değişkenleri için 6,63 (pence/kWh) ve OEF için 8,40 (pence/kWh) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca SGF (pence/kWh) için bu değer 1,88 olarak alınırken, TOS değişkeni için son beş yıllık ortalama olan 25,2 °C değeri kullanılmıştır. Çalışmada incelenen sektörlerin elektrik talebi tahmin varsayımları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de özetle sunulmuştur.





Şekil 4.1. Sanayi, Ticarethane, Aydınlatma ve Toplam Model Varsayımları



Şekil 4.2. Mesken ve Resmi Daire Model Varsayımları

4.2.2. Mesken Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde, ARDL yaklaşımıyla Mesken sektörü elektrik talebiyle ilgili 2019-2023 dönemi için öngörülerde bulunulmuştur. Çalışmada öngörüler baz, düşük ve yüksek senaryo varsayımından hareketle yapılmıştır. Daha önce açıklanan varsayımlar dikkate alınarak mesken elektrik talebine ilişkin senaryolar Tablo 4.23'te özetlenmiştir.

Tablo 4.23. Mesken Elektrik Talebi Senaryoları

<i>Senaryo</i>	YEKKG	MEF	HTH	TOS	KO
<i>Düşük</i>	%4,3	10,2 (pence/kWh)	4 (%)	25,2 (°C)	1 (%)
<i>Baz</i>	ETKB				
<i>Yüksek</i>	%8,8				

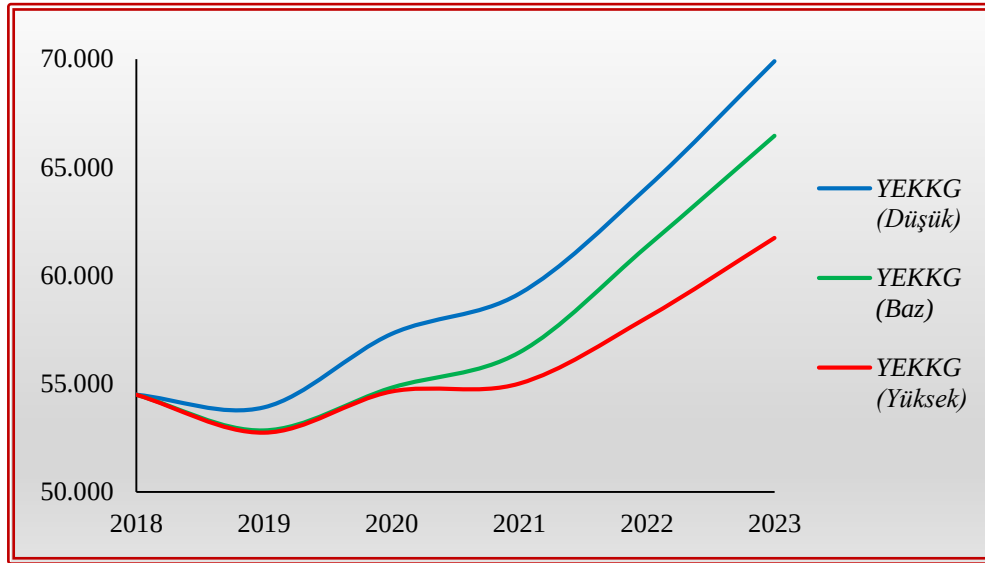
Şekil 4.1 ve 4.2'de görüldüğü üzere, çalışmanın konusu olan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirme amacıyla modellere dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü (YEKKG) değişkeni, bütün modellerde her üç senaryonun da ilk aşamasını oluşturmaktadır. Tablo 4.23'e bakıldığında, ilk aşamada baz senaryo olarak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) ETKB tarafından hazırlanan 2019-2023 stratejik planında yer alan YEKKG hedefleri kullanılmıştır. 2018 yılı YEKKG değeri temel alınarak, düşük senaryoda her yıl için %4,3 artış, yüksek senaryoda ise %8,8 artış uygulanmıştır. İkinci aşama, hazırlanan her üç senaryo içinde aynı şekilde devam etmektedir. MEF ve TOS değişkenleri için sırasıyla örneklem dönemi son beş yıl ortalamaları olan 10,2 ve 25,2 değerleri öngörü döneminin her yılı için sabit alınmıştır. HTH (gelir) için örneklem dönemi ortalama artış oranı %4, KO değişkeni için ise örneklem dönemi son beş yıllık ortalama artış oranı %1 kullanılmıştır. Bu senaryolar doğrultusunda Türkiye'nin mesken sektörü elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.24'te ve Grafik 4.14'te gösterilmiştir.

Tablo 4.24. Mesken Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

<i>Senaryolar</i>	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	54.487 *		54.487 *		54.487 *	
2019	53.901	-1	52.837	-3	52.733	-3
2020	57.296	6	54.811	4	54.635	4
2021	59.151	3	56.437	3	55.001	1
2022	64.051	8	61.333	9	58.044	6
2023	69.899	9	66.449	8	61.734	6
2018	54.487 *	28,3	54.487 *	22,0	54.487 *	13,3
2023	69.899		66.449		61.734	

* Gerçek Değer

Tablo 4.24' e bakıldığında, Türkiye'de mesken elektrik talebi 2018 yılı için 54.487 GWh olarak gerçekleşmiştir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer düşük senaryo için %28,3 artışla 69,899 GWh, baz senaryo için %22,0 artışla 66.449 GWh ve yüksek senaryo için %13,3 artışla 61.734 GWh olacağı tahmin edilmiştir.

**Grafik 4.14.** Mesken Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)

4.2.3. Sanayi Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Bu kısımda; baz, düşük ve yüksek senaryo varsayımından hareketle sanayi elektrik talebiyle ilgili 2019-2023 dönemi için öngörülerde bulunulmuştur. Daha önce açıklanan varsayımlar ışığında sanayi elektrik talebine ilişkin senaryolar Tablo 4.25'te özetle sunulmuştur.

Tablo 4.25. Sanayi Elektrik Talebi Senaryoları

<i>Senaryo</i>	YEKKG	SEF	SKD	TOS	KO	SGF
<i>Düşük</i>	%4,3	6,63 (pence/kWh)	IMF (%)	25,2 (°C)	1 (%)	1,88 (pence/kWh)
<i>Baz</i>	ETKB					
<i>Yüksek</i>	%8,8					

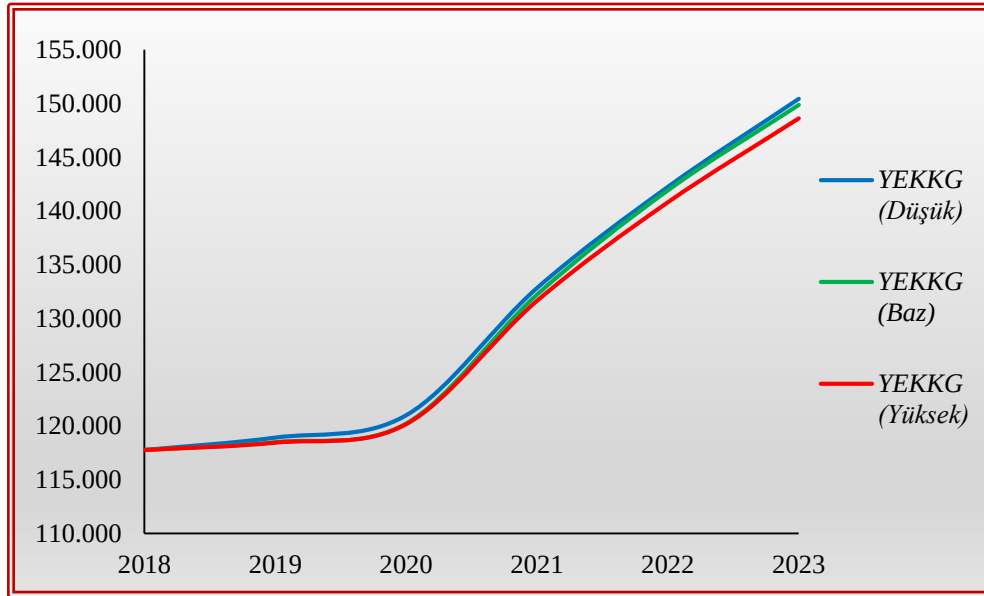
Tablo 4.25 incelendiğinde, baz senaryo olarak ETKB'nin 2019-2023 dönemi için YEKKG hedefleri kullanılırken, 2018 yılı temel alınarak düşük senaryo için YEKKG'de yıllık %4,3 artış, yüksek senaryoda ise yıllık %8,8 artış yapılmıştır. SEF (6,63), SGF (1,88) ve TOS (25,2) örneklem dönemi son beş yıl ortalama değerleri olarak öngörü döneminin her yılı için sabit alınmıştır. Bağımsız değişkenler arasında geliri temsil eden SKD için, IMF tarafından yayınlanan 2019-2023 dönemi için Türkiye'nin reel GSYH'sindeki tahmini büyüme oranları kullanılmıştır (bkz. Şekil 4.1). KO değişkeni için ise örneklem dönemi son beş yıllık ortalama %1 artış oranı her yıl için uygulanmıştır. Bu senaryolar kullanılarak Türkiye'nin sanayi sektörü elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.26'da ve Grafik 4.15'te sunulmuştur.

Tablo 4.26. Sanayi Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

<i>Senaryolar</i>	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	117.754 *		117.754 *		117.754 *	
2019	118.910	1	118.482	1	118.440	1
2020	120.990	2	120.217	1	120.165	1
2021	132.826	10	132.216	10	131.642	10
2022	142.233	7	141.911	7	140.803	7
2023	150.417	6	149.854	6	148.606	6
2018	117.754 *	27,7	117.754 *	27,3	117.754 *	26,2
2023	150.417		149.854		148.606	

* Gerçek Değer

Tablo 4.26’da görüldüğü üzere, Türkiye’de sanayi sektörü 2018 yılı elektrik talebi 117.754 GWh olarak gerçekleşmiştir. Çalışmada yapılan öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer için düşük senaryo için %27,7 artışla 150,417 GWh, baz senaryo için %27,3 artışla 149.854 GWh ve yüksek senaryo için %26,2 artışla 148.606 GWh olacağı tahmin edilmiştir.

**Grafik 4.15.** Sanayi Elektrik Talebi Öngürüsü (2019-2023)

4.2.4. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Ticarethane elektrik talebine yönelik senaryolar Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.27. Ticarethane Elektrik Talebi Senaryoları

Senaryo	YEKKG	TEF	TGSYH	KO
<i>Düşük</i>	%4,3	6,63 (pence/kWh)	IMF (%)	1 (%)
<i>Baz</i>	ETKB			
<i>Yüksek</i>	%8,8			

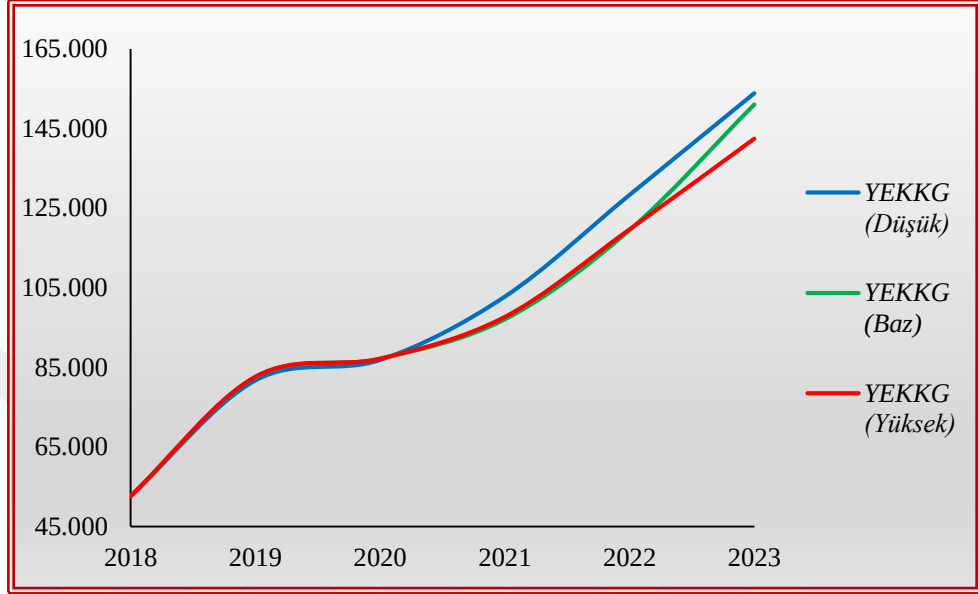
Tablo 4.27’ye göre, baz senaryoda ETKB’nin 2019-2023 dönemi için YEKKG hedefleri, düşük senaryoda YEKKG’de yıllık %4,3 artış, yüksek senaryoda ise yıllık %8,8 artış yapılmıştır. TEF değişkeni için örneklem dönemi son beş yıl ortalama değeri (6,63) öngörü döneminin her yılı için sabit alınmıştır. TGSYH değişkeni için, IMF tarafından yayınlanan Türkiye’nin reel GSYH’sindeki tahmini büyüme oranları kullanılırken (bkz. Şekil 4.1). KO değişkeni için ise örneklem dönemi son beş yıllık ortalama %1 artış oranı her yıl için uygulanmıştır. Ticarethane sektörü elektrik talebi için belirlenen varsayımlar doğrultusunda yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.28’de ve Grafik 4.16’da gösterilmiştir.

Tablo 4.28. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Senaryolar	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	52.679 *		52.679 *		52.679 *	
2019	81.730	55	82.555	57	82.636	57
2020	86.860	6	87.188	6	87.172	5
2021	102.770	18	97.074	11	97.663	12
2022	128.327	25	119.492	23	119.659	23
2023	153.867	20	151.055	26	142.421	19
2018	52.679 *	192,1	52.679 *	186,7	52.679 *	170,4
2023	153.867		151.055		142.421	

* Gerçek Değer

Tablo 4.28 incelendiğinde, 2018 yılında ticarethane sektörü elektrik talebi 52.679 GWh olup, çalışmada elde edilen öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer için düşük senaryo için %192,1 artışla 153.867 GWh, baz senaryo için %186,7 artışla 151.055 GWh ve yüksek senaryo için %170,4 artışla 142.421 GWh olacağı tahmin edilmiştir.



Grafik 4.16. Ticarethane Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)

4.2.5. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Önceki bölümde açıklanan varsayımlar dikkate alınarak Tablo 4.29’da resmi daire elektrik talebine ilişkin senaryolar özet bir şekilde ifade edilmiştir.

Tablo 4.29. Resmi Daire Elektrik Talebi Senaryoları

Senaryo	YEKKG	KTH	KO
<i>Düşük</i>	%4,3	5 (%)	1 (%)
<i>Baz</i>	ETKB		
<i>Yüksek</i>	%8,8		

Tablo 4.29’a bakıldığında, ilk aşamada önceki modellerle aynı şekilde YEKKG senaryoları uygulanmıştır. İkinci aşamada, KTH için örneklem dönemi (1988-2017) ortalama artış oranı %5, KO değişkeni için ise örneklem dönemi son beş yıllık ortalama

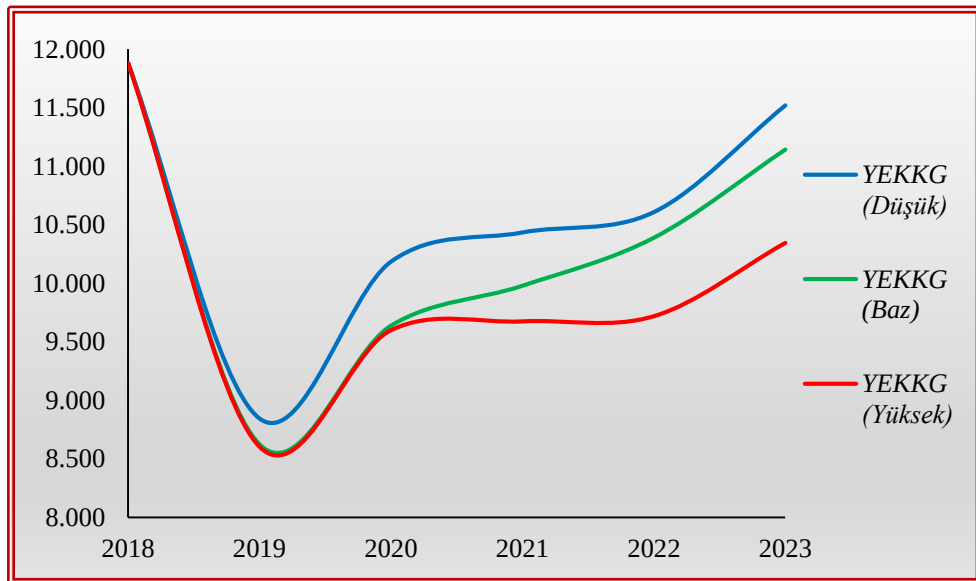
artış oranı %1 kullanılmıştır. Bu senaryolar ışığında resmi daire elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.30’ da ve Grafik 4.17’de sunulmuştur.

Tablo 4.30. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

<i>Senaryolar</i>	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	11.879 *		11.879 *		11.879 *	
2019	8.843	-26	8.624	-27	8.603	-28
2020	10.184	15	9.638	12	9.599	12
2021	10.434	2	9.979	4	9.674	1
2022	10.608	2	10.389	4	9.718	0
2023	11.519	9	11.142	7	10.345	6
2018	11.879 *	-3,0	11.879 *	-6,2	11.879 *	-12,9
2023	11.519		11.142		10.345	

* Gerçek Değer

Tablo 4.30’da gösterildiği gibi, resmi daire elektrik talebi 2018 yılında 11.879 GWh’dir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer düşük senaryo için %3,0 azalarak 11.519 GWh, baz senaryo için %6,2 azalarak 11.142 GWh ve yüksek senaryo için %12,9 azalarak 10.345 GWh olacağı tahmin edilmiştir.



Grafik 4.17. Resmi Daire Elektrik Talebi Öngürüsü (2019-2023)

4.2.6. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Aydınlatma elektrik talebine ilişkin çalışmada kullanılan senaryolar Tablo 4.31’de gösterilmiştir.

Tablo 4.31. Aydınlatma Elektrik Talebi Senaryoları

Senaryo	YEKKG	GSYH	BYU	OYU	KO
<i>Düşük</i>	%4,3	IMF (%)	2 (%)	3,4 (%)	1 (%)
<i>Baz</i>	ETKB				
<i>Yüksek</i>	%8,8				

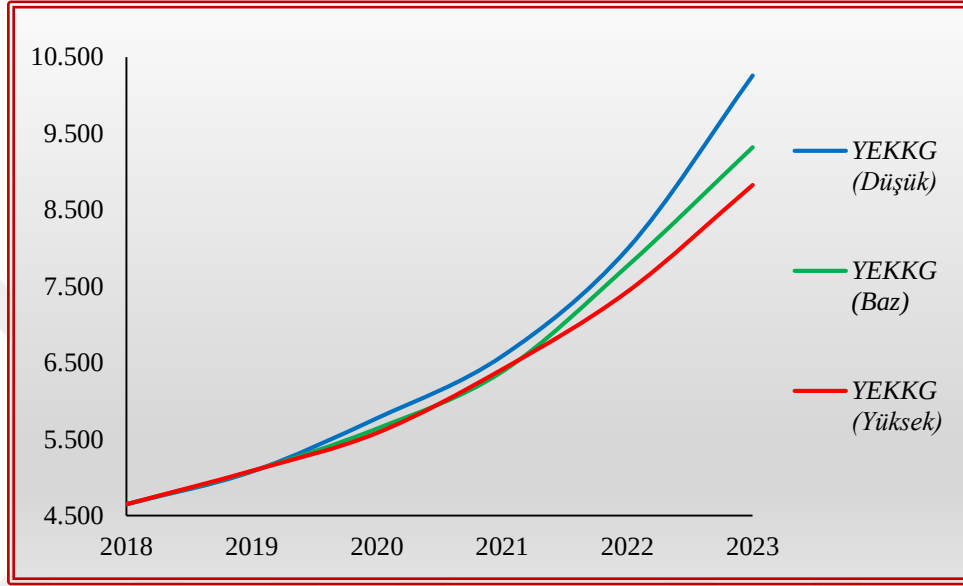
Tablo 4.31’e bakıldığında, baz senaryo olarak ETKB’nin 2019-2023 dönemi için YEKKG hedefleri kullanılırken, 2018 yılı temel alınarak düşük senaryo için YEKKG’de yıllık %4,3 artış, yüksek senaryoda ise yıllık %8,8 artış yapılmıştır. GSYH değişkeni için, 2019-2023 döneminde Türkiye’nin reel GSYH’sindeki IMF’nin tahmini büyüme oranları kullanılmıştır (bkz. Şekil 4.1). BYU için (%2), OYU için (%3,4) ve KO için (%1) örneklem dönemi son beş yıllık ortalama artış oranları her yıl için uygulanmıştır. Bu senaryolar kullanılarak Türkiye’nin aydınlatma sektörü elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.32’de ve Grafik 4.18’de gösterilmiştir.

Tablo 4.32. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Senaryolar	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	4.648 *		4.648 *		4.648 *	
2019	5.075	9	5.082	9	5.085	9
2020	5.774	14	5.637	11	5.581	10
2021	6.586	14	6.382	13	6.414	15
2022	7.989	21	7.766	22	7.432	16
2023	10.258	28	9.318	20	8.827	19
2018	4.648 *	120,7	4.648 *	100,5	4.648 *	89,9
2023	10.258		9.318		8.827	

* Gerçek Değer

Aydınlatma elektrik talebi 2018 yılında 4.648 GWh'dir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %120,7 artışla 10.258 GWh, baz senaryo için %100,5 artışla 9.318 GWh ve yüksek senaryo için %89,9 artışla 8,827 GWh olacağı tahmin edilmiştir (bkz. Tablo 4.32).



Grafik 4.18. Aydınlatma Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)

4.2.7. Toplam Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

Son olarak ARDL yaklaşımıyla Türkiye'nin toplam elektrik talebiyle ilgili 2019-2023 dönemi için baz, düşük ve yüksek senaryo varsayımından hareketle öngörülerde bulunulmuştur. Daha önce açıklanan varsayımlar dikkate alınarak toplam elektrik talebine ilişkin senaryolar Tablo 4.33'te özetlenmiştir.

Tablo 4.33. Toplam Elektrik Talebi Senaryoları

Senaryo	YEKKG	OEF	GSYH	TOS	KO
<i>Düşük</i>	%4,3	8,40 (pence/kWh)	IMF (%)	25,2 (°C)	1 (%)
<i>Baz</i>	ETKB				
<i>Yüksek</i>	%8,8				

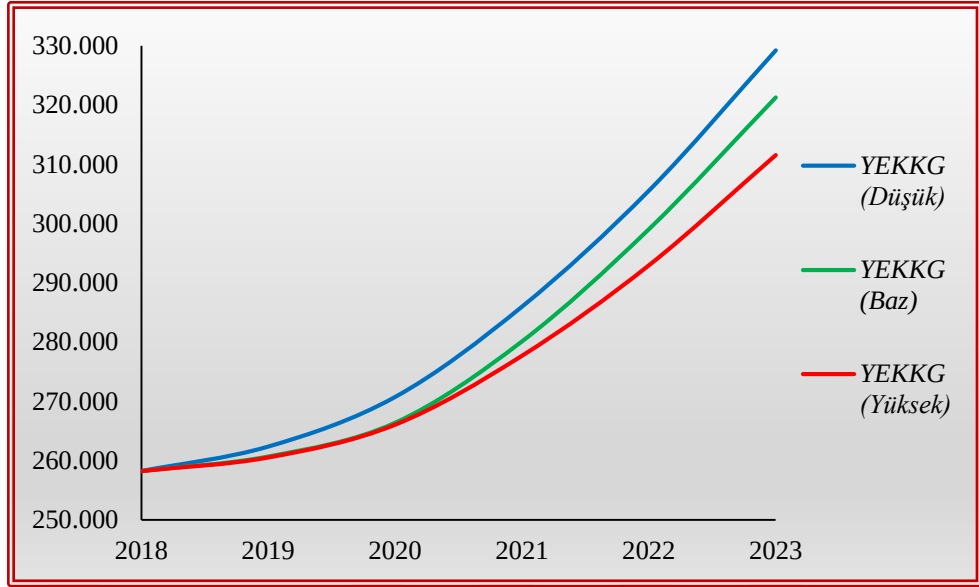
Tablo 4.33'e bakıldığında, ilk aşamada baz senaryo olarak ETKB tarafından hazırlanan 2019-2023 stratejik planında yer alan YEKKG hedefleri kullanılmıştır. 2018 yılı YEKKG değeri temel alınarak, düşük senaryoda her yıl için %4,3 artış, yüksek senaryoda ise %8,8 artış uygulanmıştır. Senaryoların ikinci aşamasında, OEF (8,40) ve TOS (25,2) için örneklem döneminin son beş yıl ortalama değerleri öngörü döneminin her yılı için sabit alınmıştır. Bağımsız değişkenlerden GSYH için, IMF tarafından yayınlanan 2019-2023 dönemi için Türkiye'nin reel GSYH'sindeki tahmini büyüme oranları kullanılmıştır (bkz. Şekil 4.1). KO değişkeni için ise örneklem dönemindeki son beş yıllık ortalama %1 artış oranı öngörü döneminde her yıl için uygulanmıştır. Bu senaryolar doğrultusunda Türkiye'nin toplam elektrik talebi için yapılan öngörü sonuçları Tablo 4.34'te ve Grafik 4.19'da sunulmuştur.

Tablo 4.34. Toplam Elektrik Talebi Öngörü Sonuçları

<i>Senaryolar</i>	<i>Düşük Senaryo</i>		<i>Baz Senaryo</i>		<i>Yüksek Senaryo</i>	
Yıllar	GWh	%	GWh	%	GWh	%
2018	258.232 *		258.232 *		258.232 *	
2019	262.365	2	260.687	1	260.522	1
2020	270.733	3	266.384	2	266.054	2
2021	285.969	6	280.119	5	277.686	4
2022	305.540	7	299.050	7	292.946	5
2023	329.217	8	321.294	7	311.553	6
2018	258.232 *	27,5	258.232 *	24,4	258.232 *	20,6
2023	329.217		321.294		311.553	

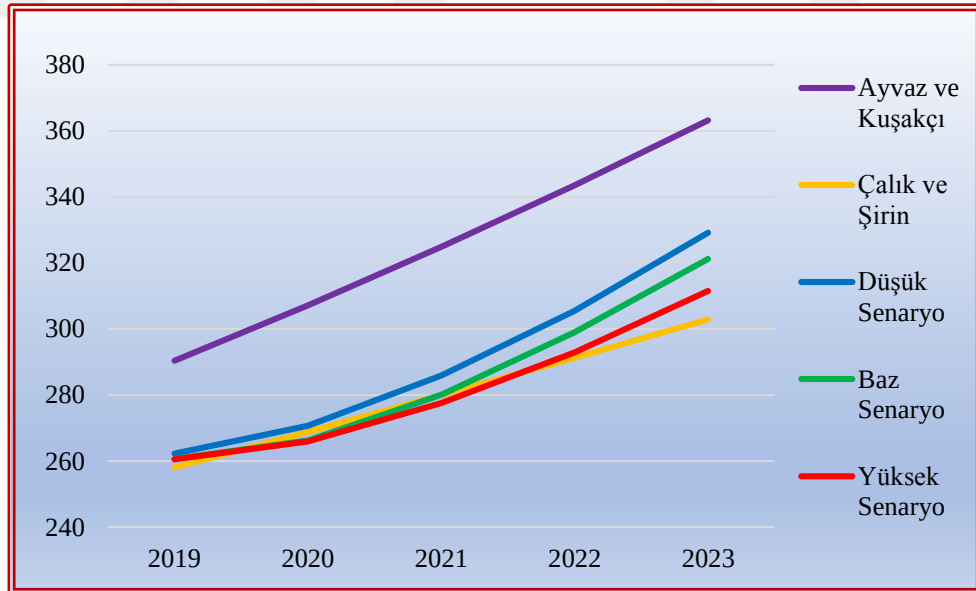
* Gerçek Değer

Tablo 4.34'te görüldüğü üzere, Türkiye'nin toplam elektrik talebi 2018 yılında 258.232 GWh'dir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %27,5 artışla 329.217 GWh, baz senaryo için %24,4 artışla 321.294 GWh ve yüksek senaryo için %20,6 artışla 311.553 GWh olacağı tahmin edilmiştir.



Grafik 4.19. Toplam Elektrik Talebi Öngörüsü (2019-2023)

2019-2023 yılları arasında Türkiye geneli elektrik talebi tahmini için bulduğumuz sonuçlar ile karşılaştırabileceğimiz Çalık ve Şirin (2017) ile Ayvaz ve Kuşakçı (2017) çalışmalarının sonuçları Grafik 4.20’de sunulmuştur.



Grafik 4.20. Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketimi Tahmin Modellerinin Karşılaştırılması

Çalık ve Şirin (2017), Türkiye’nin net elektrik tüketiminin 2019 yılında 258.070 GWh olacağını, 2023 yılında bu değer 302.994 GWh olacağını tahmin etmiştir. Ayvaz

ve Kuşakçı (2017), yaptıkları çalışma sonucunda 2019 yılında Türkiye'nin net elektrik tüketiminin 290.494 GWh olacağını öngörürken, 2023 yılında ise 363.247 GWh olacağını tahmin etmiştir. Grafik 4.20 incelendiğinde, Çalık ve Şirin (2017) çalışması ile mevcut tez çalışmasının sonuçlarının yakın olduğu görülürken, Ayvaz ve Kuşakçı (2017) tahminlerinin biraz farklılaştığı (mevcut çalışmanınkinden daha yüksek) olduğu görülmektedir.

Diğer yandan, mevcut çalışmada öngörü yapılan yıllarla aynı döneme denk gelen sektörler bazında elektrik talebi tahmini yapan çalışmalardan bazıları ise şunlardır. Konut sektörü ile ilgili Hamzaçebi (2007) konut elektrik talebinin 2020 yılında 257,1 TWh olacağını, Dilaver ve Hunt (2011c) bu talebin 2020 yılında 84 TWh ile 248 TWh arasında olacağını öngörmüşlerdir. Yaylalı ve Lebe (2013) ise çalışmalarında konut elektrik talebinin 2020 yılında düşük senaryoya göre 52,5 TWh, baz senaryoya göre 58,8 TWh ve yüksek senaryoya göre 66 TWh olacağını tahmin etmişlerdir. Ayrıca Dilaver ve Hunt (2011a), sanayi elektrik talebinin 2020 yılında 97 TWh ile 148 TWh arasında olacağını ve Hamzaçebi (2007) ise söz konusu talebin 2020 yılında 219,2 TWh olacağını öngörmüşlerdir.

Anlaşıldığı üzere, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar gerek toplam gerekse sektörler itibarıyla daha önceden yapılmış bazı çalışmaların sonuçlarıyla oldukça benzerlik gösterirken bazılarınıninkiyle biraz farklılık göstermektedir. Bunda çalışmaların kapsam ve yöntem bakımından birbirinden farklılaşmasının etkili olduğu unutulmamalıdır.

SONUÇ

Bir ülkenin ekonomik, sosyal ve beşeri gelişiminin sürdürülebilir bir yapı kazanmasında vazgeçilmez bir gereksinim olan enerji, başta konut, sanayi ve ulaştırma olmak üzere hemen her sektörün en temel unsurudur. Artan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişim ülkelerin ekonomik kalkınma hızını da artırırken, buna bağlı olarak mal ve hizmetlerin üretim ve tüketiminde yaşanan artış ise, enerji tüketimini artırmıştır. İhtiyaç duyulan bu enerjinin dünya genelinde büyük oranda fosil kökenli kaynaklardan karşılanması, yakın zamanda bu kaynakların tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalınması ve yine bu kaynakların neden olduğu çevresel problemler enerji arz güvenliği konusunu dünya gündeminde önemli bir başlık haline getirmiştir. Bu başlık günümüzde ülke içi ve ülkeler arası siyasi problemlerin yanı sıra sınır ötesi müdahalelere dahi yol açmaktadır.

Ülkelerin bulunduğu coğrafi konum, sosyal ve kültürel yapı, sahip olduğu kaynaklar ve teknolojik gelişmişliği enerji talebini karşılama noktasında etkili olan faktörlerdir. Türkiye coğrafi konumu itibarıyla petrol ve doğalgaz rezervleri açısından zengin komşulara sahip olmakla beraber ülke sınırları içerisinde kaynak potansiyeli açısından komşuları kadar şanslı değildir. Dünya genelinde olduğu gibi, Türkiye’de de hızla artan enerji ihtiyacı büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu kaynaklar açısından yeterli potansiyele sahip olmayan Türkiye enerji talebini karşılama noktasında dışa bağımlı konumdadır. Sanayileşme, nüfus artışı ve ekonomik büyüme hızına paralel olarak artan enerji talebi için her yıl milyarlarca dolar para harcamaktadır. Bu durum uzun vadede siyasi ve ekonomik açıdan önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu bağlamda Türkiye’nin sürekli artan enerji talebi, kaynaklarının sınırlı olması ve enerji arz güvenliği başlıklarını öne alarak doğru ve etkin bir enerji politikası izlemesi gerekmektedir.

Günlük yaşantımızda her alanda kullandığımız ikincil enerji çeşidi olan elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Üretildiği anda tüketilmesi gereken elektriğin, artan tüketimi, üretim kaynaklarının kısıtlı oluşu ve depolanamaması elektrik sektöründe arz talep noktasında doğru planlamalar yapılmasını gerektirmektedir. Elektrik enerjisi yenilenemez enerji kaynaklarından (petrol, kömür, doğalgaz ve nükleer) üretildiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle vd.) da üretilmektedir. Günümüzde dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de

de elektrik büyük oranda yenilenemez enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Fakat bu kaynaklar anlamında büyük oranda dışa bağımlı olan Türkiye son yıllarda yeni ve yerli kaynak arayışlarına yönelmiştir. Bu anlamda Türkiye enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için önemli potansiyele sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarını gündemine almıştır. Yerli teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum derecede faydalanabilmek amacıyla çeşitli politikalar geliştirmektedir.

Elektrik enerjisi, üretim ve tüketim bağlamında paralel bir yapı sergilemektedir. Elektrik enerjisi depolanamadığı için üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisi talebinin kendine özgü bu yapısı nedeni ile arz-talep dengesi son derece önem arz etmekte ve bu durum talep tahminlerinin önemini daha da artırmaktadır. (Akan ve Tak, 2003). Bu çerçevede enerji kaynaklarının talep analizi ülkelerin enerji politikalarının belirlenmesinde çok büyük öneme sahiptir.

Bu çalışma; Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla Türkiye'de elektrik enerjisi talebini hem toplam hem de sektörel bazda incelemiştir. Bu doğrultuda birinci aşamada, ekonometrik modeller yardımıyla elektrik enerjisi talebi tahmin edilmiş ve ikinci aşamada, Türkiye'de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirmek amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2019-2023 stratejik planı çerçevesinde hazırlanan senaryolarla 2023 yılına kadar öngörülerde bulunulmuştur.

Çalışmada öncelikle iktisat teorisi ve yapılan literatür çalışması neticesinde ekonometrik model kurulumunda kullanılacak değişkenler belirlenmiştir. Bağımlı değişken olarak Türkiye'deki net elektrik tüketimi verileri kullanılırken, bağımsız değişkenler olarak genel anlamda bir talep modelinde yer alması gereken malın fiyatı, gelir, ilgili malların fiyatı değişkenlerinin yanı sıra elektrik talebi üzerinde etkili olan diğer değişkenler kullanılmıştır.

Zaman serileri analizinde modellerin ampirik bir tahminini yapmadan önce, çalışmada kullanılan serilerin durağanlık açısından incelenmesi önemli bir adımdır. Bu nedenle mevcut çalışmada öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları hem geleneksel hem de yapısal kırılmaya izin veren birim kök testleriyle araştırılmıştır. Geleneksel birim kök testlerinden KPSS testi ve yapısal kırılma(lar) içeren birim kök testlerinden ise LS testi kullanılmıştır. Durağanlık testi yapılan seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin

varlığı ARDL Sınır Testi yaklaşımı ile incelenmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesinden sonra farklı sektörlerde uzun ve kısa vadede elektrik talepleri modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler araştırılmıştır. Son olarak, simülasyon modelinde kullanılmak üzere oluşturulan düşük, baz ve yüksek senaryolar ışığında 2019-2023 dönemi için toplam ve sektörler itibarıyla elektrik talebi öngörüsünde bulunulmuştur.

Çalışmanın uygulama bölümünde yapılan her iki birim kök testi sonuçları dikkate alındığında, serilerin bazılarının seviyede $I(0)$, bazılarının ise birinci fark değerlerinde $I(1)$ durağan oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlar, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasında ARDL yaklaşımının kullanılmasının bu çalışma için uygun bir teknik olduğunu doğrulamaktadır. Seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ARDL Sınır Testi Yaklaşımı ile belirlendikten sonra Mesken, Sanayi, Ticarethane, Resmi Daire ve Aydınlatma sektörleri ile Toplam elektrik talebi olmak üzere uzun ve kısa vadede elektrik talepleri modellenmiş ve değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiler ortaya konulmuştur. Modellerde kullanılan bağımlı değişkenlerin gerçek ve simülasyon değerlerinin zaman içindeki seyirleri incelendiğinde bu değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda bu seriler ile yapılacak analizlerin tutarlı sonuçlar vereceği ve politika yapımı için kullanılabileceğine karar verilmiştir. Uygulama bölümünde son olarak simülasyon yöntemi kullanılarak 2023 yılına kadar sektörler ve toplam olarak düşük, baz ve yüksek senaryolar için elektrik talepleri öngörülmüştür. Senaryoların temel çıkış noktası olarak, Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarını değerlendirmek amacıyla, ETKB tarafından belirlenen 2023 yılı yenilenebilir enerji hedefleri baz alınmıştır.

Tez çalışmasına konu olan Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla modellere bağımsız değişken olarak dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün uzun dönemde tüm modellerde elektrik talebi ile arasında iktisadi olarak ters yönlü ve istatistiki açıdan anlamlı bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Uzun ve kısa dönem sonuçlarına bakıldığında Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının genel anlamda elektrik talebi üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Modeller sektörler bazında incelendiğinde, politika etkilerinin en fazla aydınlatma ve mesken sektörlerinde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Politika etkilerinin bu sektörlerde daha net görülmesi, meskenlerin en büyük ikinci elektrik tüketicisi

olmasından ve aydınlatma sektöründe ise elektriğin doğrudan ve uzun süreli kullanımına bağlanabilir.

Meskenlerde elektrik tüketimi temel bir ihtiyaç olması nedeniyle genel anlamda sürekli bir artış trendi sergilemektedir. Bu artış trendi üzerinde, araştırmaya konu olan yenilenebilir enerji politikalarının etkisi incelendiğinde, beklenildiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin mesken elektrik talebi üzerinde negatif yönde bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu etki uygulanan üç farklı senaryo özelinde değerlendirildiğinde ise baz senaryoya göre düşük senaryoda bu etki daha az iken, yüksek senaryoda görülen etkinin daha fazla olduğu görülmüştür. Mesken elektrik talebi 2018 yılında 54.487 GWh'dir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %28,3 artışla 69,899 GWh, baz senaryo için %22,0 artışla 66.449 GWh ve yüksek senaryo için %13,3 artışla 61.734 GWh olacağı tahmin edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünün artış hızı (yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı) ne kadar fazla olursa konut sektöründe elektrik talebinin o derece daha hızlı azalacağı gözlemlenmiştir. Bu amaçla konutlarda kurulacak yenilenebilir enerji sistemleriyle, konutlar kendi ürettikleri elektrik enerjisiyle hem kendi ihtiyaçlarını karşılayabilecekler hem de devletten olan enerji taleplerini azaltacaklardır. Ayrıca uygulanan teşvik politikası (satın alma garantisi) sayesinde konutlar üretim fazlası enerjiyi devlete satarak hane gelirlerine katkı sağlayabileceklerdir.

Elektriğin en büyük tüketicisi konumunda olan sanayi sektöründe çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde politika etkilerinin diğer sektörlerle nazaran daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu durum sanayi sektörünün toplam enerji tüketimi içerisinde elektrik enerjisi tüketiminin payının düşük olması nedeniyle, toplam endüstriyel enerji maliyetinde elektrik enerjisi maliyetinin düşük olmasına bağlanabilir. Öyleki, Türkiye'de 2018 yılında sanayi sektöründe toplam enerji tüketimi 36.155 BTEP olup, bu tüketim içerisinde elektrik tüketimi ise 9.973 BTEP olmuştur (ETKB, 2020). Bununla birlikte, yenilenebilir enerji teknolojilerinin özellikle yüksek maliyetleri nedeniyle henüz istenilen seviyede olmaması da bu durumun nedenleri arasında sayılabilir. 2018 yılında Türkiye'de sanayi sektöründe 117.754 GWh olarak hesaplanan elektrik talebinin, 2023 yılında düşük senaryo için %27,7 artışla 150,417 GWh, baz senaryo için %27,3 artışla 149.854 GWh ve yüksek senaryo için %26,2 artışla 148.606 GWh olacağı öngörülmüştür. Bu sonuca göre, sanayi sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek oranda kullanımı

elektrik talebinin azalmasını sağlayacaktır. Sanayi sektöründe özellikle çok büyük çatı alanlarına sahip fabrikaları düşündüğümüzde bu alanlara kurulacak güneş enerjisi teknolojileri hem kendi enerji ihtiyaçlarını tedarik etmede hem de üretim fazlasını devlete satma konusunda ciddi getiriler sağlayacaktır. Benzer şekilde rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklarından da yararlanılabilecektir.

Son yıllarda elektrik tüketiminde en büyük artışın yaşandığı ticaret sektöründe, 2018 yılında elektrik talebi 52.679 GWh olup, çalışmada elde edilen öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %192,1 artışla 153.867 GWh, baz senaryo için %186,7 artışla 151.055 GWh ve yüksek senaryo için %170,4 artışla 142.421 GWh olacağı tahmin edilmiştir. Ticaret sektöründe de yüksek senaryonun yani daha çok yenilenebilir enerji sektörüne yönelmenin elektrik talebi üzerindeki azaltıcı etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sayıları çok fazla olmasa da yerleşim alanlarının genişliği, kullanım saatlerinin fazlalığı vb. nedenlerden dolayı ticari binalarda (iş merkezleri, otel, seralar, depolar vb.) yüksek miktarda elektrik harcanmaktadır. Kentleşme oranının artışı da dikkate alınarak özellikle büyük şehirlerde yerleşim alanı geniş ve çok katlı binalarda yenilenebilir enerji sistemlerinin çatı ve cephe uygulamalarıyla ticari tüketicilerin devletten olan elektrik talebi azaltılabilir. Bu ve benzeri yenilenebilir enerji uygulamalarıyla (jeotermal sıcak su enerjisinin seracılıkta ısıtma için kullanılması) ticari tüketiciler, kendi enerji kaynaklarını kullanarak hem ülke ekonomisine hem de uygulanan politikalar doğrultusunda yaptıkları üretim fazlasını devlete satarak kendi gelirlerine katkı sağlayabileceklerdir.

Resmi daire elektrik talebi 2018 yılında 11.879 GWh'dir. Öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değer düşük senaryo için %3,0 azalarak 11.519 GWh, baz senaryo için %6,2 azalarak 11.142 GWh ve yüksek senaryo için %12,9 azalarak 10.345 GWh olacağı tahmin edilmiştir. Bu sonuçlara göre, yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımının kamuda elektrik talebini ciddi oranda azalttığı söylenebilir. Dikkat edilirse elektrik talebi artış hızı anlamında yüksek senaryo sonucu, düşük senaryonun yaklaşık 4 katı, baz senaryonun ise iki katı büyüklüğündedir. Uygulanabilirliği açısından kamuya ait alanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerji sistemleri kullanılabilir. Güneş ve rüzgâr enerji sistemlerinden çatı veya cephe uygulamalarıyla veya direk yapı tasarımına eklenerek, yapının ısıtılması, soğutulması ve elektrik

üretiminde faydalanılabilir. Bu sayede kamu binaları kendi enerji ihtiyaçlarını kendileri karşılayacak ve ciddi oranda enerji tasarrufu yapılmış olacaktır.

2018 yılında Türkiye’de aydınlatma (kamuya ait park, bahçe, yol vb. aydınlatılması) için tüketilen elektrik miktarı 4.648 GWh’dır. Çalışmadan elde edilen tahmin sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %120,7 artışla 10.258 GWh, baz senaryo için %100,5 artışla 9.318 GWh ve yüksek senaryo için %89,9 artışla 8,827 GWh olacağı öngörülmüştür. Bu sonuca göre, kamu tarafından tüketilen aydınlatma amaçlı elektriğin karşılanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kamu harcamalarında tasarruf sağlayacaktır. Örneğin, belediyeler tarafından parklar, sokaklar ve caddelerde direkler üzerine yerleştirilecek rüzgâr türbinleri veya güneş enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemleri ile park, bahçe ve yol aydınlatması amacıyla devletten talep edilen elektrik yükü ve belediyenin aydınlatma masrafı azaltılabilir.

Tez çalışmasına konusu olan Türkiye’de uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının değerlendirilmesi amacıyla modellere bağımsız değişken olarak dâhil edilen yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü değişkeninin toplam elektrik talebi modelinde uzun dönem (-0,31) ve kısa dönem (-0,17) katsayı değerlerine bakıldığında yenilenebilir enerji politikalarının elektrik talebi üzerinde çok fazla bir etkiye sahip olmadığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji sistemleri için yatırım maliyetlerinin yüksek olması, ülkenin elektrik üretim portföyünde yenilenebilir enerji yatırımları payının henüz istenen seviyede olmaması ve uygulanan teşviklerin yetersizliği mevcut politikaların etkilerinin beklenen oranda olmamasının nedenleri arasında sayılabilir. Türkiye’nin toplam elektrik talebi 2018 yılında 258.232 GWh olarak kaydedilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen öngörü sonuçlarına göre 2023 yılında bu değerin düşük senaryo için %27,5 artışla 329.217 GWh, baz senaryo için %24,4 artışla 321.294 GWh ve yüksek senaryo için %20,6 artışla 311.553 GWh olacağı tahmin edilmiştir. Çalışmada incelenen yüksek senaryo sonuçlarına bakıldığında uygulanan yenilenebilir enerji politikası bağlamında yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücündeki artış (yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı) ne kadar fazla olursa elektrik talebindeki azalmanın da o kadar fazla olacağı tespit edilmiştir. Bu durum politikaların henüz yeterli seviyede olmadığı tezini destekler niteliktedir.

Fosil kaynaklar açısından sınırlı yer altı zenginliğine sahip olan Türkiye, petrol ve doğalgaz da net ithalatçı ülke konumundadır. Bu anlamda, enerjide dışa bağımlılık sorunu ve bu sorunun çözümünde alternatif olarak ilk akla gelen yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri arasında öne çıkan başlıklardır. Türkiye bu hedefler doğrultusunda uyguladığı teşvik politikalarıyla yenilenebilir enerji piyasasında önemli gelişmeler kaydederken, diğer yandan özellikle denizlerde gerçekleştirdiği hidrokarbon (petrol, doğalgaz vb.) aramalarını artırarak %99'un üzerinde olan doğalgaz ithalatı bağımlılığını azaltmayı hedeflemiştir. Bu arama faaliyetlerinin ilk önemli neticesini 21 Ağustos 2020 tarihinde elde eden Türkiye, Karadeniz'de "Sakarya Doğalgaz Sahası" olarak adlandırılan bölgede açılan Tuna-1 kuyusunda 320 milyar metreküp (billion cubic meters, bcm) büyüklüğünde bir doğalgaz rezervi keşfettiğini açıklamıştır. Türkiye'nin kendi münhasır ekonomik bölgesinde böyle bir keşif yapması, keşfedilen muhtemel gaz miktarı olağanüstü bir rakam olmamakla birlikte, Türkiye'nin gaz üreticisi konumuna geçmesi açısından önem taşımaktadır.

Türkiye'nin son 20 yıldaki cari açık rakamı 581,7 milyar dolar ve net enerji ithalatı ise (ithalat-ihracat) 583,1 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu anlamda açıklanan doğalgaz keşfinin ilk etapta ekonomiye doğrudan önemli bir etkisi olmasa da, ülke ekonomisini pozitif yönde etkileyeceği kesindir. Türkiye'nin son 10 yıldaki doğalgaz tüketim ortalaması yaklaşık 45 bcm olup, 2020 yılında da talebin bu değeri geçmeyeceği öngörülmektedir. Buradan hareketle keşfedilen doğalgaz rezervinin, bugünkü değerlerle Türkiye'nin yaklaşık 9 yıllık doğalgaz talebini karşılayacağı hesaplanmıştır. Kaynak sahasında bundan 4-5 yıl sonra iyimser tahminle yapılacak yıllık 10 bcm'lik üretim, o günkü muhtemel tüketim seviyesine göre Türkiye'nin doğalgaz talebinin %16-18'lik kısmını karşılayacaktır. Almanya, Japonya, Çin, ABD ve İtalya'dan sonra dünyanın en büyük altıncı doğalgaz ithalatçısı olan Türkiye açısından bu, yıllık 2-2,5 milyar dolarlık bir değer anlamına gelmektedir. Türkiye'nin bazı gaz anlaşmalarının 2021 yılında biteceği dikkate alındığında, açıklanan doğalgaz keşfi, ileride yapılacak ikili anlaşmalarda Türkiye'nin elini kuvvetlendirecek bir etken olabilecektir (TSKB, 2020).

Türkiye'nin kendi egemenlik sahasında doğalgaz keşfi yapması, uluslararası doğalgaz sektörünün aktörleri arasında yer bulabilmesi açısından kayda değer bir gelişmedir. Bir dönem tükettiği doğalgazın yarıdan fazlasını Rusya'dan ithal eden Türkiye, kaynak ülke çeşitliliği bağlamında arz güvenliği riski ile karşı karşıya kalmıştır.

2019 yılına gelindiğinde Rusya'dan yapılan doğalgaz ithalatının %33'e kadar gerilemesi sektörde dengelerin değiştiği anlamına gelmektedir. Türkiye'nin çevresindeki petrol ve doğalgaz zengini ülkelerin rezervlerini Avrupa'ya ulaştıracak bir konumda yer alması ve bununla birlikte kendi doğalgazını çıkarıyor olması da, Türkiye'nin enerji hub'u olması yönünde önemli bir adım olacaktır.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibarıyla yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Ancak, bu potansiyel ülkemizde henüz daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılamamaktadır. Özellikle güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle kaynakları açısından dünya ölçeğinde önemli bir konumda bulunan Türkiye'de bu kaynaklar özelinde potansiyelin çok altında bir kurulu güç ve üretim bulunmaktadır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi konusunda ilk adımın 10.05.2005 tarihinde yürürlüğe girmiş olan 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile atıldığı söylenebilir. Bu Kanunun yürürlüğe girmesinden günümüze kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak için çıkarılan kanunlar, yönetmelikler ve düzenlemeler tam anlamıyla yeterli olmamasına rağmen ülkenin bu alana yönelik yatırımlarının artmasını sağlamıştır. Bu artışın son yıllarda elektrik üreten santrallere uygulanan destek ve teşvik politikalarıyla özel şirketlerin sürece dâhil edilmelerinin bir sonucu olduğu söylenebilir. 2005 yılında üretimin yaklaşık yarısı özel şirketler tarafından karşılanırken, 2018 yılına gelindiğinde özel sektörün üretimdeki payı %85'lere ulaşmıştır. Türkiye'de 2005 yılında Türkiye toplam kurulu gücü içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücünün payı %33,4 iken, 2018 yılında bu oran %47,7'ye yükselmiştir. Coğrafi konumu itibarı ile ekvatorun kuzeyinde yer alan Türkiye, güneşlenme potansiyeli oldukça yüksek olan bir ülkedir. Ülkemizde güneş enerjisi kurulu gücü 2014 yılından itibaren çok hızlı bir yükselişe geçmiştir. 2014 yılında 40,2 MW olan güneş enerjisi kurulu gücü 2018 yılında 5.062,8 MW'ye çıkmıştır. 2005 yılında rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü 20,1 MW iken, 2018 yılına gelindiğinde 7.005,4 MW kurulu güce ulaşmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000 MW olduğu dikkate alınırsa ülkemizin sahip olduğu potansiyelin çok altında kaldığı net bir şekilde görülmektedir.

Türkiye jeolojik ve coğrafik konumu itibarıyla aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer alması nedeniyle dünya ülkeleri arasında jeotermal açıdan yüksek bir potansiyele sahiptir.

Türkiye genelinde yaklaşık 1.000 adet yeraltından doğal olarak çıkan farklı sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar bulunmaktadır. Jeotermal potansiyeli açısından Avrupa'nın 1. Dünya sıralamasında ise 7. sırada yer alan Türkiye son yıllarda hızlı bir ivme kazanmasına rağmen halen daha potansiyelinin çok altında bir kurulu güce sahiptir. Jeotermal kurulu gücü 2005 yılında 15 MW iken 2018 yılında bu miktar 1282,5 MW'ye çıkmıştır. Aynı şekilde biyokütle kurulu gücü 2005 yılında 13,8 MW iken 2018 yılında bu miktar 621,9 MW seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de 2005 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin toplam üretim içerisindeki payı %24,5 iken, 2018 yılında bu oran %32,1 olmuştur. Bu artışta hidrolik enerjisi en çok yararlanılan kaynak durumundadır. 2005 yılında 12.906 MW olan hidroelektrik kurulu gücü 2018 yılına itibarıyla iki katından daha fazla artarak 28.291,4 MW'ye yükselmiştir.

2020 yılı başında bütün dünyayı etkileyen, sosyal ve ekonomik hayatı durma noktasına getiren Covid-19 salgını, yaşam tarzı, iş hayatı ve alışkanlıklarımızı önemli ölçüde değiştirmiştir. Covid-19 salgınının yayılmasını önlemek amacıyla birçok ülke tarafından uygulanan kısıtlamalar sebebiyle küresel elektrik talebinde önemli miktarda azalma görülmüştür. IEA'nın "Küresel Enerji Görünümü 2020" raporuna göre, 2020 yılı ilk çeyreğinde küresel elektrik talebinde 2019 yılının aynı dönemine göre %2,5 azalma meydana gelmiştir. IEA, küresel elektrik talebinin 2020 yılında %5 azalacağını öngörmektedir. Salgının neden olduğu değişimlerden, bazı sektörler olumlu etkilenirken bazıları için bu değişimler olumsuz sonuçlar meydana getirmiştir. Sanayi, ticaret ve hizmet sektörlerindeki duraklamalar nedeniyle elektrik talebinde görülen azalma, sokağa çıkma yasağı nedeniyle konutlarda daha çok vakit geçirilmesi ve dolayısıyla elektrikli cihazların daha fazla kullanımından kaynaklanan elektrik talebi artışından çok daha fazla olmuştur.

Türkiye'de ise ilk Covid-19 vakası 11 Mart 2020'de kaydedilmiştir. Bu tarihten itibaren pandeminin yayılmasını önlemek amacıyla ülkemizde uygulanan tedbirler kapsamında bazı kısıtlamalar getirilmiştir. Özellikle hizmetler ve üretim sektörlerinde faaliyet gösteren birçok tesis kapatılmış veya çalışan sayısının azaltılması kapsamında sınırlamalar uygulanmıştır. Ayrıca seyahat kısıtlamaları, sokağa çıkma yasakları ve esnek çalışma saati uygulamaları birçok sektörde hem üretimin hem de tüketimin azalmasına neden olmuştur. Buna bağlı olarak dünya genelinde olduğu gibi, Türkiye'de de elektrik talebinde önemli ölçüde azalmalar meydana gelmiştir. Uygulanan kısıtlamalar sebebiyle

konutlarda artan elektrik tüketiminin ekonomik faaliyetlerdeki duraksama nedeniyle sanayi, hizmetler ve ticaret sektörlerinde meydana gelen düşüşü karşılayamadığı tespit edilmiştir. Ortalama günlük elektrik tüketimi verilerine göre, 2020 yılı Nisan ve Mayıs aylarında son iki yılın en düşük ortalama günlük tüketim miktarlarının gerçekleştiği kaydedilmiştir. 2019 yılında günlük ortalama elektrik tüketimi 730–860 bin MWh arasında olurken, bu değer 2020 yılı Nisan ayında 637.686 MWh ve Mayıs ayında 576.438 MWh olarak gerçekleşmiştir. Bu düşüşün büyük oranda sanayi sektöründeki yavaşlamadan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Haziran ayına gelindiğinde atılan normalleşme adımları neticesinde günlük ortalama elektrik tüketimi yeniden artarak 750.000 MWh olmuştur. Temmuz ve Ağustos aylarında ise normalleşme adımlarının genişlemesi ve iklim şartlarına bağlı olarak ortalama günlük elektrik tüketimi bir önceki yılın aynı seviyelerine ulaşmıştır (TSKB, 2020).

2020 yılı Ağustos ayında yayınlanan IEA'nın "Covid-19'un Elektrik Üzerindeki Etkisi" raporuna göre, hemen hemen tüm bölgelerde, talebin düşmesiyle elektrik sektöründe ibre, düşük işletme maliyetleri ve yasal düzenlemeler sebebiyle şebekeye öncelikli erişimi bulunan yenilenebilir enerji santrallerine yönelmiştir. Rapora göre, bazı AB ülkelerinde, özellikle İtalya, İspanya ve Almanya'da elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı karantina sürecinde rekor kırmıştır. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları, 2020 yılının ilk çeyreğinde %1,5 oranında üretim artışıyla büyüme kaydeden tek enerji kaynağı olmuştur. Covid-19 pandemisi tedbirleri sonucunda elektrik tüketimindeki ve dolayısıyla elektrik üretimindeki azalma, termik santral kaynaklı elektrik üretiminde azalma ile sonuçlanmıştır. Nisan ve Mayıs aylarında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı %60'ın üzerine çıkmıştır. Normalleşme süreci ile birlikte termik santrallerin de devreye girdiği görülmektedir. Haziran'da %44,2 olan yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payı, Temmuz ve Ağustos aylarında sırasıyla %42,2 ve %40,5 olmuştur.

Endüstriyel elektrik talebinin azaldığı, konut elektrik talebinin arttığı pandemi sürecinde doğalgaz ve kömürden elektrik üretiminde düşüş görülse de uygulanan teşvikler sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı artış göstermiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin ekipmanları büyük oranda ithal olarak tedarik edildiğinden, Covid-19 pandemisi yenilenebilir enerji yatırımlarını da doğrudan etkilemiştir. Bu sektörde devam eden yatırımlarda ekipmanların ithal

edilmesinde zorluklar yaşanmıştır. Bundan dolayı YEKDEM kapsamındaki üretim tesislerinin 31 Aralık 2020'ye kadar devreye girme şartı, 30 Haziran 2021'e kadar uzatılmıştır (TSKB, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyele sahip olan Türkiye'de, bu potansiyelin maksimum seviyede değerlendirilmesi ve ülkenin enerji sorunlarının çözümüne katkı sağlaması adına bazı öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yenilenebilir enerji konusunda görsel ve yazılı medyada daha fazla bilgilendirmeye yer verilerek kamu ve özel sektör yatırımları bu alana yönlendirilebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması sağlanabilir. Özel sektörün bu alanda yapacağı yatırımlar için sübvansiyon, düşük faizli kredi, vergi muafiyeti gibi uygulamalar getirilebilir.
- Ulaşım sektöründe yenilenebilir enerjiye dayalı ulaşım modeli geliştirilebilir. Bu amaçla gerekli altyapının geliştirilmesi kapsamında yerli elektrikli araçların kullanımı ve bu araçların şarj vb. altyapı tahsisinin araç piyasasıyla paralel gelişimi sağlanabilir.
- Yeni YEKDEM çerçevesi en kısa sürede oluşturularak, 2020 yılı sonrası için sektörün gelişimi hızlandırılabilir. Bu çerçevede birçok Avrupa ülkesine göre daha düşük olan yenilenebilir enerji sabit fiyat garantisi kapsamındaki fiyatlandırmalar, yatırımcıların teşvik edilmesi ve fosil yakıtlarla rekabetin sağlanması adına artırılabilir.
- Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarında büyük oranda ithal teknoloji kullanılmakta ve bu durum maliyetleri artırmaktadır. Bu maliyeti azaltmak ve yatırımları daha cazip hale getirmek adına özellikle rüzgâr tribünleri ve güneş panelleri gibi yenilenebilir enerji sektöründe kullanılan teknik ekipmanların yerli üretimlerinin teşvik edilmesinde devlet tarafından daha fazla finansal destek sağlanabilir.
- Lisanslama, plan, proje ve yatırım faaliyetleri açısından sektörün gelişiminde yavaşlamaya neden olan bürokratik engeller azaltılabilir.
- Üniversiteler vb. kuruluşlar aracılığıyla sektördeki AR-GE çalışmaları artırılabilir ve yeni projeler geliştirilebilir. Mühendislik ve mimarlık fakültelerinde yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasında teknik ve mimari uygulama dersleri açılabilir. Sektör yatırımcılarına yönelik eğitimler verilebilir.

- Kamu binalarında, yeni yerleşim birimlerinde ve yapılan kentsel dönüşüm uygulamalarında enerji verimliliği adına yeni ve mevcut binalar için zorunlu bir düzenleme getirilebilir. Isıtma, soğutma ve elektrik ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan konut ve özel işyerlerine vergi indirimi vb. teşvikler uygulanabilir.
- Yenilenebilir ve termik enerji kaynaklarının ikili veya daha fazla olarak kullanımına imkân sağlayan hibrit teknolojili (birden çok kaynaklı elektrik üretim tesisi) santral türleri artırılarak verimlilik artışı ve enerjinin sürdürülebilirliği sağlanabilir. Öyleki RES'lerin geceleri GES'lerin ise gün içerisinde daha fazla üretim yapmalarına bağlı olarak rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin hibrit çalışması dünya genelinde yaygın görülen bir teknolojidir.
- Çok büyük alanlar kullanılarak inşa edilen rezervuarlı HES'lerde bu alanlara hem saha tipi güneş santralleri hem de baraj gölü üzerine kurulacak güneş santralleri ile HES+GES olarak hibrit teknolojisi değerlendirilebilir. Gündüz saatlerinde GES, akşam saatlerinde HES çalıştırılarak, güneş panellerinin soğukta daha verimli çalışmaları sayesinde baraj gölü üzerine kurulacak güneş panellerinden alınan verim artabilir ve buharlaşma azaltılarak baraj gölü suyunun azalması önenebilir. Ayrıca yaz mevsiminde yağışların azalmasıyla elektrik üretiminin azaldığı HES'lerde bu açığı, güneşlenme süresinin artmasına bağlı olarak üretimi artan GES'ler kapatabilir.
- Türkiye'nin doğalgaz keşfi ülkenin dışa bağımlılığını tamamen bitirmese de üretilecek doğalgaz bir başka hibrit teknoloji çeşidi olarak doğalgaz santrallerinde rüzgâr ve/veya güneş enerjisi ile birlikte maliyetlerin ve çevre kirliliğinin azaltılması yönünde optimum seviyede değerlendirilebilir.
- Elektrik talebinin kesintisiz karşılanabilmesi için depolama sistemlerinin varlığı büyük bir önem taşımaktadır. Özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi üretim alanları yerleşim bölgelerine nispeten uzak alanlarda kurulduğu için üretilen enerjiyi iletmek ve üretim fazlasının depolanması zor ve maliyetli bir iştir. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin iletimi ve depolanması amacıyla enerji depolama teknolojileri incelenerek bu konudaki sorunlar giderilebilir.

Tez çalışması yapılırken bazı kısıtlarla karşılaşılması, yapılması düşünülen çalışmanın kapsamında bazı istenmeyen değişikliklere neden olmuştur. Bunların en önemlisi Türkiye’de elektrik sektöründe ciddi anlamda veri eksikliğinin olmasıdır. Elektrik sektöründe uzun vadeden ziyade kısa vadede planlamalar yapılması son derece önem arz etmektedir. Bu doğrultuda çalışmada ilk başta aylık veriler kullanılması düşünüldürken yeterli örneklem büyüklüğünde istatistiki verilere (sektörlerle aylık elektrik üretim ve tüketim verileri, yenilenebilir enerji kaynaklarından aylık elektrik üretimi ve tüketimi, aylık enerji fiyatları, vb.) ulaşılamaması çalışmaya yıllık verilerle devam edilmesine neden olmuştur. Yıllık veriler kullanılmasına rağmen örnek boyutunun yine de istenilen büyüklükte alınamaması da çalışmada kullanılan değişkenlere ait verilerin eksikliğinden kaynaklanmaktadır. İlerde bu konuda yapılacak çalışmalarda veriler doğrultusunda elektrik piyasasında daha kısa vadeli (aylık, haftalık, günlük) çalışmaların yapılması piyasa aktörleri için arz-talep dengesinin düzenlenmesinde daha faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akan, Y. ve Tak, S. (2003). “Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi”. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 17 (1-2), 21-49.
- Akdağ, V. ve Gözen, M. (2019). “Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Seçilmiş Ülke Örnekleri Üzerinden Bir Değerlendirme”. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2 (2), 138-172.
- Aksoy, H., Korkmaz, O., Yiğit, V., Bavbek, K.G., Toma, E.K. ve Rogner, M. (2020). “Türkiye’nin Optimum Elektrik Üretim Kapasitesi”. *Shura Enerji Dönüşümü Merkezi*, www.shura.org.tr.
- Akyüz, M. ve Akgül, D. (2020). “Serbest Tüketici Kavramı ve Elektrik Perakende Satış Şirketlerinin Pazarlama Stratejisi Uygulamaları Üzerine Kavramsal Bir Çalışma”. *Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 17 (1), 90-101.
- Alrikabi, N. Kh. M. A. (2014). “Renewable Energy Types”. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2 (1), 61-64.
- Askari, M., Mirhabibi, M. ve Abadi, V.M.M. (2015). “Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages”. *American Journal of Energy Science*, 2 (2), 17-20.
- Aslani, A., Helo, P. ve Naaranoja, M. (2014). “Role of Renewable Energy Policies in Energy Dependency in Finland: System Dynamics Approach”. *Applied Energy*, 113, 758-765.
- Ayvaz, B. ve Kusakci, O.A. (2017). “Electricity Consumption Forecasting for Turkey with Nonhomogeneous Discrete Grey Model”. *Energy Sources*, 17 (39), 260-267.
- Babahanoğlu, V. (2018). “Türkiye’nin Enerji Politikalarının İncelenmesi: Kamu Politikası Analizi”. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6 (83), 525-538.
- Bağcı, E. (2019). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli, Üretimi, Tüketimi ve Cari İşlemler Dengesi İlişkisi”. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 2 (4), 101-117.
- Bai, J. ve Perron, P. (2003). “Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models”. *Journal of Applied Econometrics*, 18 (1), 1-22.

- Bakırtaş, T., Bildirici, M. ve Karbuz, S. (2000). “An Econometric Analysis of Electricity Demand in Turkey”. *METU Studies in Development*, 27 (1-2), 23-34.
- Banerjee, A., Dolado, J.J., Hendry, D.F. ve Smith, G.W. (1986). “Exploring the Equilibrium Relationships in Econometrics Through Static Models: Some Monte Carlo Evidence”. *Oxford Bulletin of Economics & Statistics*, 48 (3), 253-277.
- Banks, J., Carson II, J.S., Nelson, B.L. ve Nicol, D.M. (2005). *Discrete-Event System Simulation*, Fourth Edition. Upper Saddle River.
- Batmaz, T., Bayraç, H. N. ve Güllü, M. (2019). “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Büyüme ve Karbon Emisyonu İlişkisi”. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6 (3), 645-658.
- Bektaş, B., Hakyemez, C., Yanık, E. ve Kavak, K. (2019). *Enerji Sektörel Görünüm*. İstanbul: TSKB Danışmanlık Hizmetleri.
- Ben-David, D., Lumsdaine, R.L. ve Papell, D.H. (2003). “Unit Roots, Postwar Slowdowns and Long-Run Growth: Evidence From Two Structural Breaks”. *Empirical Economics*, 28 (2), 303.
- Bilgiç, S. K. (2018). *Türkiye’de Elektrik Talebinin Belirleyicileri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bilginoğlu, M. A. ve Dumrul, C. (2012). “Türk Ekonomisinin Enerji Bağımlılığı Üzerine Bir Eş-Bütünleşme Analizi”. *Journal of Yaşar University*, 7 (26), 4392-4414.
- Bilirgen, Ü. (2019). *Enerji Sektörel Bakış*. İstanbul: kpmg.com.tr.
- Bölük, G. (2013). “Renewable Energy: Policy Issues and Economic Implications in Turkey”. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3 (2), 153-167.
- BP (2019), *Statistical Review of World Energy June 2019*. bp.com/statisticalreview
- BP (2020), *Statistical Review of World Energy June 2020*. bp.com/statisticalreview
- Butterfield, L.J.W., Gillette, B. A. ve Shin, R. (2003). *Geothermal Energy (Five Activities)*. Colorado: National Renewable Energy Laboratory.
- Cora, E. (2019). *Hydropower Technologies: the State-of-the-Art (WP4-DIRp-02)*. Brüksel: The Hydropower Europe/Eurec.

- Çakmak, N. M. (2017). “Gelir Vergisi Kanunu’na Göre Binaların Çatı ve Cephelerinde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Üretilen Elektriğe Getirilen Vergi Muafiyeti”. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 22 (4), 173-195.
- Çalık, A. E. ve Şirin, H. (2017). “Türkiye’deki Elektrik Enerji İhtiyacının Matematiksel Bir Modellemesi”. *Sakarya University Journal of Science*, 21 (6), 1475-1482.
- Çelebi, A. (2012). *Development Dynamics of Solar Energy: Case of Turkey*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çınar, S. ve Yılmaz, M. (2015). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belirleyicileri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler Örneği”. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 30 (1), 55-78.
- Çınar, U. (2019). *Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketiminin Temel Belirleyicileri: Bir Zaman Serisi Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Dejong, D. N., Nankervis, J. C., Savin, N. E. ve Whiteman, C. H. (1992). “The Power Problems of Unit Root Test in Time Series with Autoregressive Errors”. *Journal of Econometrics*, 53 (1-3), 323-343.
- Demirtaş, Ö. (2013). “Evaluating the Best Renewable Energy Technology for Sustainable Energy Planning”. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 3, 23-33.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1979). “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”. *Journal of the American Statistical Association*, 74 (366), 427-431.
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1981). “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root”. *Econometrica*, 49 (4), 1057-1072.
- Dickson, M. H. ve Fanelli, M. (2002). “What is Geothermal Energy”. *Istituto di Geoscienze Georisorse*, Pisa, Italy. <http://users.metu.edu.tr/mahmut/pete450/Dickson.pdf>

- Dilaver, Z. ve Hunt, L. C. (2011a). "Industrial Electricity Demand for Turkey: A Structural Time Series Analysis". *Energy Economics*, 33 (3), 426-436.
- Dilaver, Z. ve Hunt, L. C. (2011b). "Turkish Aggregate Electricity Demand: An Outlook to 2020". *Energy*, 36 (11), 6686-6696.
- Dilaver, Z. ve Hunt, L.C. (2011c). "Modelling and Forecasting Turkish Residential Electricity Demand". *Energy Policy*, 39 (6), 3117-3127.
- DSİ (2020), *Hidroelektrik Enerji*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/enerji.pdf?sfvrsn=2>
- Ekinci, F. (2019). "YSA ve ANFIS Tekniklerine Dayalı Enerji Tüketim Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1029-1044.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*. Hoboken, NJ: J. Wiley.
- Enerji Verimliliği Kanunu. (2007). *T.C. Resmi Gazete*, 26510, 18 Nisan 2007.
- Engle, R.F. ve Granger, C.W.J. (1987). "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing". *Econometrica*, 55 (2), 251-276.
- EPİAŞ (2019). *2018 Yılı Elektrik Piyasaları Özet Bilgiler Raporu*, Ankara: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
- Erdoğan, E. (2007). "Electricity Demand Analysis Using Cointegration and ARIMA Modelling: A Case Study of Turkey". *Energy Policy*, 35 (2), 1129-1146.
- Erkal, G. (2014). *Mega Spor Etkinliklerinin Ekonomik Etkilerinin Ekonometrik Simülasyon Yöntemi İle İncelenmesi: 2011 Dünya Üniversiteler Kış Oyunları Örneği* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Esen, Ö. (2013). *Sürdürülebilir Büyüme Bağlamında Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu: 2012-2020 Dönemi Enerji Açığı Projeksiyonu* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Estaban, M., Zhang, Q. ve Utama, A. (2012). "Estimation of the Energy Storage Requirement of a Future 100% Renewable Energy System in Japan". *Energy Policy*, 47, 22-31.

ETKB (2019). https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf

ETKB (2020). <https://enerji.gov.tr/>

Evrendilek, F. ve Ertekin, C. (2003). "Assessing the Potential of Renewable Energy Sources in Turkey". *Renewable Energy*, 28, 2303–2315.

Fernandes, L. ve Ferreira, P. (2014). "Renewable Energy Scenarios in the Portuguese Electricity System". *Energy*, 69, 51-57.

Flora, A., Özenç, B. ve Wynn, G. (2019). "Yeni Teşvikler Türkiye'nin Çatı Tipi Güneş Enerjisi Sektörünü Aydınlatıyor". *Institute for Energy Economics and Financial Analysis*". 1-12.

Fridleifsson, I.B. (2003). "Status of Geothermal Energy Amongst the World's Energy Sources". *Geothermics*, 32 (4-6), 379–388.

Furuncu, Y. (2020). "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Res ve Ges Yatırımları". *Seta*, (295), 1-2.

Gelir Vergisi Genel Tebliği. (2018). *T. C. Resmi Gazete*, 30448, 11 Haziran 2018.

Gerrard, W.J. ve Godfrey, L.G. (1998). "Diagnostic Checks for Single-Equation Error-Correction and Autoregressive Distributed Lag Models". *Manchester School*, 66 (2), 222-237.

Glynn, J., Perera, N. ve Verma, R. (2007). "Unit Root Tests and Structural Breaks: A Survey with Applications". *Journal of Quantitative Methods for Economics and Business Administration*, 3 (1), 63-79.

Gorjian, S. (2017). "An Introduction to the Renewable Energy Resources". Tehran: Tarbiat Modares University Mechanical & Biosystems Eng. Dep., https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/6/6_2020_02_20!07_05_25PM.pdf

Granger, C.W.J. (1981). "Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification". *Journal of Econometrics*, 16 (1), 121-130.

Granger, C.W.J. ve Weiss, A.A. (1983). "Time Series Analysis of Error Correction Models' in S. Karlin, T. Amemiya & L.A. Goodman (Eds.)". *Studies in Econometric Time-Series and Multivariate Statistics*, Academic Press, New York, 255-278.

- Gregory, A.W. ve Hansen, B.E. (1996). “Residual-Based Tests for Cointegration in Models with Regimeshifts”. *Journal of Econometrics*, 70 (1), 99-126.
- Gujarati, D. N. ve D. C. Porter. (2012). *Temel Ekonometri*. (Çev: Ümit Şenesen ve Gülay Günlük Şenesen). İstanbul: Literatür Yayınları.
- Güleç, A. ve Çakmak, M.Y. (2019). *Küresel Yenilenebilir Enerji Trendleri*. İstanbul: The Deloitte Times.
- Güngör, Ö. (2016). *Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: VAR Analizi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Hacımale, A., Hakyemez, C., Uz, C., Tütüncü, E.G., Saitoğlu, E. ve Kavak, K. (2018). *Sektörel Görünüm: Enerji*. İstanbul: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası.
- Hamzaçebi, C. (2007). “Forecasting of Turkey’s Net Electricity Energy Consumption on Sectoral Bases”. *Energy Policy*, 35 (3), 2009-2016.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F. (2004). “Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 19 (3), 227- 233.
- Hotunoğlu, H. ve Yılmaz, O. (2015). “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye”. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2 (2), 74-97.
- “Hydroelectric Power”. (2005). *Reclamation, Managing Water in the West*, <https://www.usbr.gov/power/edu/pamphlet.pdf>
- “Hydropower”. (2018). *The NEED Project Secondary Energy Infobook*, <https://www.need.org/wp-content/uploads/2019/10/Secondary-Energy-Infobook.pdf>
- IEA (2020). <https://www.iea.org/data-and-statistics?>
- IEA (2020) <https://www.iea.org/reports/covid-19-impact-on-electricity>
- IEA (2020) <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>

- IEA (2004). *Renewable Energy: Market and Policy Trends in IEA Countries*. IEA, OECD, Paris, France.
- IMF (2019). IMF Country Report No. 19/395.
- Inder, B. (1993). "Estimating Long-Run Relationships in Economics: A Comparison of Different Approaches". *Journal of Econometrics*, 57 (1-3), 53-68.
- Ito, T. ve Ruiz, C. (2017). "Geothermal Power: Technology Brief, www. irena.org
- İğde, E. (2010). *Yapısal Değişiklik Altında Birim Kök Testleri ve Bazı Makro İktisadi Değişkenler Üzerine Uygulamalar* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- İlleez, B. (2018). "Türkiye’de Biyokütle Enerjisi". *Türkiye’nin Enerji Görünümü*, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_2_0.pdf
- Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). "Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration: With Applications to the Demand for Money". *Oxford Bulletin of Economics & Statistics*, 52 (2), 169-210.
- Jung, J. (2014). *Economic And Policy Analysis For Solar Pv Systems In Indiana* (Degree of Master of Science). Indiana: Purdue University.
- Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ. (2017). "Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji". *SETA Analiz Dergisi*, 4 (197), 5-32.
- Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H.M. (2007). "Türkiye’de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı". *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8 (1), 72-80.
- Karagöl, E.T. ve Tür, M.R. (2017). "Türkiye’de Elektrik Enerjisi". *SETA Yayınları*, (96), 1-43.
- Karahan, M. (2011). *İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmin Uygulaması* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kavaz, İ. (2019). "Sürdürülebilirlik Politikaları Çerçevesinde Enerji Verimliliği". *SETA Analiz*, 287 (1-8).

- Kaya, K., Şenel, M. ve Koç, E . (2018). “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi”. *Technological Applied Sciences*, 13 (3), 219-234.
- Kaynar, O., Yüksek, A.G. ve Demirkoparan, F., (2016). “Genetik Algoritma İle Eğitilmiş Destek Vektör Regresyon Kullanılarak Türkiye’nin Elektrik Tüketim Tahmini”. *İktisat Fakültesi Mecmuası*, 66 (2), 45-60.
- Kazan, A. (2001). “Ekonomik Simülasyon ve Bir Uygulama”. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 19-34.
- Keskinkılıç, S. (2019). *Yenilenebilir Enerji-Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisan Tezi). Karaman: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Khan, K. A., Manir, S. M. M., Islam, M. S., Jahan, S., Hassan, L. ve Ali, M. H. (2018). “Studies on Nonconventional Energy Sources for Electricity Generation”. *International Journal Of Advance Research And Innovative Ideas In Education*, 4 (4), 229 – 244.
- Khan, S., Paliwal, V., Pandey, V.V. ve Kumar, V. (2015). “Biomass as Renewable Energy”. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, 2 (1), 300-304.
- Kılınç, N. Ş. (2014). *Sanayi Sektöründe Enerji Talep Esnekliklerinin Tahmini: OECD Ülkeleri Örneği* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Koç, E. ve Kaya, K. (2015). “Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu”. *Mühendis ve Makina*, 56 (668), 36-47.
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu–Genel Değerlendirme”. *Mühendis ve Makina*, 54 (639), 32-44.
- Koç, E., Kaya K. ve Şenel, C.M. (2017). “Türkiye’de Sanayi Sektörü ve Temel Sanayi Göstergeleri – Ekonomik Güven Endeksi”. *Engineer and Machinery*, 58 (688), 15-37.

- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). "Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure are We that Economic Time Series have a Unit Root?". *Journal of Econometrics*, 54 (1-3), 159-178.
- Law, A. M., Kelton, W. D. ve Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis (Second Edition)*. New York: McGraw-Hill.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2001). "Break Point Estimation and Spurious Rejections with Endogenous Unit Root Tests". *Oxford Bulletin of Economics & Statistics*, 63 (5), 535.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2003). "Minimum Lagrange Multiplier Unit Root Test with Two Structural Breaks". *The Review of Economics and Statistics*, 85 (4), 1082-1089.
- Lee, J. ve Strazicich, M.C. (2004). "Minimum LM Unit Root Test with One Structural Break". Appalachian State University, Boone, NC.
- Lumsdaine, R.L. ve Papell, D.H. (1997). "Multiple Trend Breaks and The Unit Root Hypothesis". *The review of Economics and Statistics*, 79 (2), 212-218.
- Lund, H. (2007). "Renewable Energy Strategies for Sustainable Development". *Energy*, 32, 912–919.
- Mah, J.S. (2000). "An Empirical Examination of the Disaggregated Import Demand of Korea–The Case of Information Technology Products". *Journal of Asian Economics*, 11 (2), 237.
- McKendry, P. (2002). "Energy Production from Biomass (Part 2): Conversion Technologies". *Bioresource Technology*, 83, 47–54.
- Mert, M. ve Çağlar, E.A. (2019). *EViews ve GAUSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- MGM (2020). <https://www.mgm.gov.tr>.
- Michaelides (Stathis), E.E. (2012). *Alternative Energy Sources*. London, New York: Springer.

- Michalena, E. ve Hills, J. M. (2013). "Renewable Energy Governance". *Lecture Notes in Energy*, 57.
- Mohtasham, J. (2015). "Renewable Energies". *Energy Procedia*, 74, 1289-1297.
- MTA (2020). <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>
- Nagpurwala, Q. H. (2008). "Hydraulic Turbines". *MS Ramaiah School of Advanced Studies*.
- Narayan, P. K. (2005). "The Saving And Investment Nexus For China: Evidence From Cointegration Tests". *Applied Economics*, 37 (17), 1979-1990.
- Narayan, P.K. ve Popp, S. (2010). "A New Unit Root Test with Two Structural Breaks in Level and Slope at Unknown Time". *Journal of Applied Statistics*, 37 (9), 1425-1438.
- Natural Gas Knowledge (2015). *Eni Scuola*, <http://www.eniscuola.net>.
- Nelson, C.R. ve Plosser, C.R. (1982). "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications". *Journal of Monetary Economics*, 10 (2), 139-162.
- Newey, W.K. ve West, K.D. (1987). "A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix". *Econometrica*, 55 (3), 703-708.
- Ng, S. ve Perron, P. (1995). "Unit Root Tests in ARMA Models with Data-Dependent Methods for the Selection of the Truncation Lag". *Journal of the American Statistical Association*, 90 (429), 268-281.
- Nişancı, M. (2005). "Türkiye’de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki". *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*.
- Nunes, L., Newbold, P. ve Kuan, C. (1997). "Testing for Unit Roots with Breaks: Evidence on the Great Crash and the Unit Root Hypothesis Reconsidered". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59 (4), 435-448.

- Nwulu, N.I. ve Agboola, O.P. (2011). “Utilizing Renewable Energy Resources to Solve Nigeria’s Electricity Generation Problem”. *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering*, 3 (1), 15-20.
- Özdemir, A., Pınarlık, M. ve Ercan, E. (2017). “Sürdürülebilir Binalar İçin Dünyada Uygulanan Devlet Teşvikleri ve Uygulamaların İncelenmesi”. *Türk Bilim Araştırma Vakfı*, 10 (1), 52-60.
- Özger, Y.E., Akpınar, M., Musayev, Z., Yaz, M., (2019). “Electrical Load Forecasting Using Genetic Algorithm Based Holt-Winters Exponential Smoothing Method”. *Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences*, 2 (2), 108-123.
- Park, N.B., Yun, S.J. ve Jeon, E.C. (2013). “An Analysis of Long-Term Scenarios for the Transition to Renewable Energy in the Korean Electricity Sector”. *Energy Policy*, 52, 288-296.
- Paska, J. ve Surma, T. (2014). “Electricity Generation from Renewable Energy Sources in Poland”. *Renewable Energy*, 71, 286-294.
- Pençe, İ., Kalkan, A. ve Şişeci Çeşmeli, M. (2019). “Türkiye Sanayi Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2017-2023 Dönemi İçin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini”. *Makü-Uyg. Bil. Derg.*, 3 (2), 206-228.
- Perron, P. (1989). “The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis”. *Econometrica*, 57 (6), 1361-1401.
- Perron, P. (1997). “Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Variables”. *Journal of Econometrics*, 80 (2), 355-385.
- Perron, P. ve Vogelsang, T.J. (1992). “Nonstationarity and Level Shifts with an Application to Purchasing Power Parity”. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10 (3), 301.
- Pesaran, H.M. ve Pesaran, B. (2009). “Time Series Econometrics”. *Oxford University Press*, Oxford.
- Pesaran, M.H., Shin, Y. ve Smith, R.J. (2001). “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships”. *Journal of Applied Econometrics*, 16 (3), 289-326.

- Phillips, P. ve Perron, P. (1988). "Testing for a Unit Root in Time Series Regression". *Biometrika*, 75 (2), 335-346.
- Polat, S. ve Şekerci, H. (2011). "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Konumu ve Gelecek Hedefleri". *Yaşar Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Dergisi*, https://www.emo.org.tr/ekler/c7d4b893c29b329_ek.pdf
- Popp, S. (2008). "New Innovational Outlier Unit Root Test with a Break at an Unknown Time". *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 78, (2), 1145-1161.
- Pourazam, E. (2012). *Electricity Demand Analysis in Different Sectors, A Case Study of Iran*. (Degree Doctor of Philosophy). İran: University of Wollongong School of Economics, Faculty of Commerce.
- Rothman, P. (1997). "More Uncertainty About the Unit Root in U.S. Real GNP". *Journal of Macroeconomics*, 19 (4), 771-780.
- SBB (2019). *Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı*, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>.
- Schmalensee, R. (2011). "Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy". *Review of Environmental Economics and Policy*, 6 (1), 45-64.
- Schmidt, P. ve Phillips, P.C.B. (1992). "LM Tests for a Unit Root in the Presence of Deterministic Trends". *Oxford Bulletin of Economics & Statistics*, 54 (3), 257-287.
- Schwert, G.W. (1989). "Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation". *Journal of Business and Economic Statistics*, 7 (2), 147-159.
- Serkendiz, H., Tatlı, H. ve Öztürk, B. (2018). "Türkiye'deki Potansiyel Rüzgâr Enerji Yoğunluğunun Yeniden Tanımlanması". *Journal of Awareness*, 3 (özel sayı), 739-750.
- Sevim, U. ve Karaman, G. (2019). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Finansman Yöntemleri: Geçmişten Günümüze Eğilimlerin İncelenmesi". *Asya Studies*, 2 (8), 97-109.
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2014). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi: EViews Uygulamalı*. Bursa: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd.Şti.

- Shah, S.A. (2012). *Analysis of Solar Energy Production, Utilisation and Management for Facilitating Sustainable Development in and Around the Deserts of Pakistan*. (Degree of Doctor of Philosophy). Manchester: University of Manchester Faculty of Engineering and Physical Science.
- Sigfusson, B. ve Uihlein, A. (2015). “*Technology, Market and Economic Aspects of Geothermal Energy in Europe*”. 2015 JRC Geothermal Energy Status Report.
- Şenel, M. C. ve Koç, E., (2015). “Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme”. *Mühendis ve Makina*, 56 (663), 46-56.
- Şerife, A. ve Özata, E. (2019). “Türkiye’de Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarından Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Analizi”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12 (68), 1018-1030.
- Tarı, R. (2018). *Ekonometri*. 13. Baskı, Kocaeli: Umuttepe Yayınları
- TEDAŞ (2020). *2019 Yılı Türkiye Elektrik Dağıtım Sektör Raporu*, Ankara: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
- TEİAŞ (2018). *Türkiye Elektrik Üretim - İletim İstatistikleri*, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>.
- TKİK (2019). *Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2018*. Ankara: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu.
- Toksarı, M. D. (2009). “Estimating the Net Electricity Energy Generation and Demand Using the Ant Colony Optimization Approach: Case of Turkey”, *Energy Policy*, 37 (3), 1181-1187.
- TSKB (2020). *Enerji Görünümü*. <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf>
- Tugal, N. (2014). *Enerji Talebi ve Enerji Talebini Belirleyen Faktörler: Türkiye Uygulaması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- TUİK (2020). <http://www.resmiistatistik.gov.tr/detail/subject/enerji-istatistikleri/>

- Türker, L., Köksal, M.A., (2008). “Türkiye’nin Uzun Dönem Elektrik Talebi Ve Buna Bağlı CO₂ Emisyonunun Tahmini”. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, (822-833), Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Üstün, A.K., Meltem, A., Filik, Ü.B. ve Kurban, M. (2009). “Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış”. *YEKSEM 2009 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (23-29). Diyarbakır: Emo Yayınları.
- Vogelsang, T.J. (1994). “Wald-Type Tests for Detecting Shifts in the Trend Function of a Dynamic Time Series”. *Manuscript, held by Cornell University*.
- Vogelsang, T.J. ve Perron, P. (1998). “Additional Tests for a Unit Root Allowing for a Break in the Trend Function at an Unknown Time”. *International Economic Review*, 39 (4), 1073-1100.
- WB (2020). <https://www.worldbank.org/tr/country/turkey>
- “Wind Energy Benefits”. (2015). *Energy Efficiency & Renewable Energy. U.S. Department of Energy*. wind.energy.gov/windexchange.
- “Wind Energy: Advantages and Disadvantages”. (2012). Source: <http://www.ianswer4u.com/2012/02/wind-energy-advantages-and-disadvantages.html> #axzz3Qs5RV0Sb
- Yavuz, N.Ç. (2004). “Durağanlığın Belirlenmesinde KPSS ve ADF Testleri: İMKB Ulusal-100 Endeksi ile Bir Uygulama”. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 54 (1), 239-247.
- Yaylalı, M. ve Lebe, F. (2013). “Konut Sektörünün Elektrik Talebi: Türkiye İçin Talep Tahmini ve Öngörü”. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3, 119-145.
- Yeğen, B. (2018). “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Gelir Vergisi Esnaf Muafılığı Uygulaması”. *ICPESS 2018 PROCEEDINGS Economic Studies*, 2, 40.
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği. (2016). *T.C. Resmi Gazete*, 29852, 9 Ekim 2016.

- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. (2005). *T.C. Resmi Gazete*, 25819, 10 Mayıs 2001.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. (2010). *T.C. Resmi Gazete*, 27809, 29 Aralık 2010.
- Yılmaz, A. (2012). *Türkiye’de Sektörel Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Alternatif Enerji Politikaları* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, Ş. (2018). “Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu”. *Türkiye Enerji Görünümü*, <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu201820.pdf>
- Yiğit, V. (2011). “Genetik Algoritma İle Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini”. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3 (2), 37-41.
- Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E. (2004). “Electric Energy Demand of Turkey For The Year 2050”. *Energy Sources*, 26 (12), 1157-1164.
- Yurdadoğ, V. ve Tosunoğlu, Ş. (2017). “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları”. *Eurasian Academy Of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 9, 1-21.
- Yüksek, M. (2019). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu*. Çerkezköy Ticaret ve Sanayi Odası. https://www.cerkezkoytso.org.tr/uploads/docs/yenilenebilir_enerji_kaynaklari_raporu.pdf
- Zafar, U. (2018). *Literature Review of Wind Turbines*. Weimar: Chair of Geotechnical Engineering Bauhaus Universität.
- Zhang, Q., Ishihara, K.N., Mclellan, B.C. ve Tezuka, T. (2012). “Scenario Analysis on Future Electricity Supply and Demand in Japan”. *Energy*, 38, 376-385.
- Zivot, E. ve Andrews, D.W.K. (1992). “Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis” *Journal of Business & Economic Statistics*, 10 (3), 251.

Zoet, A., Bowyer, J., Bratkovich, S., Frank, M. ve Fernholz, K. (2011). *Geothermal 101: The Basics And Applications of Geothermal Energy*. Minneapolis: Dovetail Partners, Inc.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
<i>Adı Soyadı</i>	Fatih SOĞUKPINAR
<i>Doğum Yeri ve Tarihi</i>	Erzurum / 1981
Eğitim Durumu	
<i>Lisans Öğrenimi</i>	Kocaeli Üniversitesi/ Mühendislik Fakültesi/ Jeoloji Mühendisliği
<i>Yüksek Lisans Öğrenimi</i>	Atatürk Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme / Sayısal Yöntemler
<i>Yabancı Dil</i>	İngilizce
İş Deneyimi	
<i>Çalıştığı Kurumlar</i>	UBM Müşavirlik Temat & Gözlem Müşavirlik
<i>E- Posta</i>	sogukpinarfatih@hotmail.com