



**DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜNDE YENİLENEBİLİR  
ENERJİ KAYNAKLARININ YAYGIN  
KULLANILAMAMA SEBEPLERİNİN BULANIK  
ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP)  
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ-KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ**

**Sümeyye ŞANLI**

**2020  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**DEMİR – ÇELİK SEKTÖRÜNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
KAYNAKLARININ YAYGIN KULLANILAMAMA SEBEPLERİNİN  
BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP) YÖNTEMİ İLE  
ANALİZİ – KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ**

**Sümeyye ŞANLI**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**KARABÜK  
Nisan 2020**

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

**DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ  
KAYNAKLARININ YAYGIN KULLANILAMAMA SEBEPLERİNİN  
BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP) YÖNTEMİ İLE  
ANALİZİ-KARABÜK İLİ ÖRNEĞİ**

**Sümeyye ŞANLI**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**Nisan 2020, 173 sayfa**

Geçmişten günümüze kadar değerini kaybetmeden gelen enerji, ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmasında en etkili faktörlerden biri olmuştur. Günümüz dünyasında artan nüfus ve sanayileşmenin de etkisiyle daha fazla enerji ihtiyacı meydana gelmiştir. Dolayısıyla enerji üretimi için kullanılan kaynaklar da önem kazanmıştır. Türkiye gibi özellikle gelişmekte olan ülkeler, yoğun olarak kullanılan fosil enerji kaynakları bakımından yeterli rezerve sahip olmadığından dışa bağımlı durumdadırlar. Ayrıca enerji üretiminde fosil kaynakların kullanımı, her geçen gün zararlı gazların salınımını daha da arttırarak tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Bu sebeplerden dolayı yoğun enerjiye ihtiyaç duyan alanların başında gelen demir-çelik sektöründe de yenilenebilir kaynakların kullanımı son derece önem arz etmektedir.

Demir-elik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının yeteri kadar kullanılmamasının sebeplerini analiz etmek amacıyla hazırlanan bu alışma, Türkiye'nin demir-elik sektöründe öncü şehirlerinden olan Karabük ilinde uygulanmıştır. Uygulamada ok Kriterli Karar Verme metodlarından olan Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) bulanık mantık ile entegrasyonu sonucu oluşan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi uygulanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-elik sektöründe düşük seviyelerde tercih edilmesine sebep olabilecek dört ana kriter belirlenmiştir. Bu kriterler; "Teknik sebepler", "Ekonomik sebepler", "Sosyal sebepler" ve "evresel sebepler". Bu dört ana kritere bağlı 20 alt kriteri içeren bir anket çalışması hazırlanmıştır. Anketler aracılığıyla 13 demir-elik işletmesinden alınan uzman görüşleri ile en etkili sebeplerin tespiti yapılmıştır. Bu alışma ile yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-elik sektöründe daha fazla kullanılmamasının nedenleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Buna göre demir-elik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının çok fazla tercih edilmemesinde etkili faktörler önemlilik sırasına göre ekonomik, teknik, çevresel ve sosyal sebeplere bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler** : Demir-elik Sektörü, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, ok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP), Karabük

**Bilim Kodu** : 90602

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE ANALYSIS OF THE REASONS WHY RENEWABLE ENERGY SOURCES ARE NOT COMMONLY USED IN THE IRON AND STEEL INDUSTRY – KARABUK PROVINCE SAMPLE**

**Sümeyye ŞANLI**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Industrial Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Filiz ERSÖZ**

**April 2020, 173 pages**

Energy, which has come from the past without losing value, has been one of the most influential factors in economic and social development of countries. In today's world, more energy needs have occurred due to the increasing population and industrialization. Therefore, resources used for energy production have also gained importance. Especially developing countries such as Turkey are dependent on outside since they do not have sufficient reserves of fossil energy that are heavily used. In addition, the use of fossil resources in energy production has reached dangerous levels by increasing the release of harmful gases day by day. For these reasons, the use of renewable resources is extremely important in the iron and steel industry, which is one of the areas that need intense energy. This study has been prepared to analyse the reasons of not using enough renewable energy resources in the iron and steel industry, and implemented in Karabük, which is one of the pioneering cities in the industry.

In practice, the Fuzzy Analytical Hierarchy Process (BAHP) method, which is the result of the integration of fuzzy logic and the Analytical Hierarchy Process (AHP), which is one of the Multiple Criteria Decision-Making methods, was applied. Four main criteria that can cause renewable energy sources to be preferred at low levels in the iron and steel sector have been determined. These criteria are “Technical reasons”, “Economic reasons”, “Social reasons” and “Environmental reasons”. A survey study including 20 sub criteria related to these four main criteria was prepared. Through the surveys, the most effective reasons were identified with the expert opinions received from 13 iron and steel enterprises. With this study, the reasons for not using renewable energy resources more in the iron and steel industry are tried to be revealed. Accordingly, it has been concluded that effective factors in the non-preference of renewable energy sources in the iron and steel industry depend on economic, technical, environmental and social reasons in order of importance.

**Key Words** : Iron and Steel Industry, Renewable Energy Sources, Multi-Criteria Decision Making Methods, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (BAHP), Karabük

**Science Code:** 90602

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca her zaman yanımda olan, bu tezin planlanmasında, uygulanmasında, tamamlanmasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, engin tecrübe ve bilgilerinden beni yoksun bırakmayan, gösterdiği sabırlı ve duyarlı yaklaşımıyla yaőadığım zorlukları atlatmamda yardımcı olan, hissettirdiği güven ve samimiyet duyguları ve çok daha fazlası için kıymetli danıőman hocam Prof. Dr. Filiz ERSÖZ'e sonsuz minnet ve teőekkürlerimi sunarım.

Her zaman desteklerini hissettiğim, özellikle bu süreç boyunca zaman zaman düőtüğüm karamsarlığı varlıkları ile aydınlatan ikinci ailem olarak gördüğüm çok sevgili Özgan Ailesine her Őey için teşekkür ederim.

Uzun yıllardır varlıkları ile hayatıma değer katan, her zaman bana güvenip desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşlarıma bu süreçte de gösterdikleri destek ve yardımlar için çok teşekkür ederim.

Bu tezde kullanılan anket çalışmalarına katkıda bulunarak değerli görüşlerini bizimle paylaşan Karabük demir-çelik sektörü çalışanlarına teşekkür ederim.

Ve son olarak, bugün bu satırları yazabilmek için edindiğim tüm birikimleri bana sağlayan, her koşulda yanımda olan, varlıkları için her daim minnettar kaldığım, en değerlilerim sevgili aileme sonsuz teőekkürler...



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	6
ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ.....	6
2.1. DÜNYANIN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ .....	6
2.2. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ.....	9
BÖLÜM 3 .....	15
ENERJİ KAYNAKLARI.....	15
3.1. YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAKLARI.....	19
3.1.1. Fosil Kaynaklı Enerji.....	21
3.1.1.1. Kömür.....	22
3.1.1.2. Petrol.....	26
3.1.1.3. Doğalgaz .....	30
3.1.2. Nükleer Enerji.....	33
3.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	36
3.2.1. Yenilenebilir Enerjinin Gerekliliği ve Önemi .....	38
3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çeşitleri .....	41
3.2.2.1. Hidroelektrik Enerji.....	42

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi .....	49
3.2.2.3. Güneş Enerjisi .....	58
3.2.2.4. Jeotermal Enerji .....	68
3.2.2.5. Biyokütle Enerjisi .....	75
3.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI .....	82
3.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	84
BÖLÜM 4 .....	92
DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ .....	92
4.1. DÜNYADA DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ .....	94
4.2. TÜRKİYE'DE DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ .....	97
4.3. DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜNDE ENERJİ .....	101
BÖLÜM 5 .....	108
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME .....	108
5.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ .....	110
5.2. BULANIK MANTIK .....	116
5.3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ .....	118
5.4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	120
5.5. MATERYAL .....	126
5.6. METOT .....	127
BÖLÜM 6 .....	129
UYGULAMA .....	129
BÖLÜM 7 .....	146

	<b><u>Sayfa</u></b>
SONUÇ ve DEĞERLENDİRME .....	146
KAYNAKLAR .....	151
EK AÇIKLAMALAR A. ....	163
EK AÇIKLAMALAR B. ....	171
ÖZGEÇMİŞ .....	173

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Dünya enerji istatistikleri .....	7
Şekil 2.2. Birincil enerji kaynaklarının farklı senaryolara göre 2018-2040 yılları arasında enerji üretimindeki olası payları. ....	8
Şekil 3.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	16
Şekil 3.2. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesi ve enerji geçişi .....	17
Şekil 3.3. Dünyada 2016-2040 yılları arasında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için tahmini yatırımlar.....	18
Şekil 3.4. Türkiye'nin elektrik üretiminde yararlanılan enerji kaynakları .....	19
Şekil 3.5. Dünyadaki ve Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının yıllık tüketim miktarları .....	20
Şekil 3.6. Fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin kalan ömürleri .....	22
Şekil 3.7. Dünyada sektörlere göre kömür tüketimi.....	25
Şekil 3.8. Türkiye'de sektörlere göre kömür tüketimi .....	26
Şekil 3.9. Türkiye'nin ülkeler bazında petrol ithalatı.....	29
Şekil 3.10. Bölgelere göre petrol rezerv ömrü .....	30
Şekil 3.11. Bölgeler bazında dünya doğalgaz üretimi .....	31
Şekil 3.12. Bölgeler bazında dünya doğalgaz tüketimi.....	32
Şekil 3.13. Bölgeler bazında dünya doğalgaz rezerv miktarı ve kalan ömrü.....	33
Şekil 3.14. Dünyada nükleer santral olan bölgeler .....	35
Şekil 3.15. Dünyada nükleer santral inşa edilen bölgeler .....	35
Şekil 3.16. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan tesislerin kurulu güç gelişimi.....	37
Şekil 3.17. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarı ve toplam üretime katkısı .....	38
Şekil 3.18. Sürdürülebilir Kalkınma Planına göre 2000-2030 arasında gerçekleşen ve tahmin edilen hidroelektrik üretimi.....	44
Şekil 3.19. Bazı ülkeler ve bölgelerin 2016, 2017, 2018 yıllarında gerçekleşen hidroelektrik kapasite artışı .....	45
Şekil 3.20. Yıllara göre faaliyete geçen HES sayısı.....	48
Şekil 3.21. Dünya kara rüzgâr pazarına göre ilk beş ülkenin toplam kurulu gücü ile toplam kurulu güç yıllık değişimi .....	51

Şekil 3.22. Rüzgâr enerjisinin karada yıllık yeni kurulu kapasitesi .....	52
Şekil 3.23. Rüzgâr enerjisinin denizde yıllık yeni kurulu kapasitesi .....	52
Şekil 3.24. Rüzgâr enerjisinin toplam yıllık yeni kurulu kapasitesi .....	53
Şekil 3.25. Karada rüzgâr enerjisinin yeni kurulu kapasitesi ilk beş pazarı .....	54
Şekil 3.26. İşletmedeki RES'lerin bölgelere göre dağılımı.....	55
Şekil 3.27. Türkiye RES yıllık kurulu kapasitesi.....	56
Şekil 3.28. Türkiye'de elektrik üretiminde RES'lerin aylık payı .....	57
Şekil 3.29. Yıllık kurulu rüzgâr gücü (MWm).....	58
Şekil 3.30. 2018 yılında dünyada kişi başına düşen PV kullanım yoğunluğu .....	60
Şekil 3.31. Ülkelerin yıllık PV kurulumlarının gelişimi (GW).....	61
Şekil 3.32. PV pazarında en iyi ülkelerin pazar payı gelişimleri .....	63
Şekil 3.33. 1988-2017 arası yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi (saat/gün)....	65
Şekil 3.34. Türkiye'nin 2011-2018 arası yıllık küresel güneş radyasyonu verileri dağıtım ve eğilimi .....	66
Şekil 3.35. Türkiye güneş enerjisi kurulu gücü ve elektrik üretimi eğilimi.....	67
Şekil 3.36. Dünyada jeotermal kaynakların doğrudan ve dolaylı kullanıldığı yerler.	70
Şekil 3.37. Türkiye'nin jeotermal kaynakları harita gösterimi .....	73
Şekil 3.38. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının bölgelere göre dağılımı .....	74
Şekil 3.39. Türkiye'de jeotermal enerji üretim gücü .....	75
Şekil 3.40. Dünyada biyoenerji yıllık kurulu kapasite artışı .....	78
Şekil 3.41. Küresel geleneksel biyoyakıt üretimi.....	79
Şekil 3.42. Kaynaklarına göre biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretiminin 1991-2018 yıl aralığındaki değişimi .....	80
Şekil 3.43. Kaynaklara göre biyokütle enerjisinden ısı üretiminin 2006-2018 yılları arasındaki değişimi .....	81
Şekil 4.1. Türkiye çelik haritası.....	98
Şekil 4.2. Türkiye ve dünyanın çelik üretim durumları .....	99
Şekil 4.3. Türkiye'nin aylık ham çelik üretimindeki yeri (Bin ton).....	100
Şekil 4.4. Türkiye çelik sektörü genel durumu .....	101
Şekil 4.5. Demir-çelik sektöründe enerji kaynakları ve kullanılan enerji yoğunluğu .....	103
Şekil 4.6. Demir ve çelikte doğrudan CO2 yoğunluğu .....	105

## **Sayfa**

Şekil 5.1. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması.....	114
Şekil 5.2. Üçgen bulanık sayı.....	117
Şekil 6.1. Kriterlere ait hiyerarşik yapı .....	131
Şekil 6.2. Ana kriterler önem dereceleri.....	134
Şekil 6.3. Ekonomik sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri .....	137
Şekil 6.4. Teknik sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri.....	139
Şekil 6.5. Çevresel sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri.....	141
Şekil 6.6. Sosyal sebeplere bağlı alt kriterlerin önem dereceleri .....	143

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1.	Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi .....	10
Çizelge 2.2.	2008-2017 yılları doğalgaz üretim miktarları (Milyon Sm <sup>3</sup> ).....	11
Çizelge 2.3.	Enerji sektörü hedefleri .....	13
Çizelge 3.1.	Kömür rezervlerinin kalitesine ve bölgelere göre dağılımı (Milyon Ton) .....	23
Çizelge 3.2.	2015 ve 2018 yılları ülkelere göre petrol rezervi .....	27
Çizelge 3.3.	Türkiye’de HES potansiyel durumu.....	47
Çizelge 3.4.	En iyi 10 PV pazarının gelişimi.....	62
Çizelge 3.5.	Türkiye’nin 1985-2018 arası aylık ortalama günlük güneşlenme süresi ve 2011-2017 arası küresel güneş radyasyonu .....	64
Çizelge 3.6.	Ülkelerin jeotermal enerji kurulu gücü.....	71
Çizelge 3.7.	Ülkelerin kişi başına düşen jeotermal enerji kurulu gücü .....	71
Çizelge 3.8.	AB biyoyakıt kullanımı ve hedefleri .....	77
Çizelge 4.1.	Bölgelere göre çelik üretimi .....	95
Çizelge 4.2.	Ham çelik üretiminde ilk 10 ülkenin 2018 yıllık üretimi ile 2020 aylık üretimi.....	95
Çizelge 4.3.	Ülkelere göre ham çelik tüketimi (Milyon ton).....	96
Çizelge 4.4.	Türkiye’de ürün ve yöntem bazlı yıllık ham çelik üretimi (Milyon ton) .....	97
Çizelge 4.5.	Demir-çelik tesislerinde kullanılan enerji kaynakları.....	102
Çizelge 5.1.	ÇKKV süreci .....	110
Çizelge 5.2.	ÇAKV-ÇÖKV karşılaştırma tablosu .....	113
Çizelge 5.3.	Bulanık mantık uygulama alanları.....	116
Çizelge 5.4.	ÇKKV yöntemleri ile yapılan bazı çalışmalar.....	120
Çizelge 5.5.	Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık ölçek karşılıkları .....	127
Çizelge 6.1.	Ana ve alt kriterler ve gösterim şekilleri .....	130
Çizelge 6.2.	Anket uygulanan firmaların yenilenebilir enerji kaynaklarına yaklaşımları .....	132
Çizelge 6.3.	Ana kriterler bulanık karar matrisi .....	133

## Sayfa

Çizelge 6.4.	Ana kriterler bulanık sentetik mertebe değerleri .....	133
Çizelge 6.5.	Ana kriterler önem ağırlıkları .....	134
Çizelge 6.6.	Ekonomik sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi .....	135
Çizelge 6.7.	Ekonomik sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri .....	135
Çizelge 6.8.	Ekonomik sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.....	136
Çizelge 6.9.	Teknik sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi .....	138
Çizelge 6.10.	Teknik sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri .....	138
Çizelge 6.11.	Teknik sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.....	139
Çizelge 6.12.	Çevresel sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi .....	140
Çizelge 6.13.	Çevresel sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri .....	140
Çizelge 6.14.	Çevresel sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.....	141
Çizelge 6.15.	Sosyal sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi .....	142
Çizelge 6.16.	Sosyal sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri .....	142
Çizelge 6.17.	Sosyal sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.....	143
Çizelge 6.18.	Kriterlerin tutarlılık oranları .....	144
Çizelge 6.19.	Tüm kriterlerin önem derecelerine göre sıralanması.....	144



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Yaşam döngüsünün devamlılığı için gerekli en önemli tüketim maddelerinden biri olan enerji, en basit anlamda bir işi yapabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. İnsanlığın devamlılığı için hayatın her alanında enerjiye ihtiyaç duyulması [1], enerjinin günümüzde halen neden önemli bir yeri olduğunu açıklar niteliktedir.

Toplumlar, geçmişten günümüze kadar devam eden süreçte kullandıkları enerji kaynaklarına tabi olarak değişim yaşamıştır. İnsan gücünün yerini zamanla hayvan gücü alırken ateşin icadı ile önceleri odun ve zamanla da kömür, enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Sanayi devrimi ile buhar gücü devreye girmiş, makineleşme ve teknolojinin ilerlemesi ile de enerji kaynakları ülkelerin gündeminde önemli bir niteliğe erişmiştir [2]. Enerji, ülkelerin hem ekonomik hem sosyal alanda kalkınmasında stratejik bir etkidir. Artan nüfus, kentleşme ve küreselleşmenin doğurduğu sonuçlar neticesinde enerjiye ve günün getirdiklerinden ötürü de doğal kaynaklara olan talep artmaktadır [3]. Bu nedenle, ülkeler yeterli enerji kaynağına sahip olma amacı gütmektedirler.

Ülkeler sanayi çalışmalarında, enerji gereksinimlerinin önemli bir kısmını fosil yakıtlardan karşılamaktadırlar. Bu yakıtlar, zamanla azalmakla beraber atmosfere ortalama 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ile başka zararlı kimyasal bileşiklerin salınımına sebep olmaktadır. 20. yüzyılda fosil yakıtların kullanımının artması ozon tabakasının delinmesine, sera gazı etkisinin artmasına, küresel ısınma etkilerinin fazlaca görülmesine sebebiyet vermektedir. Enerji ihtiyacını gidermek amacıyla yakılan fosil yakıtların açığa çıkardığı zararlı gazlar iklim değişikliklerine ve ekolojik dengenin artık eskisi gibi olmamasına yol açmakta; özellikle kış aylarında hava kirliliğini büyük oranda artırmaktadır.

Fosil enerji kaynaklarının kullanımının çevreye verdiği zararların yanında bu sektörde çalışanlar açısından da oldukça tehlikeli olmaktadır. Kömür madenciliğinde çalışanların yaşadığı sağlık sorunları, madenlerde gaz patlamalarının ölüme sonuçlanması ya da enerji hammaddesini elde etmek amacıyla başka ülkelere ihtiyacı olan ülkelerin nakliye esnasında meydana gelen kazalar bu durumu örneklendirmektedir. Tüm bunların yanında kaynakları sonlu olan fosil yakıtların ilerleyen yıllarda büsbütün yok olması gerçeği de bilinmektedir [4].

Fosil kaynaklı yenilenemeyen enerji rezervlerinin giderek yok olması, ülkeleri alternatif kaynak aramaya sevk etmiştir. Aramalar sonucunda ülkeler, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarını keşfetmişlerdir [5]. Nükleer enerji, atomların parçalanma ya da birleşme tepkimeleri sonucunda açığa çıkan bir enerji çeşididir. Nükleer santraller de nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. 1970'li yıllarda kurulumu başlamış ancak 1986 yılında Çernobil ve sonrasında 2011 yılında Fukushima'da nükleer yıkımların yaşanması ile azalan bir eğilim gösterilmiştir. Bu felaketler dışında nükleer santraller ülkeler açısından kirliliğe sebep olmaları bakımından da sorun teşkil etmektedir. İnşa aşamalarının uzun zaman alması, enerji üretim ömürlerinin yaklaşık 30 yıl kadar olması ve üretim ömürleri sonunda geriye bıraktıkları radyoaktif atıklar, nükleer santrallerin handikaplarını gözler önüne sermektedir. Ülkeler farklı seçeneklere sahip olma arayışı ile yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilim göstermeye başlamışlardır [6]. Alternatif, sürdürülebilir ya da yeşil olarak ifade edilebilen yenilenebilir enerji kaynakları, zamanla kendini yenileyebilen sınırlı olmayan kaynaklardır. Kaynağını güneşten alan güneş enerjisi, kaynağını rüzgârdan alan rüzgâr enerjisi, kaynağı yeraltı suları olan jeotermal enerji, kaynağı su olan hidrolik enerji, biyolojik atıkların yakıt olarak kullanılmasıyla açığa çıkan biyokütle enerjisi günümüzü kurtaran enerji kaynakları oldukları gibi gelecekte de baskın olacağı öngörülen enerji kaynaklarıdır [7].

Dünya genelinde artan nüfus ve beraberinde hayat standartlarının da artması, enerjiye duyulan ihtiyaçta artışa sebep olmaktadır. Kaynak kısıtının olması ve çevreye duyulan hassasiyetin artması ile ülkeler sürdürülebilirliği öncelikli ilgilenilen bir kavram haline getirmiştir. 1960lı yıllarda incelenmeye başlanıp günümüze değin giderek önemini artıran sürdürülebilirlik kavramının ilk olarak 1987'de Dünya Çevre ve Kalkınma

Komisyonu'nun hazırladığı Bruntland raporunda detaylı incelemesi yapılmıştır. Bu rapordaki tanım sürdürülebilirliği, “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını giderebilme imkânlarını ellerinden almadan gidermek” olarak ifade etmiştir. Ancak sürdürülebilir olmak, yenilenebilir kaynakların tüketiminde özenli davranmayı, doğanın yenilenmesine olanak sağlamayı ve doğanın üretebilme miktarının aşılmasını gerektirmektedir [8].

Dünyada ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ile sürdürülebilir enerjiye yönelim paralel ilerlemektedir. Yerli enerji kaynakları kullanımını hedefleyen ülkeler, çeşitli politikalar ile yabancı ülkelere olan bağımlılıklarını azaltarak ekonomik olarak büyümeyi amaçlamaktadır. Ancak yenilenemeyen enerji kaynaklarına kıyasla bazı yeşil enerji kaynakları daha maliyetli olmaktadır. Fakat gün geçtikçe gelişen teknoloji bu maliyeti zamanla azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına en büyük oranda yatırım gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir. Çünkü enerji kullanımının fazla olduğu ülkelerde dışa bağımlılığı azaltıp global dalgalanmalarda ülke ekonomisinin etki oranını azaltmak amaçlanmaktadır. Doğrudan ekonomiye etkisini gösteren enerji sektörü, verdiği katma değer ve çalışma imkânı tanınması bakımında da ekonomik büyümeye etki etmektedir. Teknoloji ile beraber gelişmekte olan yenilenebilir enerji sektörü ülkelerin ekonomisine yardımcı olmaktadır. Bunun yanında Dünyadaki şirketlere bakıldığında da kendi tüketimlerini karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım artış göstermektedir [7].

Ülkemize bakıldığında, nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesi gibi faktörler enerji ihtiyacını arttırmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke konumundaki Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek bir potansiyeli elinde bulunduran, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynaklardan oldukça yoksun olan bir ülkedir. Ancak günümüzde enerji gereksinimi büyük oranda fosil yakıtlardan sağlandığı için Türkiye dışa bağımlı ülkeler arasında yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin, kullanım açısından zayıf olan ülkemizde, her geçen gün yerli yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar artmaktadır [7]. 2004 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne ve 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf ve Avrupa Birliği (AB)' ne aday ülke pozisyonunda olan Türkiye, istenilen zorunluluklar ile ilgili mevzuat çalışmaları yapmaktadır. Bu çalışmalar ışığında,

sürdürülebilir politikalar gerçekleştirme hedefiyle bütün sektörlerde enerji faaliyetlerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. 2011 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı iklim değişikliği ile mücadele amacıyla “Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP)” yayınlanmış; 2012 yılında Yüksek Planlama Kurulu’nun onayladığı Türkiye’nin enerji faaliyetlerinin gelişimini hedefleyen “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023” eylem planı yapılmıştır. Sürdürülebilir çalışmalar içeriğine bakıldığında, doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir enerji kullanımı çevresel kalkınmanın önemli bir kısmını oluşturmaktadır [9].

Hazırlanan bu çalışma Karabük demir-çelik sektöründe, enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir kaynakların kullanım yetersizliğinin sebeplerini tespit etmek ana amacıyla hazırlanmış olup birçok alt amaca da hizmet etmektedir. Enerji talebinin karşılanmasında kullanılan kaynakların, dünyada enerji pazarına hakimiyet kuran ülkelerin uyguladığı politikaların, ülkemizin enerji sektöründe bulunduğu konumun ve uygulanan politikaların anlatılması ile enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların tercih edilmesinin gerekliliklerini vurgulamak ve bu konuda yapılan çalışmaları sunmak alt amaçları bulunmaktadır. Toplamda yedi bölümden oluşan bu çalışmanın, geçmişten günümüze enerjinin hayatımızdaki yerinin, enerji kaynakları çeşitlerinin, Dünyada ve Türkiye’de kullanılan enerji kaynaklarının ve enerji ihtiyacının karşılanması noktasında ülkelerin uyguladıkları politikaların anlatıldığı birinci bölümünde “Giriş” yer almaktadır. İkinci bölümde Dünyanın ve Türkiye’nin enerji politikalarının tarihsel gelişimi anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde “Enerji Kaynakları” adı altında; yenilenemez enerji kaynakları (fosil kaynaklı ve nükleer kaynaklı enerjiler); yenilenebilir enerji kaynakları, önemi ve çeşitleri; yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkıları hakkında bilgi verilmektedir. Dördüncü bölüm olan “Demir-Çelik Sektörü” bölümünde, Dünyadaki ve Türkiye’deki demir-çelik sektörü ile demir-çelik sektöründe enerji kavramı anlatılmaktadır. Beşinci bölüm olan “Çok Kriterli Karar Verme” bölümünde; Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, bulanık mantık ve uygulamanın yapıldığı yöntem olan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan literatür çalışması yer almaktadır. Altıncı bölümde, BAHP yöntemi ile önemlilik dereceleri belirlenen kriterlere ait bulgular ve analizler ele alınmaktadır. Çalışma, sonuç ve değerlendirme bölümü ile bitirilmektedir. Bu bölümde sonuçlara dair değerlendirmeler

ve yorumlar yapılarak, sonraki çalışmalara yardımcı olabilecek önerilerde bulunmaktadır.

## BÖLÜM 2

### ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

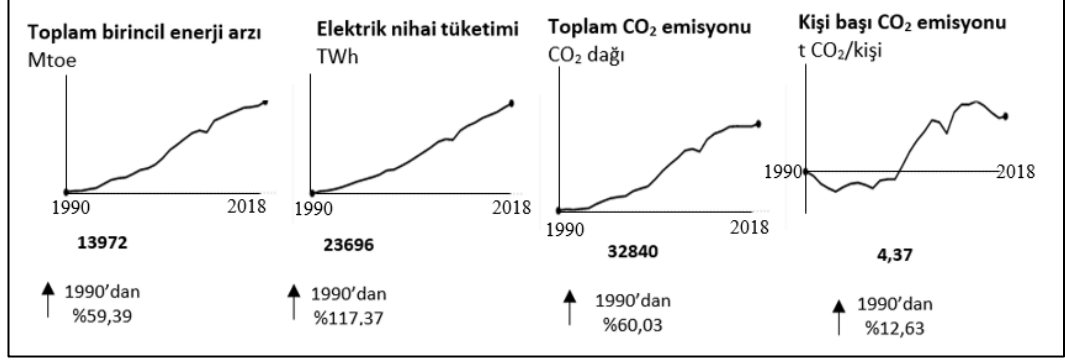
Bu bölümde, geçmişten günümüze gelene kadar benimsenen enerji politikalarının Dünya ve Türkiye'deki durumları anlatılmaktadır.

#### 2.1. DÜNYANIN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Dünyada enerjiye duyulan ihtiyaç gittikçe artan bir eğilim gösterirken, benzer şekilde elde edilen enerji miktarında da artış yaşanmaktadır. Zamanla ülkelerin sanayiye yaptıkları yatırımlar ile kalkınma seviyelerini yükseltmek amacıyla yapılan yatırımlar, enerjinin hem kullanımının hem de üretiminin artmasında etkili olmuştur. Dünya genelinde enerji tüketiminin en çok yaşandığı ülkelerin başında Çin gelmektedir. Dünyanın en kalabalık ülkesi olan Çin'i yine oldukça fazla nüfusa sahip olan ABD, Rusya, Hindistan ve Japonya takip etmektedir. Bununla birlikte bu ülkelerde atmosfere salınan karbon oranı da oldukça yüksektir. Bu beş ülke, kullanılan elektrik enerjisine göre de ilk sıraları paylaşmaktadırlar. Elektrik tüketiminde de lider olan Çin'i, ABD, Japonya, Rusya ve Hindistan takip etmektedir [10].

Ülkelerin birbirinden farklı pek çok özellikleri olmasına rağmen, artan ekonomi ve nüfusa, teknoloji ile ilgili çalışmaların hızlanmasına bağlı olarak kullanılan enerji her bölgede devamlı olarak artış göstermektedir [11]. Yararlanılan enerji kaynaklarında da farklılık yaşanmaktadır. Enerji üretimi için kullanılan kömür, petrol, rüzgâr, güneş, hidrolik gibi doğrudan kullanıma elverişli kaynaklar birincil enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir [1]. Birincil enerji kaynaklarından olan fosil kaynakların bugün kullanımı oldukça fazladır. Bu kaynakların kullanım oranında zamanla belli oranda düşüş beklense de önemini yitirmeyeceği tahmin edilmektedir [11]. Birincil enerji kaynaklarının belirli bir süreç geçirerek ortaya çıkardığı kaynaklar ise ikincil enerji

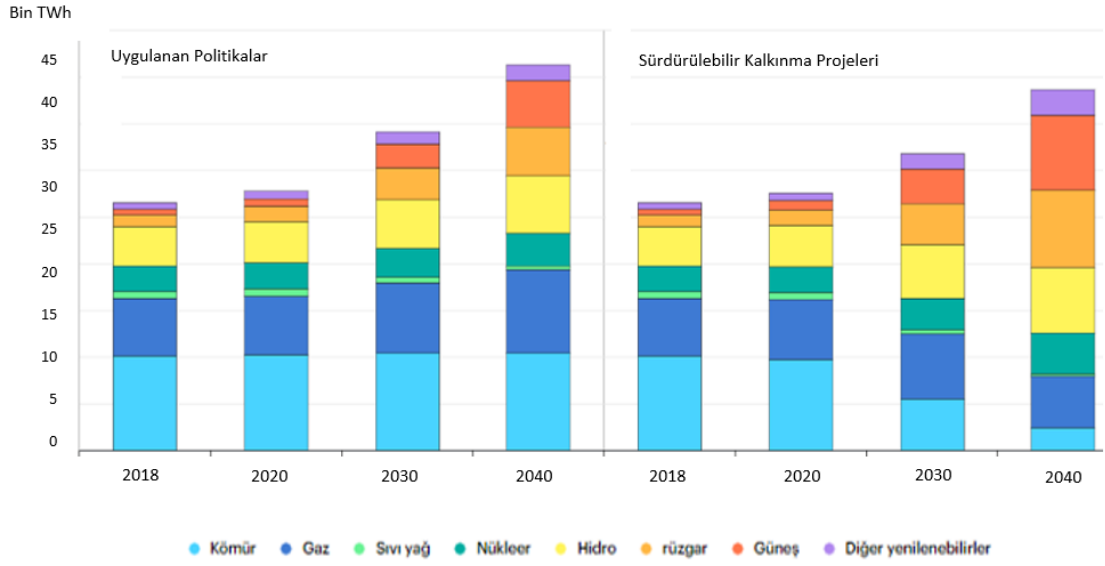
kaynaklarıdır. En bilinen ikincil enerji kaynağı elektrik enerjisidir [1]. Dünyada zamanla değişen enerji istatistikleri Şekil 2.1.'de verilmektedir [12].



Şekil 2.1. Dünya enerji istatistikleri [12].

Yukarıda Şekil 2.1.'de dünyada enerji istatistiklerinin yıllara göre değişimleri gösterilmektedir. Dünyada toplam birincil enerji talebi, 1990'dan beri kaydedilen verilere göre %59,39 artış göstererek 2018 yılında 13.972 Mtoe'e ulaşmıştır. Her geçen gün artan elektrik tüketimi yaklaşık 30 yıllık zaman içerisinde %117,37 artmıştır. Toplam karbondioksit oranında da bu süreçte %60'lık artış yaşanmış ve kişi başına düşen karbon salınımı %12 civarına yükselmiştir.

Ülkelerin yaptıkları çeşitli enerji çalışmaları, ilerleyen yıllarda kullanılan enerjinin artacağını göstermektedir. Dünyada birincil enerji tüketiminin 2010-2040 aralığında %56 civarında yükseleceği ve bu yükselişin her ülkede farklı düzeylerde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir [11]. Ülkeler artan talep için farklı politikalar uygulayarak çeşitli kaynaklardan enerji üretimini arttırmanın yollarını aramaktadır. Kasım 2019 verilerine göre ülkelerin 2018-2040 yılları arasında birincil enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payları, uygulanan politikalar ve sürdürülebilir kalkınma projeleri kapsamında Şekil 2.2.'de gösterilmektedir [13].



Şekil 2.2. Birincil enerji kaynaklarının farklı senaryolara göre 2018-2040 yılları arasında enerji üretimindeki olası payları [13].

Uygulanan politikalar kapsamında dünyada elektrik üretiminin 2040 yılına kadar sürekli artış göstereceği öngörülmektedir. Kullanılan çoğu enerji kaynağının elektrik üretim miktarı aynı kalırken, rüzgâr ve güneş enerjisinin kullanımının artacağı tahmin edilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma projelerine göre üretimde kullanılan kömür miktarı ciddi oranda azalırken, yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji miktarı artacaktır. Ancak toplam üretilecek enerjinin daha az olacağı tahmin edilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmanın getirileri konusunda bilgi seviyesi yüksek olan ve ileri düzey teknoloji imkânı bulunan ABD ve AB ülkeleri gibi refah seviyesi yüksek ülkeler, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımı konusunda öncü olmuşlardır. Bu kaynaklar ile ilgili yasalara uygun düzenlemeler ve teşvik çalışmaları yapılarak kaynakların etkinliği artırılmıştır. Fosil kaynakların yok olma tehlikesinin zamanla artması ile 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleri, ülkeleri alternatif yerel kaynaklara yönlendirerek, bu konudaki politika çalışmalarına hız kazandırılmıştır [14].

Öncü ülkelerden olan ABD ve AB ülkeleri, enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların kullanımı ile alakalı çok sayıda politikanın tanımlanmasını sağlayarak, başka ülkelerin de politikalar çıkartmasında etkili olmuşlardır. Sürdürülebilir kalkınma politikaları kapsamında ilk olma özelliği taşıyan Enerji Şartı Antlaşması, 1994 yılında Lizbon'da



imzalanmış, iki yıl sonra da yürürlüğe konulmuştur. Türkiye'nin de desteklediği bu antlaşma, enerjinin elde edilmesi, başka yerlere ulaştırılması ve en nihayetinde kullanımı sırasında oluşabilecek çevresel problemleri engellemek ya da minimum seviyede olmasını sağlamak amacı taşımaktadır [14].

Dünyada en fazla enerji harcayan ülkelerin başında gelen ABD'nin enerji politikaları, enerji ihtiyacını karşılamak ve sürekliliğini sağlamak, petrole bağımlı kalma durumunu yok etmek amacı taşımaktadır. Bu bağlamda, ABD tarafından 1970 yılında Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve ABD Rüzgâr Enerji Derneği (AWEA), 1974 yılında ABD Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) kurulmuş, 2009 yılında Temiz Enerji ve Güvenlik Yasası çıkartılmıştır. Ayrıca KYOTO Protokolüne katılarak yenilenebilir enerji kavramına verdiği değeri vurgulamıştır. KYOTO Protokolüne destek vererek yenilenebilir enerji kaynaklarına olan duyarlılığını gösteren AB ise bu konudaki en net çalışmasını Beyaz Bildiri (Beyaz Kitap) çıkartarak gerçekleştirmiştir. Avrupa Komisyonu Topluluk Stratejisi ve Faaliyet Planı kapsamında imzalanan bu çalışma 1997 yılında hayata geçirilmiştir. Yenilenebilir kaynaklar konusunda ciddi çalışmaları bulunan başka bir ülke olan Almanya, 2000 yılında uygulanan ve 2010 yılında yeniden düzenlenen Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu ile yatırımların artması için alım garantisi uygulamıştır. Rüzgâr enerjisi tüketiminde son derece başarılı olan Danimarka ise bu konuda çeşitli politikalar uygulamaktadır. Günümüzde rüzgâr türbinleri imalatında pazarın hâkimi konumundadır [14].

## **2.2. TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ**

Türkiye'de elektrik enerjisi üretme çalışmaları Osmanlı İmparatorluğu dönemine kadar uzanmaktadır. İlk elektrik, su değirmeni aracılığıyla çalışan 2 kW'lık bir dinamo ile 1902'de Tarsus'ta kullanılmış olup 1914'te İstanbul'da bir termik santral kurulmuştur. 1923'te ise elektrik üretmek üzere gereken kurulu güç yalnızca 33 MW'tı. İlerleyen yıllarda kurulu güç, ekonomiye bağlı olarak artarak devam etmiştir. Elektrik üretiminde Cumhuriyetin ilk yıllarından günümüze dek termik santraller bazlı bir altyapı olmakla birlikte ilk yıllarında elektrik üretimi çoğunlukla termik ve hidrolik santrallere dayalıdır. Elektrik üretiminde 1984'ten sonra jeotermal ve rüzgâr gibi başka yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmıştır [11].

Enerji kaynakları bakımından incelendiğinde Türkiye’de kurulu güç yatırımlarının yalnızca fosil enerji kaynaklarına değil aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına da olan ilgi ve yatırımların arttığı gözlemlenmektedir. Kurulu güç bakımından kaynak dağılımı 2018 yılı sonunda; hidrolik enerji %31,9, doğal gaz %25,6, kömür %21,5, rüzgâr %7,9, güneş %5,7, jeotermal %1,4 ve diğer kaynaklar ise %5,9 şeklinde gerçekleşmiştir. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi aşağıda Çizelge 2.1.’de gösterilmektedir [7].

Çizelge 2.1. Türkiye kurulu gücünün yıllar itibariyle gelişimi [7].

Yıllar	Kurulu güç (MW)
1976	4364,2
1981	5538,0
1986	10115,2
1991	17209,1
1996	21249,4
2001	28332,4
2006	40564,8
2011	52911,1
2016	78497,0
2018	88550,8

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kaynaklardan elde edilmesine karşın ileride tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan ve çevreye zarar verdiklerinden dolayı fosil kaynakların yerini yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakacağı tahmin edilmektedir. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithal etmektedir, ancak potansiyel yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olduğu için bu büyük bir fırsat olarak görülebilmektedir. Türkiye kaynak açısından her ne kadar zenginse de kullanım oranları açısından fakir durumdadır. Elektrik üretimi 2018’de sırasıyla %37,3 ile kömür ve %29,8 ile doğal gazdan elde edilmektedir. Görüldüğü gibi üretiminin büyük bir kısmı yenilenemez kaynaklardan sağlanmaktadır. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklar ise sırasıyla hidrolik enerji kaynağı %19,8, rüzgâr %6,6, güneş %2,6, jeotermal %2,5 ve diğer kaynaklar %1,4 gibi oranlara sahiptir [7].

Türkiye’de enerji ihtiyacı her geçen yıl artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamakta olan petrol ve doğal gaz üretimine bakıldığında petrol üretiminde çok değişiklik görülmezken doğal gaz üretiminde değişiklikler saptanmıştır. Aşağıda Çizelge 2.2.’de 2008-2017 yılları doğalgaz üretim miktarları verilmiştir [7].

Çizelge 2.2. 2008-2017 yılları doğalgaz üretim miktarları (Milyon Sm<sup>3</sup>) [7].

Yıllar	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Miktar	969	684	682	759	632	537	479	381	367	354

Türkiye jeopolitik açıdan çok avantajlı bir konumdadır. Ortadoğu, Hazar Bölgesi ve Orta Asya gibi dünyanın petrol ve doğalgaz rezervleri bakımından zengin olan ülkelere yakınlığından dolayı kaynak ülkeler ve tüketici ülkeler arasında doğal bir köprü durumundadır. Bu nedenle enerji kaynaklarının ve ulaştırma rotalarının farklılaştırılmasını sağlamak amacıyla yapılan projelerde Türkiye'nin önemli bir rolü bulunmaktadır. Dünya enerji tüketiminin 2035 yılına dek %35'i aşacak bir oranda artması beklenmektedir ve bu ihtiyacın bulunduğumuz bölgeden giderileceği tahmin edilmektedir. Hazar Havzası, Ortadoğu ve Rusya'nın dünya petrol rezervlerinin %65'ini ve doğalgaz rezervlerinin %71'ini barındırdığı bilinmektedir [15].

Türkiye uluslararası projelerle ilgili ana ilkesi üç faktöre dayandırılmıştır: (1) Karşılıklı kazan-kazan ilkesine uygun olmalı, (2) Türkiye'nin ve bölgenin arz güvenliğine katkı sağlamalı ve (3) bölgesel barışa destek olan projeler olmalıdır [15]. Enerji arz güvenliği, enerji sektörüyle alakalı tartışmaların temelini oluşturmaktadır. Günümüzdeki küresel ekonomideki küçülmeye karşın ülkelerin enerji güvenliğindeki endişelerini gün geçtikçe arttıran ve ülkeleri yeni arayışlara yöneltten birtakım unsurlar vardır. Bunlar; sürekli artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve dolayısıyla iklim değişikliği konusunda artan hassasiyet, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmelerin artan talebi karşılayacak ticari olgunluğun henüz yeterli olmaması gibi unsurlardır [16].

Enerji sektörünün her alanında hızlı bir talep artışı görülen ülkemizde, bu talepleri karşılamak amacıyla her sene 4.000-5.000 MW'lık bir yatırım yapılması gerektiği düşünülmektedir. Enerji politikamızın temel faktörleri; dışa bağımlılığın en alt seviyeye indirilmesi, kaynak çeşitliliği ile yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verilmesi, çevre üzerindeki etkilerin en aza indirilmesi, enerji verimliliği, serbest piyasa uygulamaları içinde kamu ve özel kesim fırsatlarının uygulamaya konulması, ülke enerji gereksinimlerini güvenli, devamlı ve en az maliyet ve en az çevresel

etkilerle karşılayacak önlemleri alan politikaların uygulamaya konulması şeklinde sıralanabilir [16].

Türkiye; Birleşmiş Milletler, Uluslararası Enerji Ajansı, Uluslararası Enerji Forumu, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, G20, Şangay İşbirliği Örgütü, Asya İşbirliği Diyaloğu, ASEAN, Afrika Birliği, Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü, İslam İşbirliği Teşkilatı, Körfez İşbirliği Konseyi, NATO, AGİT, Enerji Şartı, OECD, Gelişen Sekiz Ülke (D8), Dünya Ticaret Örgütü, Dünya Enerji Konseyi, Dünya Petrol Konseyi, Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi vb. gibi birçok bölgesel ve uluslararası kuruluşlara üye olup yapılan çalışmalar ve toplantılara aktif bir şekilde katılarak bu kuruluşların karar alma mekanizmalarında da yönlendirmelerde bulunmaktadır [17].

Türkiye'nin enerji alanında başarılı bir diplomasi yürüttüğü yerlerin başında Kafkaslar gelmektedir. Bunda bölgedeki ülkelerle kurulan tarihi dostluğun ve akrabalık bağlarının payı oldukça fazladır. Ayrıca bu bölgedeki ülkeler, enerji alanındaki gereksinimleri ve dünya enerji piyasaları bakımından çok önemlidir. Bu bağlamda, 2006'dan günümüze dek Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattı güzergahı kullanılarak dünya pazarlarına arz edilen petrolden sonra, TANAP projesi ile Türkiye'ye ilk gaz akışı 2018 yılının haziran ayında başlamıştır. Bu hattın Türkiye'ye ve bölgenin arz güvenliğine katkı sağlayacağı öngörülmektedir [17].

Temel amacı; enerji arzının devamlı, kaliteli, sürdürülebilir, güvenilir ve katlanılabilir maliyetlerle sağlanması olan On Birinci Kalkınma Planına (2019-2023) göre kararlaştırılan politika ve tedbirler aşağıda verilmektedir [18].

- Enerjide artan talebi karşılamak üzere rekabete dayalı yatırım ortamı geliştirilerek ekonomik olarak güçlü, devam eden, şeffaf, tahmin edilebilir, tüketici korumalı ve sürdürülebilirliği hesaba katılan bir enerji piyasasının devamlılığı gözetilecektir.
- Kamu tarafından işletilen santrallerin iyileştirmeleri tamamlanacaktır.

- Nükleer Güç Santralleri (NGS) elektrik enerjisi üretim portföyüne eklenecek, nükleer enerjinin üretimdeki oranının artırılmasıyla alakalı çalışmalara devam edilecek ve kurumsal kapasite güçlendirilecektir.
- Linyit rezervlerinin elektrik üretiminde kullanımını çevre standartlarına uygun halde arttırılacaktır.
- Doğalgaz arz güvenliği desteklenerek erişimi arttırılacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak yapılan elektrik üretimi arttırılarak yenilenebilir enerji üretiminin şebekeye güvenilir bir şekilde uyumunun sağlanması için gereken planlama ve yatırımlar gerçekleştirilecektir.
- Kendi enerjisini üreten daha verimli binalar çoğaltılacaktır.
- Elektrik şebekelerinin ve sistemlerinin daha da desteklenerek esnek duruma getirilmesine çalışılacaktır.
- Uluslararası elektrik enterkoneksiyon kapasitesi çoğaltılacak ve dış ticaret fırsatları iyileştirilecektir.
- Ülkemizin jeostratejik konumundan etkili bir şekilde faydalanılarak Enerji Piyasası İşletmeleri A.Ş. (EPIAŞ) bünyesindeki elektrik ve doğalgaz ticaret platformlarının yeni piyasa ürünleriyle geliştirilmesi amacıyla çalışmalar etkili bir şekilde devam ettirilecektir.
- Enerji altyapısının aktif ve güvenli bir şekilde işletilmesi sürdürülecektir.

11. Kalkınma Planının 2023 yılı için öngördüğü enerji sektörü hedefleri, 2018 yılı gerçekleşme tahminleri (elektrik kurulu gücü hariç) ile karşılaştırılması Çizelge 2.3.'de gösterilmektedir [18].

Çizelge 2.3. Enerji sektörü hedefleri [18].

	2018	2023
<b>Birincil Enerji Talebi (BTEP)</b>	147.955	174.279
<b>Elektrik Enerjisi Talebi (TWh)</b>	303,3	375,8
<b>Kişi Başı Birincil Enerji Tüketimi (TEP/Kişi)</b>	1,81	2,01
<b>Kişi Başı Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh/Kişi)</b>	3.698	4.324
<b>Doğalgazın Elektrik Üretimindeki Payı (%)</b>	29,85	20,7
<b>Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payı (%)</b>	32,5	38,8
<b>Yerli Kaynaklardan Üretilen Elektrik Enerjisi Miktarı (TWh)</b>	150,0	219,5
<b>Elektrik Kurulu Gücü (MW)</b>	88.551	109.474

11. Kalkınma Planının 2023 enerji sektörü için hedeflerine göre, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artırılırken fosil kaynaklardan olan doğalgazın payının azaltılması planlanmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminde yerli kaynaklardan daha fazla yararlanılması da planlanan hedefler arasında bulunmaktadır.

Yenilenebilir kaynakların enerji üretiminde kullanımının artması ve yerli kaynakların da daha fazla tercih edilecek olması, yabancı ülkelere olan bağımlılığı azaltmaya olanak sağlayacaktır. Aynı zamanda yenilenebilir kaynakların çevreyi kirletmemesi, doğaya verilen zararın azaltacaktır [11].

## BÖLÜM 3

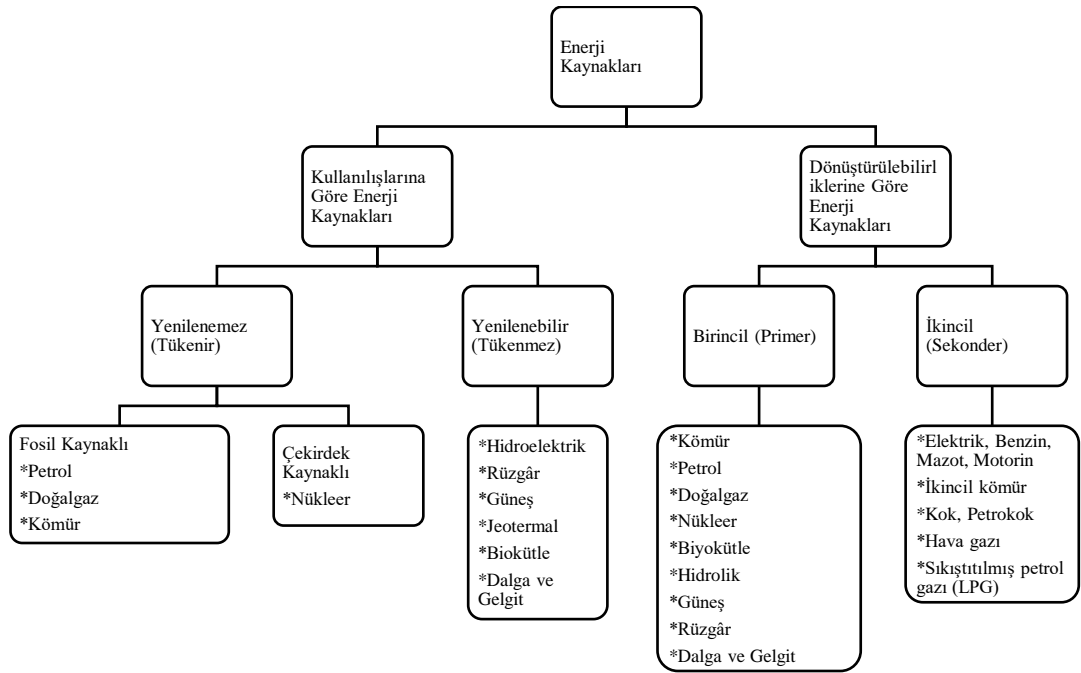
### ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji, Yunanca kökenli bir sözcük olup Türkçe karşılığı aktivite anlamına gelmektedir. Cisimlerin hareketini sağlayan gücü ifade eden enerji, yiyecek, yakıt ve diğer kimyasallarda depo halinde bulunmaktadır [19]. Var olan enerjinin başka bir enerjiye dönüşümü ile toplam enerji korunarak sadece şekil ve yer değişimi olmaktadır [20]. Kimyasal enerji, mekanik enerji, ısı enerjisi ve elektrik enerjisi olmak üzere dört ana kullanım şekline sahip olan enerji kavramı, iş yapabilme gücü olarak da ifade edilmektedir. Maddelerin tümünde belirli oranda var olan enerji, güneş, rüzgâr, kömür, petrol, akarsular gibi çeşitli kaynaklardan oluşabilmektedir. Ekonomik amaçlar doğrultusunda çeşitli yöntemlerle enerji temini sağlayan bu kaynaklar, enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir [6].

Enerji kaynakları yönünden zenginlik, eskiden beridir ülkeler için pek çok avantajı beraberinde getirmiştir. Çünkü enerji gereksinimi ülkelerin büyüklükleri ile orantılı bir şekilde sürekli artmakta; ekonomik büyüme ve kalkınma ise büyük oranda enerji kaynaklarının yeterlilik düzeyine bağlı olarak değişmektedir [5]. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışının üst seviyede olması, endüstriyel alanda artan çalışmalar ve kentleşmenin yüksek olması enerjiye olan ihtiyacı da arttırmaktadır [10]. Bu sebeple enerji üretiminde dışa bağımlı olan ülkelerin ekonomileri daha zayıf yapıdadır. Pek çok ülke hem dışa bağımlılığı en düşük seviyeye getirmek hem de ekonomik olarak güçlü duruma gelmek amacıyla yatırımlarını enerji kaynakları alanında yoğunlaştırmaktadır [5].

Dünyanın hemen her bölgesinde tüketim miktarı farklılık gösteren enerjiye, gündelik yaşamın her alanında ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda her geçen gün kullanım yoğunluğunda da artış yaşanmaktadır. Günümüzde pek çok kaynaktan temin edilebilen enerji, farklı şekillerde bulunmasına rağmen uygun teknikler ile birbirine dönüşümü mümkün olmaktadır [10].

Çok sayıda ve çeşitte bulunan enerji kaynakları, kullanım durumlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Aynı zamanda birbirine dönüşüm imkânı olan enerji, dönüştürülebilir olma durumlarına göre sınıflandırılırken de birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak isimlendirilmektedir. Şekil 3.1.'de enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmektedir [21].

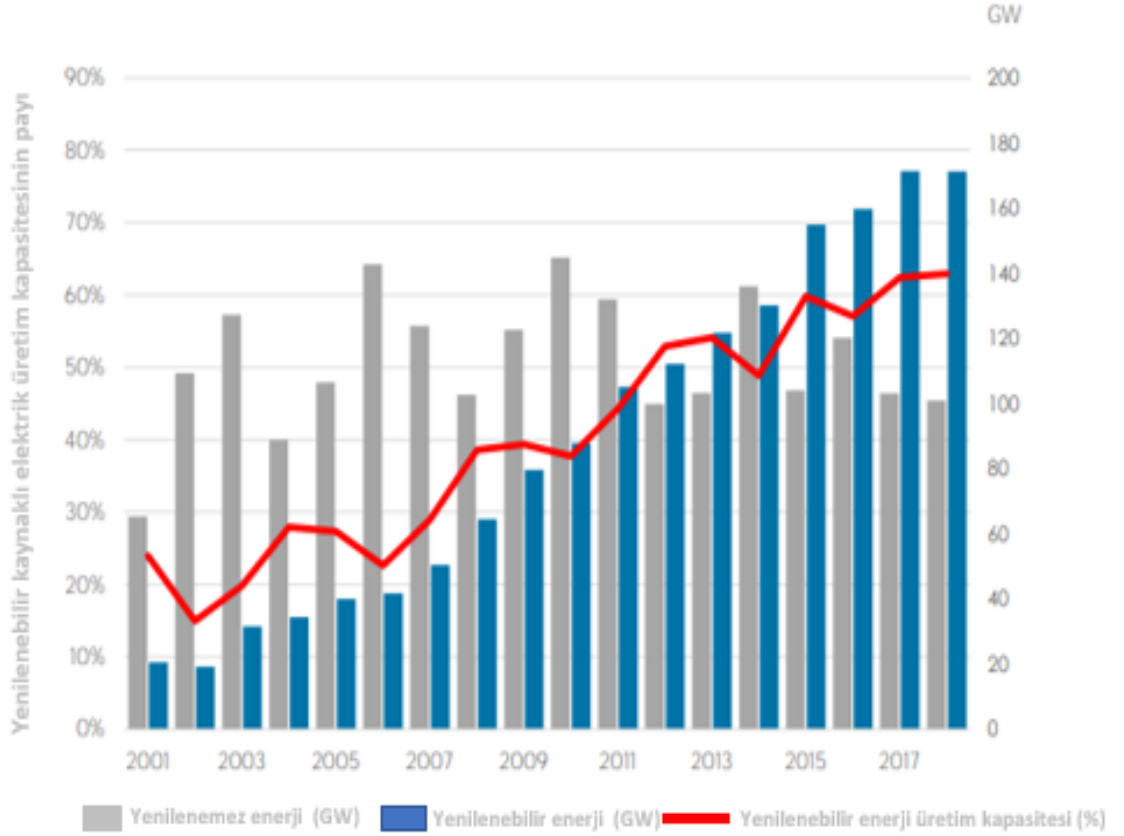


Şekil 3.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması [21].

Kullanılışlarına göre enerji kaynaklarından yenilenemez diğer bir deyişle tükenir enerji kaynakları, fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı enerji olmak üzere iki çeşittir. Fosil kaynaklı enerji petrol, doğalgaz ve kömür; çekirdek kaynaklı enerji ise nükleer enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise yenilenemez enerji kaynaklarına alternatif olan sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları doğal olarak oluşan enerji



kaynaklarıdır. Tükenmez enerji kaynakları denilen bu kaynaklar, hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle, dalga ve gelgit kökenli kaynaklardır [6]. Dünyada enerji üretimde yenilenebilir kaynakların kullanım oranı, daha çok son zamanlarda artış göstermektedir. Aşağıda Şekil 3.2.'de yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların enerji üretiminde kullanım miktarları ile yenilenebilir enerji üretim kapasitesi verilmiştir [22].



Şekil 3.2. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesi ve enerji geçişi [22].

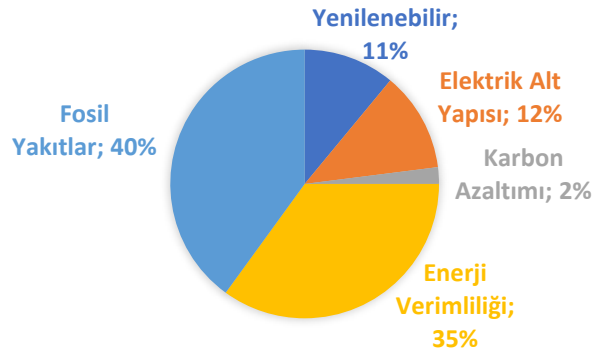
Yaklaşık 15 yıllık zaman diliminin başlarında %20 civarında olan yenilenebilir enerji kapasitesi, 2017 yılında %60'ları geçmiştir. Enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların gücü artarken, yenilenemez kaynaklarda dalgalanmalar yaşanmıştır. Ancak verilen periyottaki ilk zamanlara kıyasla 2017 yılında yenilenemez kaynakların üretimdeki payı daha fazladır.

Dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynaklarından birincil enerji kaynakları, doğal enerji kaynakları olan kömür, petrol, doğalgaz, rüzgâr, güneş, hidrolik gibi doğrudan

kullanıma uygun kaynaklardır. Sekonder yani ikincil enerji kaynakları ise doğal haliyle kullanılmayan, birincil enerji kaynaklarının dönüşümü ile meydana getirilen enerji kaynaklarıdır. Elektrik enerjisi en yaygın örneğidir [1]. Gelecekte, birincil enerji kaynaklarının tüketiminde fosil kaynaklı enerji oranının azalması ancak yine de önemli olacağı tahmin edilmektedir [11].

Enerji kaynaklarının farklı kullanım amaçları bulunmaktadır. Yaşam alanlarında, sanayide vb. ısınma amacıyla olduğu gibi soğutma amaçlı da kullanımı, taşıma ya da elektrik enerjisi üretimi gibi amaçları mevcuttur [6]. Enerji kaynaklarının hem amacına uygun kullanımı hem de kullanılan yerdeki enerji potansiyeline bağlı olarak doğru kaynakların kullanımı oldukça önemlidir. Ülkemizdeki birincil kaynaklara bakıldığında; fosil kaynaklardan maden kömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz var olmasına rağmen linyit haricindeki fosil enerji kaynakları bakımından fakir bir ülke; yenilenebilir enerji kaynakları açısından bakıldığında ise hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjilerinin ciddi bir potansiyeli olduğu görülmektedir [11].

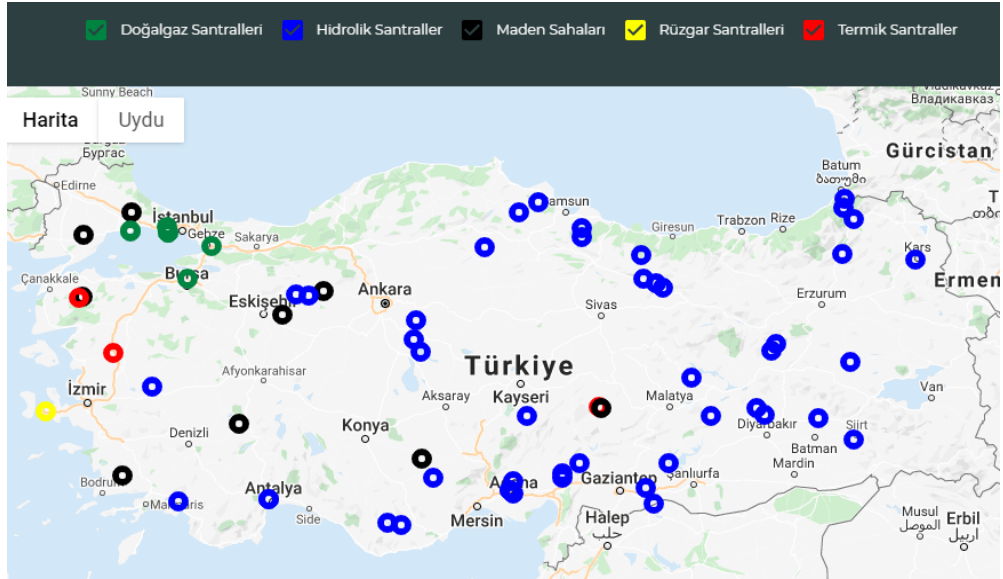
Ülkeler farklı kullanım alanlarında gereksinim duyulan enerji ihtiyacına cevap vermek amacıyla yatırımlarını her yıl artırmaktadır. 2016-2040 yılları arasında Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tahminleri, dünya çapında uygulanacak yeni enerji politikaları ile bu sektöre 66,5 trilyon dolar yatırım yapılacağını öngörmektedir. Aşağıda Şekil 3.3.'te dünyada 2016-2040 yılları arasında kaynaklar bazında yapılacak yatırımların tahmini oranları verilmektedir [15].



Şekil 3.3. Dünyada 2016-2040 yılları arasında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için tahmini yatırımlar [15].

Şekil 3.3.'teki oranlara bakıldığında 2016-2040 yılları arasında olası yeni politika senaryoları göz önünde bulundurulduğunda yatırımın en fazla fosil yakıtlara (%40) yapılacağı görülmektedir. Bunu enerji verimliliği amacıyla yapılacak yatırımlar (%35) takip etmektedir. Yatırımların geri kalan dörtte birlik kısmını ise sırasıyla elektrik alt yapısına (%12) ve yenilenebilir enerji kaynaklarına (%11) yapılacak yatırımlar ile karbon azaltmak (%2) amacıyla gerçekleştirilecek yatırımlar oluşturmaktadır.

Türkiye’de elektrik üretiminde enerji kaynaklarının dağılımı Şekil 3.4.’te verilmektedir [23].



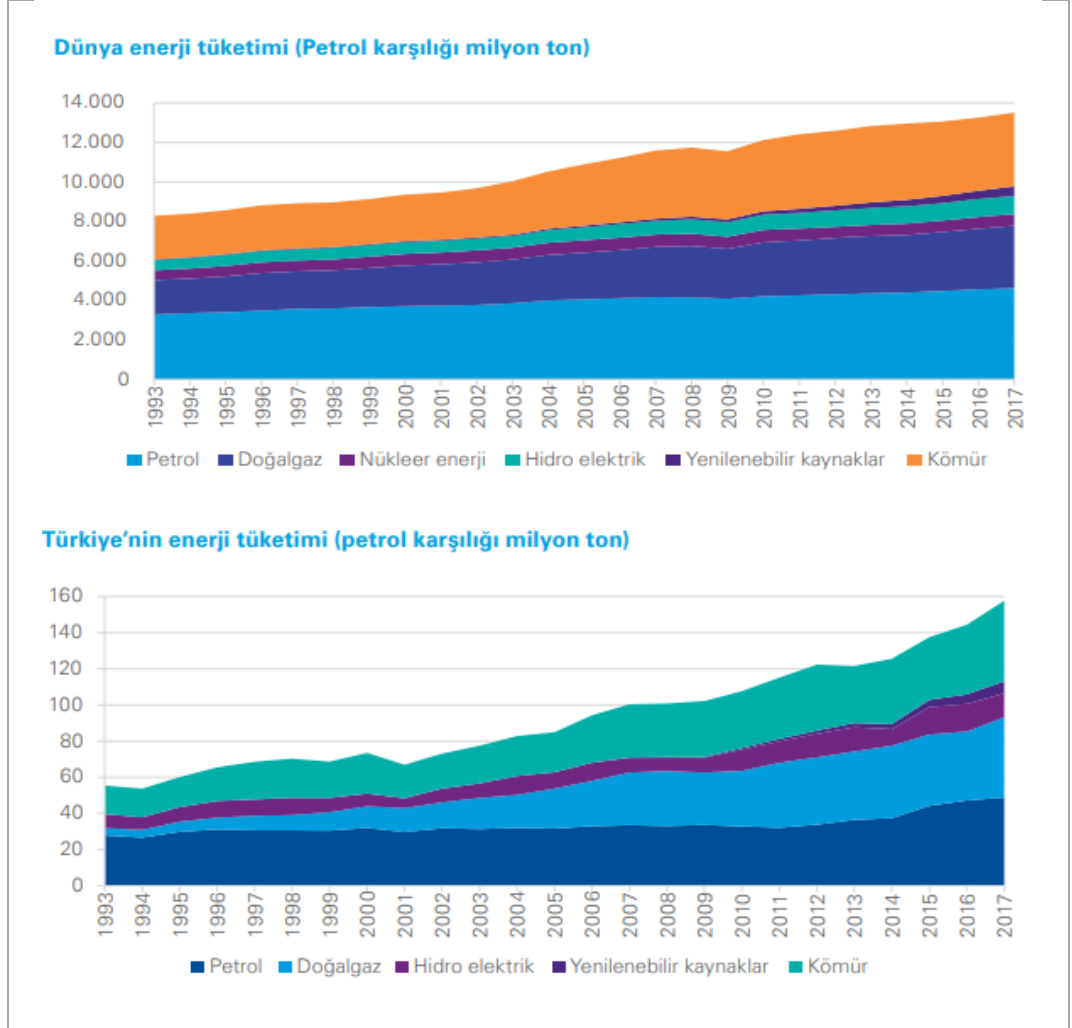
Şekil 3.4. Türkiye'nin elektrik üretiminde yararlanılan enerji kaynakları [23].

Enerji kaynakları dağılımına göre Türkiye, hidrolik kaynaklar açısından oldukça şanslı bir coğrafyada yer almaktadır. Ülkemizin hemen her bölgesinde hidrolik santrallerden elektrik üretimi sağlanmaktadır. Rüzgâr santralleri ise sadece Ege Bölgesinde bulunmaktadır.

### 3.1. YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemez enerji kaynakları hammaddesi tüketildiğinde doğada tekrar oluşamayan enerji kaynaklarıdır [6]. En önemli yenilenemez enerji kaynakları, fosil kaynaklı enerji olan petrol, kömür, doğalgaz ile nükleer enerjidir. Bu kaynaklar dünyadaki enerji

üretiminin önemli bir çoğunluğuna sahiptir [10]. Şekil 3.5.'te Dünya'daki ve Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının yıllık tüketim oranlarının değişimi gösterilmektedir [24].



Şekil 3.5. Dünyadaki ve Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının yıllık tüketim miktarları [24].

Dünya'daki birincil enerji kaynaklarına bakıldığında en büyük tüketim oranını fosil kaynaklar oluşturmaktadır. Fosil kaynaklar içinde ise petrol dünya enerji tüketiminde lider konumdadır. Kömür ve doğalgaz da oldukça fazla tüketilen birincil kaynaklardır. Şekil 3.5.'e bakıldığında dünyadaki enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların, yenilenemez kaynaklara kıyasla tüketim miktarının çok düşük olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminde son zamanlarda

nispeten artış yaşansa da uzun yıllardır yenilenemez kaynaklar daha çok ve sürekli kullanılmaya devam etmektedir.

Türkiye enerji tüketiminde de fosil kaynakların hâkim olduğu görülmektedir. Petrol tüketimi uzun yıllardır hemen hemen aynı seviyelerde seyrederken, doğalgaz kullanımında devamlı artış yaşanmıştır. Fosil kaynaklı olan kömür de ülkemizde oldukça fazla tercih edilen enerji kaynaklarından. Ancak ülkemizde dünyaya kıyasla, yenilenebilir enerji kullanımının birincil kaynaklar içindeki payının daha fazla olduğu da görülmektedir.

Belirli jeolojik çağlarda doğal yolla oluşan kaynakların fosilleşmesi ile ortaya çıkan enerji kaynakları olan fosil kaynaklardan, enerji elde etmek için bu kaynaklardaki enerji akımının dış kuvvetler yani insan etkisiyle başlatılması gerekmektedir. Petrol, kömür, doğalgaz gibi rezerv halde bulunan bu kaynaklar bitme tehlikesi taşımaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklı olabildiği gibi çekirdek kaynaklı da olabilmektedir. Çekirdek kaynaklı yenilenemez enerji nükleer enerjidir. Uranyum ve toryum madenlerinin tepkimeye girmesiyle nükleer enerji elde edilmektedir. Bu madenlerin radyoaktivitesi yüksek olduğundan ileri teknolojiyi de beraberinde gerektirmektedir. Fosil kaynaklara benzer olarak bu madenler de yeryüzünün her tarafından bulunmadığından bir gün yok olma riski taşımaktadırlar [7].

Yenilenemez enerji kaynakları zamanla tükenme tehlikesi taşımasının yanında doğaya verdiği zararlar ile de gelecek nesil için tehlikeye sebep olmaktadır. Bu kaynakların kullanımını ile zararlı gazlar açığa çıkmakta; bu gazlar da küresel ısınma, hava kirliliği, sera etkisi, asit yağmurları gibi ağır tahribatlara yol açmaktadır [6].

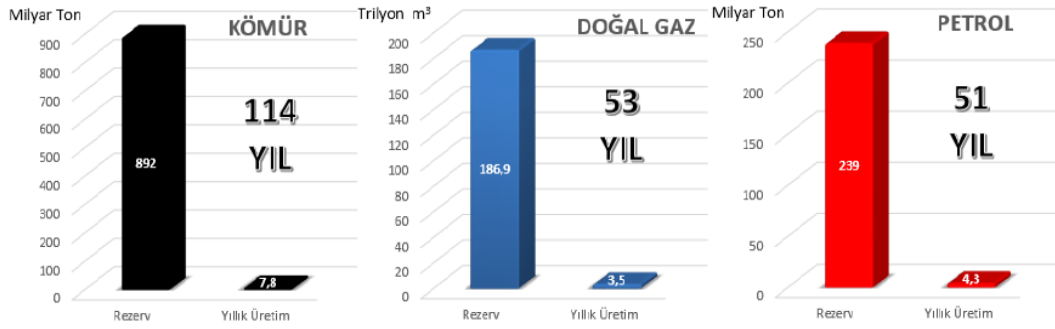
### **3.1.1. Fosil Kaynaklı Enerji**

Jeolojik çağlarda hayvan ve bitki kalıntılarının metamorfoz geçirmesi sonucunda oluşan, biçimsiz haldeki belirli bir maddesel şekli olmayan fosillerin içinde katı, sıvı ve gaz halinde bulunan enerji kaynağının yakılmasıyla elde edilen elektrik, ısı ve yakıt enerjisi şeklinde elde edilen enerji fosil kaynaklı enerji olarak tanımlanmaktadır. Fosil

kaynaklı enerji, yenilenemeyen, doğada sınırlı ömrü bulunan enerji kaynaklarıdır. Kömür, petrol ve doğalgaz en bilinen fosil enerji kaynaklarıdır [7].

Petrol ve doğalgaz rezervlerinin bol olduğu bölgelere yakın olan Türkiye, bu fosil kaynaklar bakımından oldukça fakir bir konumda yer almaktadır. Kömür bakımından da yeterli rezervi bulunmayan ülkemizin yalnızca linyit kömürü rezervi gereksinimlere cevap verebilecek boyuttadır [11].

Uzun yıllar önce oluşan fosil enerji kaynakları kullanım ömürleri açısından artık tehlike sinyalleri vermektedir. Aşağıda Şekil 3.6.'da kömür, petrol ve doğalgaz rezervlerinin kalan ömürleri gösterilmektedir [15].



Şekil 3.6. Fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin kalan ömürleri [15].

Fosil kaynakların dünya genelindeki toplam rezervlerine bakıldığında çok da uzun olmayan zaman dilimi içerisinde kaynakların sonuna erişilmiş olacaktır. Petrol yaklaşık 51 yıl gibi oldukça kısa bir süre daha tüketilecekken; doğalgaz rezervleri de sadece 53 yıl sonra artık tüketimde yer almayacaktır. Fosil yakıtlar içinde en uzun ömrü bulunan kömür rezervleri nispeten daha uzun süre tüketim imkânı sağlamaktadır. Dünyada 114 yıl daha ihtiyacı karşılayacak kömür rezervleri bulunmaktadır [15].

### 3.1.1.1. Kömür

Fosil kaynaklı enerjilerden biri olan kömür, senelerden beridir kullanılmaktadır. Uluslararası kömür ticaretinin Roma İmparatorluğu döneminde bile yapıldığı bilinen bu yakıt; yalnızca 19. yüzyılda sanayi inkılabına neden olmamış aynı zamanda 20.

yüzyılda elektrik dönemine de öncülük etmiştir. Kömür 1960'lı yıllara dek en önemli enerji kaynağı olarak görülürken bu yılların sonlarına yaklaşıldıkça yerini petrole bırakmasına rağmen elektrik üretmede önemli olduğu saptanınca yeniden dünyadaki önemli yerini elde etmiştir [25].

Kömür sedimanter organik ve yanabilir bir kayadır. Ana bileşenleri karbon, hidrojen ve oksijen olan kömür; ısı, basınç ve mikrobiyolojik faktörlerin etkisiyle milyonlarca senede oluşmaktadır. Kömürün organik olgunluğu hesaba katılarak linyit, bitümlü ve antrasit olmak üzere üç çeşidi vardır. Türkiye'de linyit havuzunun çok olmasından dolayı linyit kullanan termik santraller kurulu gücün %20'sini linyit oluşturmaktadır. Diğer termik santrallerin payı ise %7,9'dur [26].

Dünyada toplam olarak antrasit bitümlü kömürlerin ve linyit rezervlerinin 1 trilyon olduğu BP 2018 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporunda belirtilmiştir. Raporla ayrıca bu rezervlerin toplam 718 milyar tonunu taş kömürü (antrasit bitümlü), 316 milyar tonunu alt-bitümlü ve linyit rezervlerinin oluşturduğu görülmüştür. Dünya üzerinde çeşitli ülkelerde kömür rezervi bulunmaktadır; ancak bu rezervlerin %67'si dört ülkededir. En büyük rezerv payı %24,2 ile Amerika'nın olurken bunu sırasıyla Rusya (%15,5), Avustralya (%14) ve Çin (%13,4) takip etmektedir. Bölge bazında ele alındığında ise dünya kömür rezervleri şu şekilde bir dağılım göstermektedir: Asya-Pasifik'te %41, Kuzey Amerika'da %25, Bağımsız Devletler Topluluğu'nda %21,6, Avrupa'da %9,7 ve Ortadoğu-Afrika-Orta ve Güney Amerika'da da %2,8 oranlarındadır. Çizelge 3.1.'de ekonomik olarak işletilebilir dünya kömür rezervlerinin bölgeler itibariyle dağılımı verilmektedir [25].

Çizelge 3.1. Kömür rezervlerinin kalitesine ve bölgelere göre dağılımı (Milyon Ton) [25].

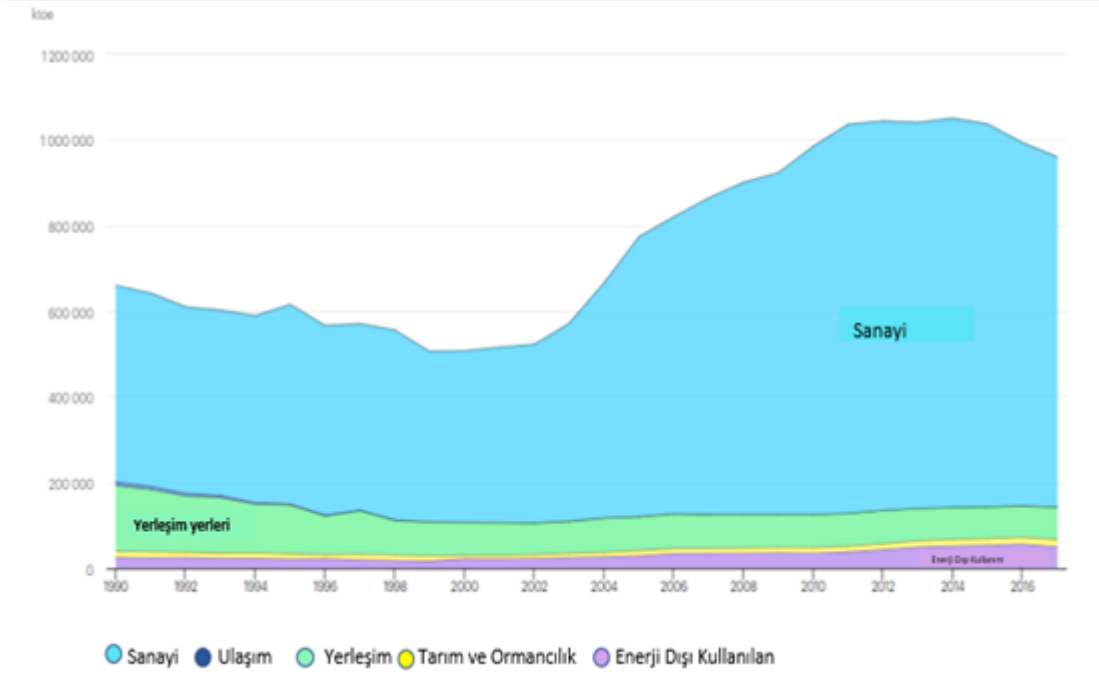
Bölgeler	Taş Kömürü	Linyit	Toplam	Yüzde (%)	Ömür (Yıl)
Kuzey Amerika	226.306	32.403	258.709	25,0	335
Güney ve Orta Amerika	8.943	5.073	14.016	1,4	141
Avrupa	24.220	76.185	100.405	9,7	159
Bağımsız Devletler Topluluğu	130.162	93.066	223.228	21,6	397
Orta Doğu- Afrika	14.354	66	14.420	1,4	53
Asya-Pasifik	314.325	109.909	424.234	41,0	79
<b>Dünya</b>	<b>718.310</b>	<b>316.702</b>	<b>1.035.012</b>	<b>100</b>	<b>134</b>

Kolay lojistik olanakları ile dünyada büyük bir alanda bulunan rezervleri bakımından jeopolitik olarak çok problem yaratmayan bir enerji kaynağı olmasına rağmen kömürün hareketi Asya yönüne kaymasıyla, Avrupa ile Amerika'da birçok tesisinin kapatılması sonucu düşüşe geçmiştir ve bu düşüşün önümüzdeki senelerde de devam edeceği düşünülmektedir. Kurulacak yeni kömür termik santraller büyük oranda Asya'da bulunacaktır. Bu artış Asya'da devam ederken Avrupa ile Amerika'da olmazsa bunun sonucunda coğrafi olarak bir ayrılık yaşanacaktır [25].

2016 yılında kömür talebi, 2013 yılında talep edilen düzeyin altına düşmüştür ve 2014'te gerçekleşen zayıf büyüme sonrasında 2015 yılında global talep ilk kez azalma göstermiştir. Çin ve Amerika'da ortaya çıkan büyük orandaki azalış bazı diğer ülkelerdeki (Rusya, Hindistan, Vietnam ve Endonezya vb.) büyümeyle önlenebilmiştir. Çin'de elektrik, çimento ve çelik sanayilerinde kömür tüketimi azalmıştır. Enerji çeşitlerini artırma politikaları ile beraber kömür üretimi de azalarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmıştır. Amerika'da doğal gaz fiyatlarının ucuz olması ve ayrıca Cıva ve Hava Kirletici Standartları (MATS) sebebiyle kömür kullanılarak enerji üretmede hızlı bir düşüş görülmüştür. Bunun sonucunda da kömür tüketimi %15 azalmıştır. Bu düşüş son 30 senedir görülmüş olan en büyük yıllık düşüştür [25].

Pahalı olmayan, keşfedilmesi ve çıkartılması görece kolay bir kaynak olan kömürün; yoğun hava kirliliği üretmesi, asit yağmurları ve küresel ısınmada çok etkili olması gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır [26]. Buna rağmen günümüzde oldukça fazla alanda kömür kullanımına devam edilmektedir. Buhar üretmek ve ısınmak amacıyla elektrik üretiminde, demir-çelik ve çimento sektöründe, endüstriyel proseslerde kömür hâlâ kullanılmaktadır. Dünya üzerinde elektrik imalatının ortalama %40'ı kömürden elde edilmektedir. Elektrik enerjisi; Türkiye'de %32, Amerika'da ve Almanya'da %53, Yunanistan'da %69, Çin'de %75, Danimarka'da %77, Avustralya'da %83, Güney Afrika'da %93 ve Polonya'da ise %95 oranlarında kömürden sağlanmaktadır [27]. Aşağıda Şekil 3.7.' de sektörlere göre kömür tüketiminin dünyadaki durumu gösterilmektedir [28].

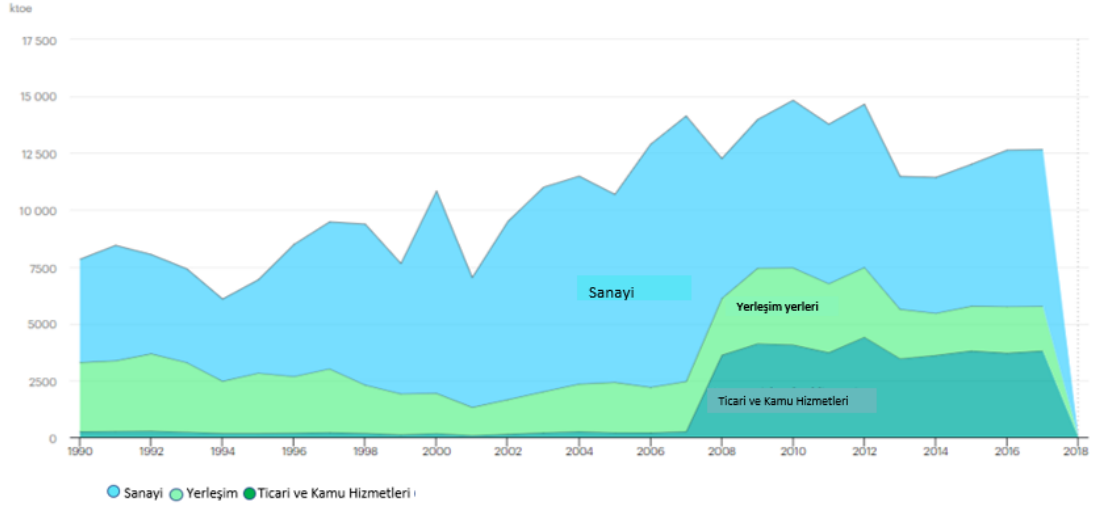




Şekil 3.7.Dünyada sektörlere göre kömür tüketimi [28].

Dünya genelinde kömür tüketimi en fazla sanayi sektöründe gerçekleşmektedir. 2000’li yılların başında sanayide tüketilen kömür oranında belli bir miktar azalma görülmesine rağmen daha sonra yeniden artış göstermiştir. Yerleşim yerlerinde de kömür kullanılmaktadır. Ancak evlerde tüketilen kömür, sanayi sektörüne kıyasla çok daha düşük seviyededir.

2017 senesinden itibaren 145,3 Milyon Ton Eşdeğer Petrol olan Türkiye’nin toplam olarak birincil enerji kullanımında kömürün payının %27 olduğu saptanmıştır. 2018 senesinden itibaren ise kömür bazlı santral kurulu gücü 18.997 MW olmak üzere kurulu gücün %21,5’ine denk gelmektedir. Yerli kömür bazlı kurulu güç 10.203 MW (%11,5) iken ithal bazlı kurulu güç 8.794 MW (%10) şeklindedir [29]. Enerji üretiminde oldukça yüksek payı bulunan kömürün sektörlere göre kullanım oranları değişmektedir. Ülkemizde uzun bir zaman dilimini içeren, kömürün sektörlere göre dağılımı aşağıda Şekil 3.8.’ de gösterilmektedir [30].



Şekil 3.8. Türkiye’de sektörlere göre kömür tüketimi [30].

Türkiye’de kömür tüketimi en fazla sanayi sektöründe gerçekleşmektedir. Evler ile ticari ve kamu hizmetlerinde de kömür tüketilmektedir. Evlerde tüketilen kömür uzun yıllardan beri tercih edilmektedir. Ancak ticari ve kamu hizmetlerinde, özellikle 2007 yılından sonra ciddi oranda kömür kullanımını artmıştır.

Ülkemizde yeni kömür alanlarının keşfedilmesi ve bilinen alanların geliştirilmesi çalışmaları 2005 yılı itibariyle hız kazanmıştır. Bunun amacı; enerji imalatında yerli kaynakların önemsenmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması hedefleriyle sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak artan enerji talebinin karşılanmasıdır [29].

### 3.1.1.2. Petrol

Petrol içeriğine bakıldığında, hidrojen ve karbonun yanında az oranda da nitrojen, oksijen ve kükürt elementlerini içeren kompleks bir yapıda olduğu görülmektedir. Uygun koşullarda maddenin üç hali şeklinde de gözlemlenebilen petrol, ham halde içerdiği hidrojen ve karbon oranlarından ötürü “Hidrokarbon” şeklinde de ifade edilebilir [6].

19. yüzyılda enerji kaynağı olarak keşfedilen petrol, ilk olarak Birinci Dünya Savaşı’nda gemi yakıtı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Akabinde çeşitli motorlu araçlarda da kullanılarak hem bu araçların üretiminin artmasına katkı sağlamış hem de

bu sayede 20. yüzyılın icadı olarak ifade edilmiştir. Zamanla teknolojinin ilerlemesi ile de petrolden yararlanan sektör sayısı artmış ve petrol, enerji gereksinimini karşılamada ciddi bir noktaya ulaşmıştır [7]. Ancak petrol üretimde her ne kadar önemli bir faktör olsa da, çeşitli problemleri de beraberinde getirdiği için birbirine ters düşen fikirlere sebep olmuştur. En büyük problem petrol krizlerinin yaşanmasına bağlı olarak fiyatlardaki artış olarak görülse de çevre kirliliğine sebep olması ve insanlar için sağlığı tehdit etmesi yönü ile de tartışılır hale gelmiştir. Aynı zamanda petrol üretimine oldukça az sayıda ülke hakimdir. Bu durum, petrole ihtiyaç duyan ülkeleri bu az sayıdaki ülkeye mecbur bırakmaktadır [6]. Aşağıda Çizelge 3.2.'de ülkelere göre petrol rezervleri gösterilmektedir [31].

Çizelge 3.2. 2015 ve 2018 yılları ülkelere göre petrol rezervi [31].

<b>ÜLKELERE GÖRE PETROL REZERVİ (Milyon Varil)</b>				
<b>Sıra</b>	<b>Ülke</b>	<b>2015 Rezervi</b>	<b>2018 Rezervi</b>	<b>Pay %</b>
1	Venezuela	298.350	302.250	17,50
2	Suudi Arabistan	265.789	266.208	15,42
3	Kanada	172.481	170.540	9,88
4	İran	157.800	157.200	9,10
5	Irak	144.211	148.766	8,62
6	Kuveyt	104.000	101.500	5,88
7	Birleşik Arap Emirlikleri	97.800	97.800	5,66
8	Rusya	80.000	80.000	4,63
9	Libya	48.363	48.363	2,80
10	Nijerya	37.070	37.453	2,17
11	ABD	39.933	35.213	2,04
12	Kazakistan	30.000	30.000	1,74
13	Çin Halk Cumhuriyeti	24.649	25.627	1,48
14	Katar	25.244	25.244	1,46
15	Brezilya	15.314	12.634	0,73
16	Cezayir	12.200	12.200	0,71
17	Angola	9.011	9.523	0,55
18	Ekvador	8.832	8.273	0,48
19	Azerbaycan	7.000	7.000	0,41
20	Meksika	9.812	6.630	0,38
21	Norveç	5.497	6.376	0,37
22	Umman	5.151	5.373	0,31
23	Sudan	5.000	5.000	0,29
24	Hindistan	5.643	4.495	0,26
25	Mısır	4.400	4.400	0,25
26	Vietnam	4.400	4.400	0,25
27	Malezya	4.000	3.600	0,21
28	Endonezya	3.693	3.310	0,19
29	Yemen	3.000	3.000	0,17
30	Suriye	2.500	2.500	0,14
31	Uganda	2.500	2.500	0,14
32	İngiltere	2.982	2.069	0,12
33	Avustralya	1.193	1.821	0,11

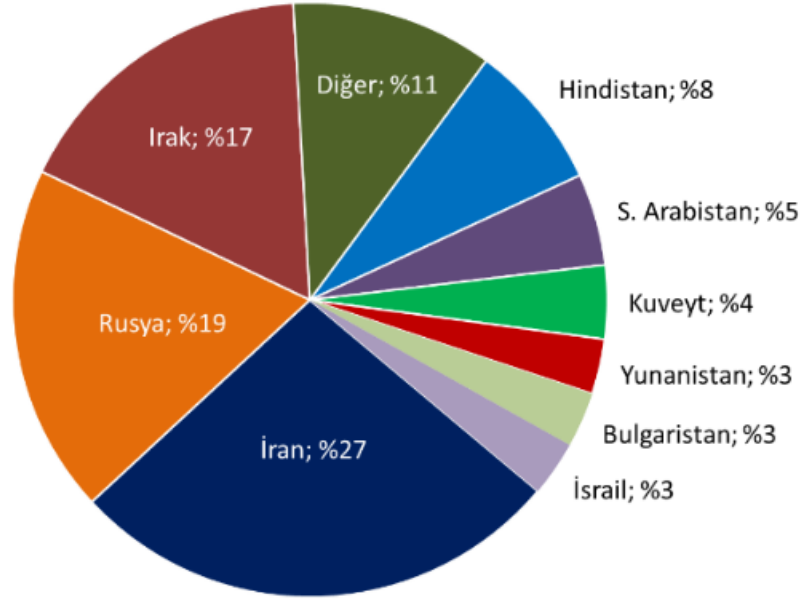
Çizelge 3.2. (devam ediyor).

34	Kolombiya	2.445	1.665	0,10
35	İtalya	545	488	0,03
36	Danimarka	611	439	0,03
<b>37</b>	<b>Türkiye</b>	<b>334</b>	<b>342</b>	<b>0,02</b>
38	Almanya	147	130	0,01
39	Polonya	143	126	0,01
40	Hollanda	145	81	0,00
41	Fransa	84	66	0,00
42	Japonya	44	44	0,00
43	Diğer ülkeler	17		5,33
	<b>Dünya toplamı</b>	<b>1.659.532</b>	<b>1.726.685</b>	<b>%100,00</b>

Çizelge 3.2.'de gösterilen veriler incelendiğinde 2015 yılında dünya toplamında petrol rezervi 1.659 milyar varil iken 2018 yılında bu miktarın 1.726 milyar varil olduğu görülmektedir. Geçen zaman diliminde tüketim gerçekleşmesine karşın yeni yerlerin ortaya çıkartılması bu miktarın artmasını sağlamıştır [31]. 2018 verilerine göre dünya toplamında petrol rezervinin %49,83'ü Ortadoğu ülkelerinde, %18,81'i Güney ve Orta Amerika ülkelerinde ve %12,3'ü ise Kuzey Amerika ülkelerinde bulunmaktadır. %17,5 ile en fazla petrol rezervine sahip ülke olan Venezuela'yı %15,42'lik oranla Suudi Arabistan takip etmektedir. Kanada (%9,88), İran (%9,10) ve Irak (%8,62) ile beraber en fazla rezerve sahip bu ülkeler, toplam dünya rezervinin yarısından fazlasını (%60,52) elinde bulundurmaktadırlar.

2018 verilerine göre Türkiye yalnızca %0,02'lik bir petrol rezervine sahiptir. Ancak ülkemiz konumu bakımından üretilebilir petrol ve doğalgaz rezervlerinin ortalama %70'lik kısmının yakınında bulunmaktadır. Aynı zamanda Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'da bulunan tüketim pazarlarını birbirine bağlayan konumda olması sebebiyle birçok avantajlı bilimsel çalışmayı desteklemektedir. Türkiye'nin 2018 yılı ham petrol dış alımı 21 milyon ton ve petrol ürünü dış alımı 17,7 milyon ton iken ülke dışına satılan petrol ürünleri sadece 8,9 milyon tondur [32].

Zamanla petrol ve doğalgaza olan gereksinimin artması ve dışa bağımlılığın fazla olması, yerli kaynakların keşfine yönelik çalışmalar yapılmasına sebep olmuştur. Yeterli araştırma yapılmayan bölgeler ile Karadeniz ve Akdeniz'in denizel yerlerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır [32]. Aşağıda Şekil 3.9.'da Türkiye'nin 2017 yılı verilerine göre ithal ettiği petrolün ülkeler bazında dağılımı gösterilmektedir [33].



Şekil 3.9. Türkiye'nin ülkeler bazında petrol ithalatı [33].

Türkiye'nin petrol ithalatında en yüksek pay %27 ile İran olurken, %19 oranı ile Rusya ve %17 oranı ile Irak ilk üç ülkeyi oluşturmaktadır. Hindistan, Suudi Arabistan ve Kuveyt, Yunanistan, Bulgaristan ve İsrail de petrol ithalatında dikkat çeken diğer ülkelerdir.

Fosil enerji kaynaklarından olan petrol zamanla kendini yenileyemeyen, belirli süre sonunda bitme tehlikesi yaşayan enerji kaynaklarından biridir. Ancak teknolojinin hızla gelişmesi yeni keşiflere olanak sağlamaktadır. Yine de sınırlı ömrü olan petrol rezervlerinin aşağıda Şekil 3.10.'da bölgelere kalan ömürleri gösterilmektedir [33].



Şekil 3.10. Bölgelere göre petrol rezerv ömrü [33].

Şekil 3.10.'a göre en fazla petrol rezervine sahip Orta Doğu'yu sırasıyla Orta ve Güney Amerika, Kuzey Amerika, Avrupa ve Avrasya ile Asya Pasifik bölgeleri takip etmektedir. Ama rezerv ömürlerine bakıldığında Orta ve Güney Amerika bölgesinde diğer bölgelere oranla petrol rezervinin daha uzun süre var olacağı görülmektedir.

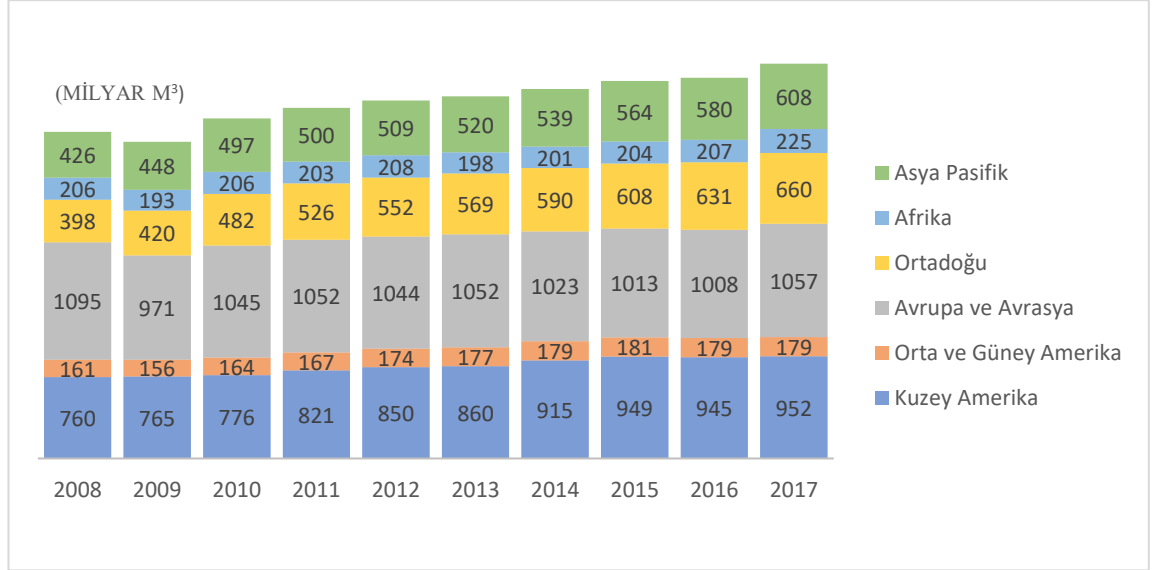
### 3.1.1.3. Doğalgaz

Fosil enerji kaynaklarından olan doğalgaz, havadan daha hafif, rengi ve kokusu olmayan yanıcı bir gaz karışımıdır. Yeraltında tek başına ya da petrole yakın yerlerde bulunmaktadır. Doğalgaz ilk olarak 1790 tarihinde İngiltere'de kullanılmış, zamanla nakliye işlemlerinin boru hatlarıyla yapılmasıyla birlikte 1920'lerde kullanımını artırmıştır. Birçok alanda tüketimi yapılan doğalgaz, enerji sektöründe ilk olarak ABD tarafından kullanılmıştır [6,7].

Yenilenemeyen enerji kaynakları içinde karbondioksit emisyonuna en az seviyede sebep olan doğalgaz, bu yönüyle kendi grubundaki diğer yakıtlardan daha çevre dostudur [6]. Boru hatları yardımıyla ya da sıvılaştırılarak tankerler ile nakliyesi yapılan doğalgaz, kaynağından çıkartıldığı şekilde kullanılma imkânı da sağlamaktadır

[34]. Tüketim ağı oldukça geniş olan doğalgaz elektrik santrallerinde de epeyce kullanılan enerji kaynağıdır [6].

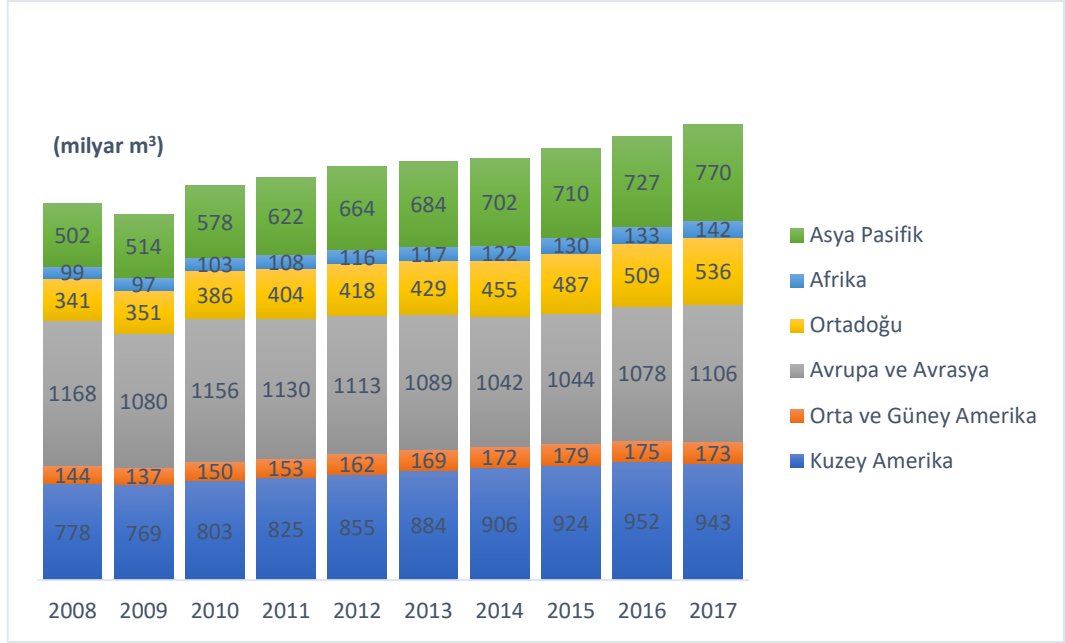
Doğalgazın 2008-2017 yılları arasında dünyadaki üretim miktarı, bölgelere göre Şekil 3.11.'de gösterilmektedir [35].



Şekil 3.11. Bölgeler bazında dünya doğalgaz üretimi [35].

Şekil 3.11.'de gösterilen yıllarda en fazla doğalgaz üretimi Avrupa ve Avrasya bölgelerinde yapılmaktadır. Daha sonra Kuzey Amerika bölgesi, üçüncü üretim gücü olarak da Orta Doğu bölgesi gelmektedir. Asya Pasifik bölgesindeki üretim miktarı başlarda Orta Doğudan fazla olsa da 2011 yılıyla beraber Orta Doğudan daha az üretim miktarına sahip oldukları görülmektedir. Bu bölgeleri Afrika bölgesi ile en az üretime sahip Orta ve Güney Amerika bölgesi takip etmektedir. Toplamda dünyada üretilen doğalgaz miktarında 2008 yılından sonra düşüş yaşansa da devam eden yıllarda sürekli artış göstermektedir [35].

2008-2017 yılları arasında dünyada bölgelere göre tüketilen doğalgaz miktarı Şekil 3.12.'de gösterilmektedir [36].

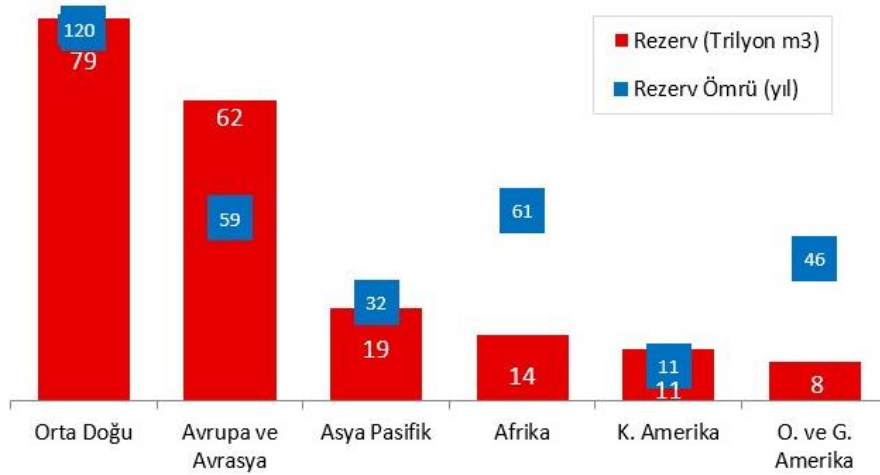


Şekil 3.12. Bölgeler bazında dünya doğalgaz tüketimi [36].

Dünyada bölgelere göre tüketilen doğalgaz miktarı, üretim miktarı ile neredeyse paralel seyretmektedir. En fazla doğalgaz tüketiminin yapıldığı bölge Avrupa ve Avrasya bölgesini Kuzey Amerika bölgesi takip etmektedir. Tüketimin fazla olduğu üçüncü bölge Asya Pasifik bölgesidir. Tüketim miktarında Orta Doğu, Asya Pasifik bölgesinin gerisinde kalmıştır. Tüketim miktarlarında da son iki sırayı Afrika bölgesi ile Orta ve Güney Amerika bölgeleri paylaşmakta ancak tüketimde sonuncu olan bölgenin Afrika bölgesi olduğu görülmektedir [36].

Bölgelerin rezerv miktarı ve kalan ömürleri aşağıda Şekil 3.13.'te gösterilmektedir. Orta Doğu en fazla rezerve sahip bölge olurken ez az rezerv miktarı Orta ve Güney Amerika bölgesinde bulunmaktadır. 2017 yılı dünya toplam rezerv miktarının üretim miktarına oranı hesaplanarak küresel rezerv ömrünün 52,6 yıl olduğu saptanmıştır [37].





Şekil 3.13. Bölgeler bazında dünya doğalgaz rezerv miktarı ve kalan ömrü [37].

Türkiye doğalgaz ihtiyacının neredeyse tamamına yakını (%99,3) başka ülkelerden satın almaktadır. Ülkemiz 2017 yılında gaz tüketiminin sadece %0,7'sini kendi kaynaklarından karşılarken %52'sini Rusya'dan, %17'sini İran'dan, %12'sini Azerbaycan'dan ve %8'lik kısmını da Cezayir'den temin etmiştir [38].

### 3.1.2. Nükleer Enerji

Nükleer enerji, çekirdek kaynaklı bir yenilenemez enerji türüdür. Atomların fisyon (parçalanma) veya füzyon (birleşme) reaksiyonları sonucu açığa çıkan nükleer enerji, nükleer santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir [6]. Bu santraller, nükleer enerjinin kontrol altında tutularak, emniyetli ve devamlı bir biçimde oluşmasını sağlamaktadır. Özellikle ABD ve Rusya olmakla birlikte çok sayıda ülke nükleer enerjinin getirilerinden yararlanmak amacıyla yöntemler üzerinde çalışmışlardır [39]. Atom çekirdeğinin parçalanma çalışmalarına ilk olarak 1900'lü yıllarda Avrupa'da başlanmasına rağmen, nükleer santral ilk olarak 1950 yılında ABD'de kurularak hemen devam eden yılda ilk elektrik üretimi yapılmıştır. 1964'te 3. Cenevre Konferansı'nda verilen kararlar ile de elektrik enerjisinin ticaret amaçlı üretimine başlanılmıştır [7].

1973'te yaşanan petrol krizi ile, elinde petrol bulunmayan ülkeler enerji arz güvenliğini elde etmek amacıyla alternatif kaynak olarak nükleer enerji kaynaklarına eğilim göstermişlerdir. Bu durum nükleer santrallerin dünya çapında yayılımına hız

katmıştır. Ancak nükleer enerji kullanım açısından yüksek riskler içermektedir. Bu nedenle üretim aşamalarında uzman olunması gerekmektedir. Bu aşamalarda ortaya çıkacak yanlışlıklar geri dönüşü olmayan sonuçlara sebep olmaktadır. 1979'da ABD'de gerçekleşen kazadan sonra, 1986'da Sovyetler Birliği'nde yaşanan Çernobil kazası ile de nükleer santraller yavaşlama dönemi yaşamıştır [7,39].

Çernobil kazası ile başta Rusya olmak üzere birçok ülke radyoaktif kirliliğin getirdiği olumsuz sonuçtan etkilenmiştir. Birçok ülkeyi etkileyen Çernobil kazası sonrasında nükleer enerji karşıtlarında yeniden artış görülmüştür. Ancak 2011 yılında nükleer enerji santralleri yeniden yükselişe geçmeye başlamışken, Japonya dokuz şiddetindeki deprem ile sarsılmış ve sonrasında ortaya çıkan tsunami felaketi dünyada yaşanan en büyük ikinci nükleer kazaya sebep olmuştur. Fukuşima şehrinin yakınlarında yer alan nükleer santral kazası çevreye ağır tahribat bırakmıştır [7].

Aslında nükleer enerjinin tehlikesi kolaylıkla meydana gelmemekte fakat gerçekleştiği zaman ağır yıkımlara sebep olabilmektedir. İlerleyen teknoloji sayesinde çeşitli önlemler alınmakla birlikte kaza yaşanma ihtimali yok edilememiştir. Yaşanan kazalar çoğunlukla kullanılan malzemelerin bozulması, hatalı veri toplanması, boru aşınımı ya da kırılması, insan kaynaklı hatalar şeklinde olabilmektedir [40].

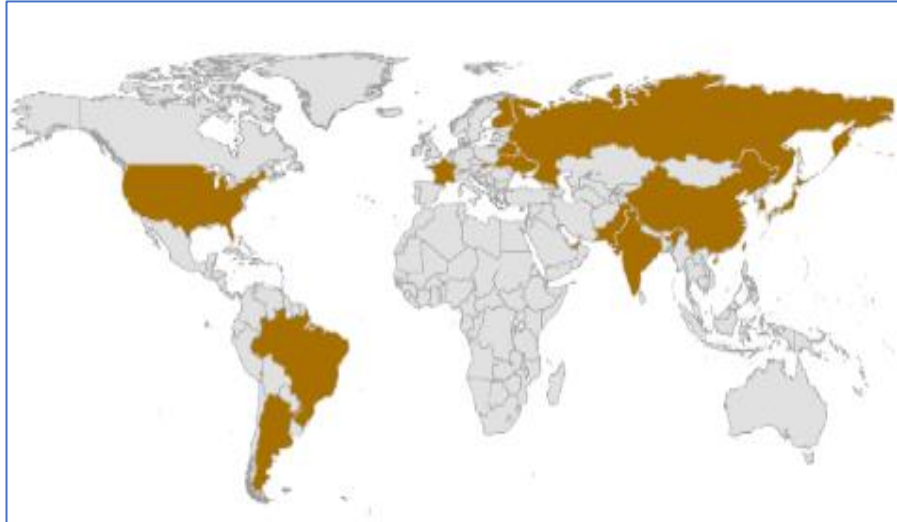
Yaşanan çeşitli kazalar ve özellikle Çernobil kazası, nükleer enerji santrallerine karşı negatif yaklaşımlara sebep olmaktadır. Yaşanan kaza sonucunda açığa çıkan radyasyonun çevreye dağılarak doğaya ve insana vereceği zarar birçok kişi tarafından kaygı verici bulunmaktadır. Bir kesim topluluk da nükleer enerji santrallerine pozitif yaklaşmaktadır. Nükleer enerjiye sahip olmanın teknolojik üstünlük olduğunu savunan bu kesim aynı zamanda, nüfus artışı ve enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ile artan maliyete de olumlu katkı sağlayacağını düşünmektedirler [40].

Aşağıda Şekil 3.14.'te nükleer santralleri bulunan ülkeler [7], Şekil 3.15.'te nükleer santral inşa eden ülkeler gösterilmektedir [41].



Şekil 3.14. Dünyada nükleer santral olan bölgeler [7].

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın 2018 yılını baz alarak sunduğu veriler, 31 ülkede toplam 450 nükleer reaktörün işletmede yer aldığını ve dünyadaki elektrik arzının %10'unun nükleer güç santrallerinden karşılandığını göstermektedir. Fransa'da elektrik gereksiniminin %72'sine yakını, Ukrayna'da %53'ü, İsveç'te %40'ı, Belçika'da %39'u, Avrupa Birliği'nde %28'i, Güney Kore'de %24'ü, ABD'de %19'u nükleer enerjiden sağlanmaktadır [39].



Şekil 3.15. Dünyada nükleer santral inşa edilen bölgeler [41].

19 ülkede toplam 52 nükleer reaktörün yapımı 2019 yılı ağustos ayından beri devam etmektedir. Yapımı devam eden bu reaktörlerden dokuz tane Çin'de, yedi tane Hindistan'da, altı tane Rusya'da, iki tane ABD'de, dört tane Birleşik Arap

Emirlikleri'nde, dört tane Güney Kore'de ve birer tane de Türkiye ve Fransa'da bulunmaktadır. Almanya bir yıl önce 10 nükleer reaktörünü kapatmış, halen bulunan yedi nükleer reaktörün de 2021'e kadar devam edeceğini duyurmuştur. Japonya'daki nükleer santraller, yaşanan Fukushima kazasının ardından yenilenen güvenlik ölçütlerine göre kontrol etmek amaçlı durdurduğu reaktörlerin beş tanesini açmıştır. Zamanla diğerlerini açmak için de çalışmalar yapılmaktadır [39].

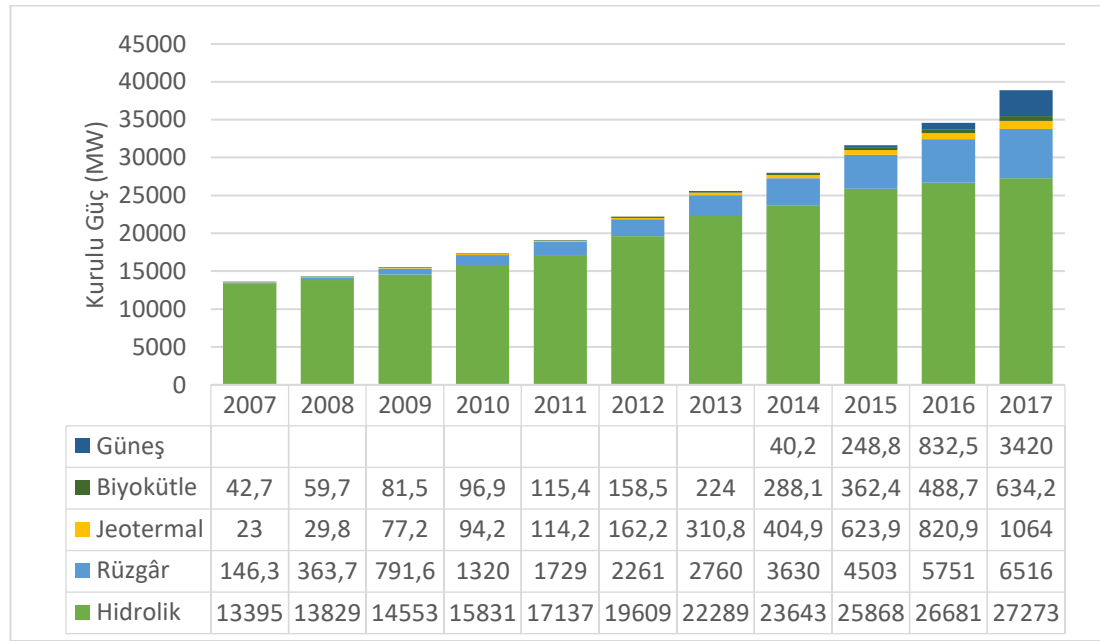
Türkiye 12 Mayıs 2010 yılında Rusya ile anlaşma imzalayarak nükleer santral kurma girişimlerine adım atmıştır. 2 Nisan 2018 tarihi itibariyle temelleri atılan Akkuyu Nükleer Santralini, 2023 yılında işletmeye başlaması öngörülmüştür. Ülkemizin ikinci nükleer santral çalışması ise Japonya ile imzalanmıştır. 3 Mayıs 2013'te Sinop Nükleer Santrali için imzalanan anlaşmanın çalışmaları halen sürmektedir [39].

### **3.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI**

Dünyada en büyük problemlerinin başında, enerji kullanımı ve enerji kaynaklarının devamlılığının sağlanması sıkıntıları yer almaktadır. Kullanım olarak büyük bir yüzdeye sahip olan fosil kaynaklı enerjilerin ve santral sayılarını zaman içinde arttıran nükleer enerjinin doğaya zarar vermesi ve hava kirliliğine sebep olmasının yanında, sonlu olmaları ve bir gün bu kaynakların biteceği de sorunların artmasına sebep olmaktadır. Tüm bu sıkıntılar ülkeleri enerji üretiminde alternatif bir kaynak bulma arayışına yönlendirerek, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının aktif hale gelmesinde önemli olmaktadır [6].

Yenilenebilir enerji, kaynağını doğadan alan ve kullanıldıkça kendini devamlı yenilediğinden tükenmeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjidir. Bu kaynakların önemli bir kısmı direkt olarak ya da dolaylı bir şekilde güneş ile bağlantılıdır. Bu da tükenme tehlikesinin olmadığını göstermektedir. Hava kirliliğine sebebiyet vermeyen bu kaynaklar hem çevre dostu üretimi desteklemekte hem de kendini yenileyebilme çabukluğu bakımından güvenilir bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, ülkelerin dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlayarak daha oranlı fiyatlar ile enerji üretimine imkân sağlamaktadır [42].

Yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olma gücü bakımından incelendiğinde Türkiye, yenilenemez enerji kaynaklarına kıyasla daha üstün konumdadır. Dünya’da da giderek artan bir öneme sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak amaçlı çalışmalar hem ülkemizde hem de dünyada yoğunluk kazanmaktadır [11]. Aşağıda Şekil 3.16.’da Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi sağlayan tesislerinin kurulu güç gelişimi yıllar bazında gösterilmektedir [43].

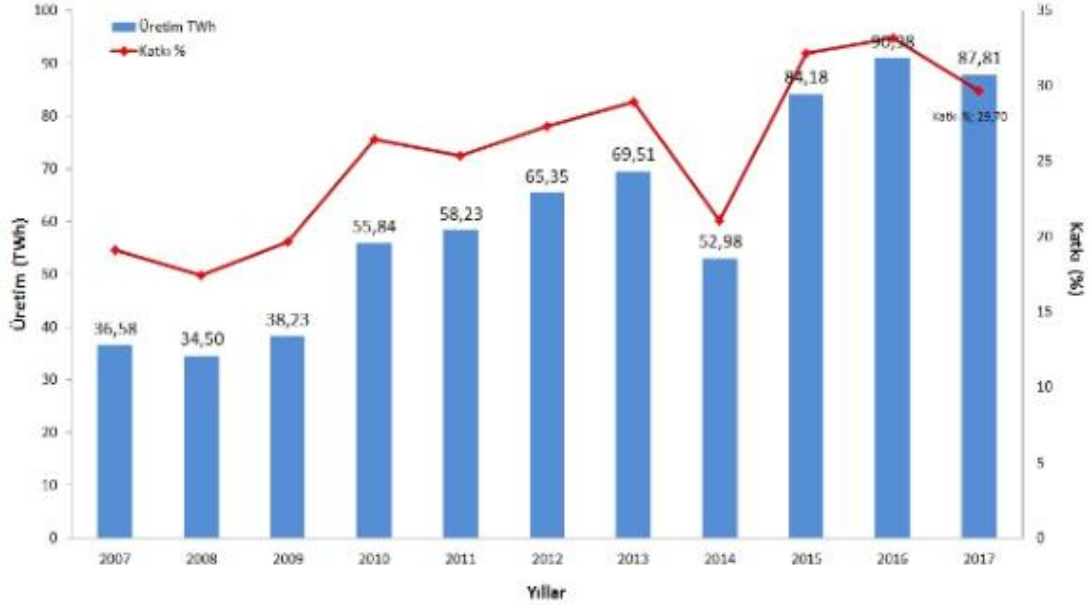


Şekil 3.16. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan tesislerin kurulu güç gelişimi [43].

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının 10 yıllık gelişim süreci incelendiğinde, 2007 yılında bugün kullanılan kaynaklardan sadece hidrolik kaynakların kullanımının fazlaca olduğu, bunun yanında düşük bir oranda biyokütle enerjisi ve çok daha düşük bir oranda ise rüzgâr enerjisinden yararlandığı görülmektedir. Zamanla rüzgâr enerjisinin kurulu güç oranı daha belirgin oranlara yükselmektedir. 2017 yılında ise hidrolik enerji kaynaklarından sonra ikinci en yüksek kullanım oranına sahip olduğu görülmektedir. Jeotermal enerji kaynaklarının 10 yıl boyunca gelişimine bakıldığında, son zamanlarda kurulu güç oranının arttığı açık bir biçimde görülse de biyokütle enerjisinden sonra en az yararlanan yenilenebilir enerji kaynağı konumunda olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi tesislerinin ülkemizde kurulumu ve bu enerji kaynağından yararlanılmaya 2014 yılı itibariyle başlamıştır. Zamanla güneş

enerjisinden yararlanma oranı artarak hidrolik enerji ve rüzgâr enerjisinden sonra en çok elektrik üreten üçüncü kaynak olmuştur.

Aşağıda Şekil 3.17.'de Türkiye kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik enerjisi miktarı ile bu kaynakların üretime katkı oranı gösterilmektedir [43].



Şekil 3.17. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarı ve toplam üretime katkısı [43].

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının 2007-2017 yılları arası verileri incelendiğinde, bu kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi doğrusal olarak olmasa da zamanla artış göstermektedir. Yenilenebilir kaynakların üretimdeki payı 2007 yılında %20'lerde seyrederken, 2017 yılında bu oranın %30'lara çıktığı görülmektedir. Fosil kaynakların verdiği zararlar ve çevre bilinci farkındalığının zamanla artması, yerli kaynakların kullanımını arttırarak üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisinin yükseltmektedir.

### 3.2.1. Yenilenebilir Enerjinin Gerekliliği ve Önemi

Günümüzde ihtiyaç duyulan enerji hâlâ büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Ancak eskiden beridir süren bu durum fosil kaynakların sonsuz olmaması ve tükenme tehlikesinin zamanla artmasından, ülkeleri alternatif bir enerji

kaynağı arayışına sürüklemiştir. Bu arayışı yenilenebilir enerji kaynakları ile tamamlamaya başlayan ülkeler sadece enerji sektöründe değil farklı alanlarda da bu kaynaklara yönelmeye başlamışlardır [21].

Bugün birçok ülkenin gündeminde yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Bunun belli başlı nedenlerinden biri, özellikle enerjiye duyulan ihtiyacın sürekli olarak artmasıdır. Bununla birlikte ortaya çıkan birtakım ekonomik ve sosyal sebepler ve doğayı korumak amacıyla daha bilinçli çalışmalar yapılması yenilenebilir kaynakların önemini arttırmaktadır [42].

Doğa belli bir seviyeye kadar kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahiptir. Bundan dolayı kirliliğin çevreye etkisi çok belirginlik göstermese de zamanla bu durum değişmiştir. Günümüzde geline nokta küresel ısınma ve bunun neticesinde oluşan iklim değişikliği günümüzün en büyük çevresel problemleridir [42]. Çevre dostu alternatif enerji kaynakları kullanmak; enerji kaynaklarının çevreye olan olumsuz etkisini azaltmak ve sonraki nesillere tahrip edilmemiş bir çevre bırakmak açısından çok önemlidir. Enerji üretiminde çok büyük yeri olan fosil yakıtların yanmasıyla iklim değişikliğine neden olan sera etkisini ortaya çıkaran karbondioksit (CO<sub>2</sub>), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), metan gazı (CH<sub>4</sub>) gibi zararlı gazlar atmosfere salınmaktadır. Sera gazlarının salınımını kısıtlamak için çeşitli ülkelerin katılımıyla iklim zirveleri düzenlenerek ülkelerin atmosfere saldıkları karbondioksit seviyesi azaltılmaya çalışılmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının tüketiminin devam etmesi durumunda, atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının büyük ölçüde artabileceği, sonucunda iklim değişikliklerinin meydana geleceği ve bu bunların sonuçlarının ise uzun vadede negatif etkiler doğuracağı öngörülmektedir. Bu şekilde enerji üretimiyle atmosfere salınan sera gazlarından ötürü iklim değişiklikleri ortaya çıkmış, ekolojik dengenin bozulmuştur. Günümüzde küresel olarak tedbirlerin alınmazsa dünyamız yaşanılabilir bir dünya olmaktan çıkma tehlikesiyle karşı karşıya kalacaktır. Bu nedenle ülkeler sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelerek yürüttükleri çevresel politikaları revize etmelidir [6].

Küresel sera gazı emisyon salınımlarında 1900'lü yıllardan günümüze dek istikrarlı bir yükseliş eğilimi olduğu tespit edilmiştir. Bu emisyonların gaz çeşitlerine göre

dağılımına bakıldığında ortalama %60-70'lik bir oranla en yüksek paya sahip olan gazın karbondioksit olduğu görülmektedir. Karbondioksit salınımının en büyük sebebi fosil yakıt kullanımınıdır. Küresel sera gazı emisyonlarının ekonomik sektörler açısından dağılımına bakıldığında ise en büyük paya enerji sektörünün sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda günümüzün en büyük çevresel sorununun asıl nedeninin fosil yakıt egemenliğine dayalı bir enerji sistemi olduğu söylenebilir. Kullanılan başlıca enerji ekolojik hayat için büyük bir sorun teşkil etmektedir ve sürdürülebilir bir enerji sistemine geçiş artık bir zorunluluk boyutuna gelmiştir. Çevre açısından çok avantajlı olan alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının sera gazı salınımı sıfır ya da en az seviyededir. Tükenmeyen, kendi kendini yenileyebilen, üretimi için doğa haricinde ek bir girdiye ihtiyaç duyulmayan yeşil kaynaklardır. Bu kaynakların “yeşil enerji” olarak adlandırılması bu kaynakların çevreci ve temiz enerji kaynakları olduğunun bir kanıtıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları aydınlatma, ısıtma, soğutma, tarım vb. gibi günlük yaşam alanlarında birincil enerji kaynağı olarak kullanılabilir [42].

Fosil yakıt kullanımının insan sağlığına ne kadar zararlı olduğu bilinmektedir ve bunun minimum seviyeye indirilebilmesi amacıyla alternatif enerji kaynaklarından faydalanmayla ilgili çalışmalar sürdürülmektedir. İnsan sağlığına olumsuz etkisi olan bir başka etken ise araçlarda kullanılan akaryakıt ürünleridir. Bunların büyük bir bölümü fosil yakıtlardan üretilmektedir ve açığa çıkan karbondioksit havaya dağılmaktadır. Araçlarda kullanılan benzindeki kurşun miktarı su kirliliğine neden olmaktadır. Bunu engelleyebilmek amacıyla elektrik enerjisi (Hybrid) ve güneş enerjisiyle çalışan araçlar kullanılmalıdır [6].

Ülkeler için enerji çok önemli bir ihtiyaçtır ve dünyada genel olarak en çok tercih edilen enerji kaynağı fosil yakıtlardır. Ancak enerji kullanımında fosil yakıtlar bir düşüş eğilimindedir. Bunun başlıca sebebi ise fosil yakıtların dünya genelinde gittikçe azalması ve çevreye zararlı olmasıdır. Fosil yakıtların ülkelere göre eşit dağılmadığı bilinmektedir. Bu sebepten ötürü fosil yakıtları veya yeterli miktarda fosil yakıtları olmayan ülkeler bu gereksinimi karşılayabilmek amacıyla enerjiyi ithal etmek durumundadır ve bu da ülke ekonomilerinin üzerinde büyük bir yük haline gelerek cari açığın başlıca sebeplerinden birini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji ülkelerin büyük



orandaki dışa bağımlılığını, dış borcunu ve yabancı enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını nispeten giderebilir. Güneş, rüzgâr gibi doğal kaynakların kullanımı sonucunda enerji ithalatını düşürerek yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan ülkeler enerji ithalatına gereksinim duymayabilir. Ayrıca uzun vadede enerji fiyatlarının düşmesi açısından da büyük katkılar sağlayabilir [42].

Günümüzde kişi başı gelir seviyeleri yüksek olan ülkelerin, kişi başı enerji kullanımları da yüksektir. Ülkeler ekonomik olarak büyüdükçe enerji talepleri de artar ve enerji üretimleri yeterli düzeyde olmaması ülke ekonomilerinin geleceği bakımından risk teşkil etmektedir. Bu riskin yok edilebilmesi, ülke sanayilerinin gelişebilmesi ve belli bir pazar büyüklüğüne ulaşılabilmesi için, yerli enerji üretimine olan desteğin belirli hedeflere yönelik ve uzun vadeli olarak planlanması gereklidir. Böylece ülkeler hem ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirirken hem de ülke içi alternatif enerji kaynaklarını değerlendirerek enerji tüketimlerini karşılayabileceklerdir [6].

Enerjinin ucuz, güvenilir, devamlı, kaliteli ve rekabet seviyesi yüksek bir piyasadan karşılanması dünya piyasasında rekabet edebilir bir ekonomiye sahip olmanın en önemli faktörlerinden birisidir. Enerji sektöründe fosil enerji kaynaklarına bağımlı olunması, bu kaynakların bazı bölgelerde ve belirli sayıda ülkenin elinde bulunması, günümüz piyasa koşullarında rekabet edilebilmesini engellemektedir. Bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması için ülke içi alternatif enerji kaynaklarının maksimum olarak değerlendirilmesi önemlidir [6].

### **3.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çeşitleri**

Yenilenebilir enerji kaynakları, yenilenemez enerji kaynaklarına karşı bir seçenek olmakla birlikte yenilenme hızı açısından da daha elverişli konumdadır. Günden güne fosil kaynakların tükenme tehlikesi ve çevreye verdiği zararların artmasıyla birlikte de daha bilinçli bir tutum sergileyen ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla konsantre olmaya başlamışlardır [21]. Kullanılan enerji kaynağı ve yakıtına göre en çok kullanılan bazı yenilenebilir enerji kaynakları şunlardır [7].

- Kaynağını sudan alan hidrolik enerji
- Rüzgâr etkisi ile meydana gelen rüzgâr enerjisi
- Kaynağı güneş olan güneş enerjisi
- Yeraltı sularının etkisiyle oluşan jeotermal enerji
- Biyolojik atıklardan faydalanarak üretilen biyokütle enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları açısından verimli bir ülke olan Türkiye, çoğu ülkenin sahip olmadığı jeotermal enerjide dünyaya kıyasla ciddi bir orana sahiptir. Bulunduğu coğrafi konum ülkemize güneş enerjisi bakımından avantaj sağlarken, yer şekillerinin etkisi ile de hidrolik enerji ve rüzgâr enerjisi kaynak olarak kullanılabilir [21].

### **3.2.2.1. Hidroelektrik Enerji**

Hidroelektrik ya da hidrolik enerji olarak farklı şekillerde ifade edilebilen bu enerji kaynağı, en çok tercih edilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Daha çok akarsu üzerlerine kurulan barajların suyu depolayarak, suyun sahip olduğu potansiyel enerjinin dönüşümünü sağlayarak elektrik enerjisi üretimine dayanan bir enerji üretim sistemidir. Bu sistem hidroelektrik santrallerde (HES) gerçekleştirilmektedir [21].

Kaynağı su olan hidroelektrik santraller ile elektrik üretimini mümkün kılan hidrolik enerji, teknolojik olarak en yüksek seviyede ilerleme kaydeden yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik santraller ile, durgun haldeki suyun sahip olduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşümü sırasında elektrik enerjisinin meydana gelmesi sağlanmaktadır. Burada suyun akma hızına paralel olarak enerji üretimi de artış ya da azalış göstermektedir. Birçok avantajı da beraberinde getiren bu santraller randımanlı, yakıt için masraf harcanmayan, kullanım ömrü uzun olan, çevre dostu yeşil bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [44].

### **Dünyada Hidroelektrik Enerji**

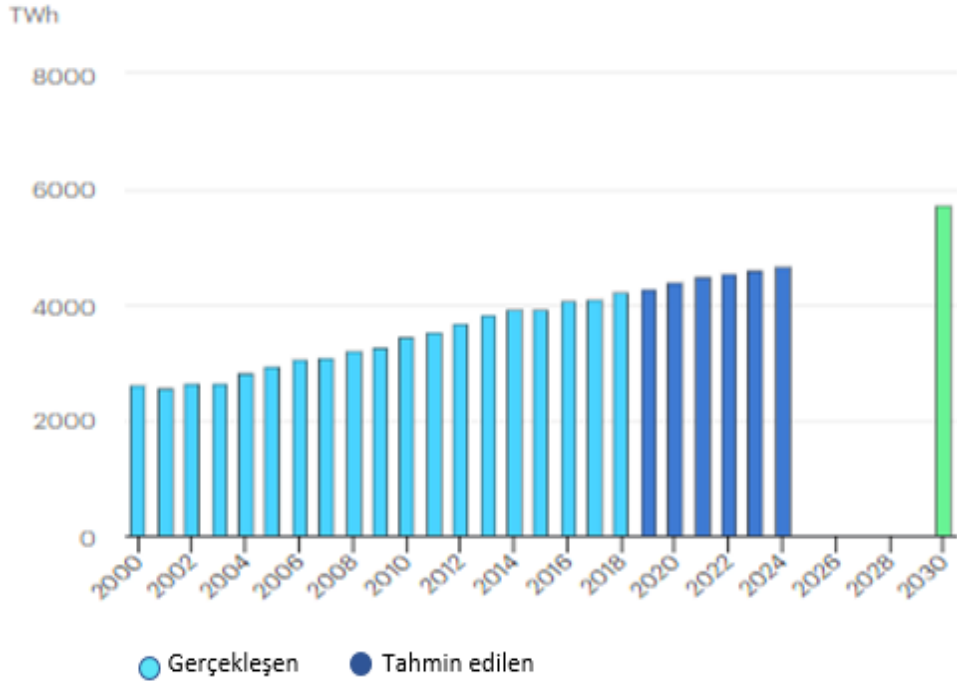
Çevre dostu, temiz yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidroelektrik enerji çok sayıda ülke tarafından tercih edilmektedir. Ülkelerin kalkınmasında önemli

faktörlerden olan enerji üretimini hidroelektrik enerji tarafından karşılayan ülkeler ekonomik, teknik ve çevresel açıdan birçok avantaja sahip olmaktadır [42].

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en eski zamandan beridir kullanılan kaynaklardan olan hidroelektrik enerji, dünyada üretilen elektrik enerjisinin nerdeyse %16'sı kadarını karşılamaktadır. Ancak gelişmiş ülkeler ve daha birçok ülkede hidroelektrik santrallerin kurulumu mümkün olan baraj sahaları, bugüne kadar başka amaçlar için kullanıldığından bu yenilenebilir enerji kaynağının daha ileri düzeyde fayda getirmesi belirli bir çerçeveyi geçemeyecek duruma getirilmiştir [42].

Bugün dünya ülkeleri içinde en bol hidrolik kaynakları elinde bulunduran Çin, hidroelektrik ilerleme olarak da olabildiğince üstün konumdadır. Diğer taraftan çok sayıda ülkeye bakıldığında ise enerji üretiminde suyun kullanımının ciddi düzeyde az olması dikkat çekmektedir. Dünyanın dörtte üçünün su olduğu bilinirken, elektrik üretiminde hidroelektrik kaynaklarının düşük bir orana sahip olması, 21. yüzyılın büyük bir hızla gelişen ekonomisinin sebep olduğu enerji krizi ve çevresel sorunlar açısından son derece endişe verici bir tabloya sebep olmaktadır. Oysa enerji üretiminde hidroelektrik kaynakların kullanım oranını arttırmak amacı ile teknolojik çalışmalara hız verildiği takdirde çevre dostu üretim de desteklenecek ve doğaya salınan zararlılar da en aza indirilecektir [42].

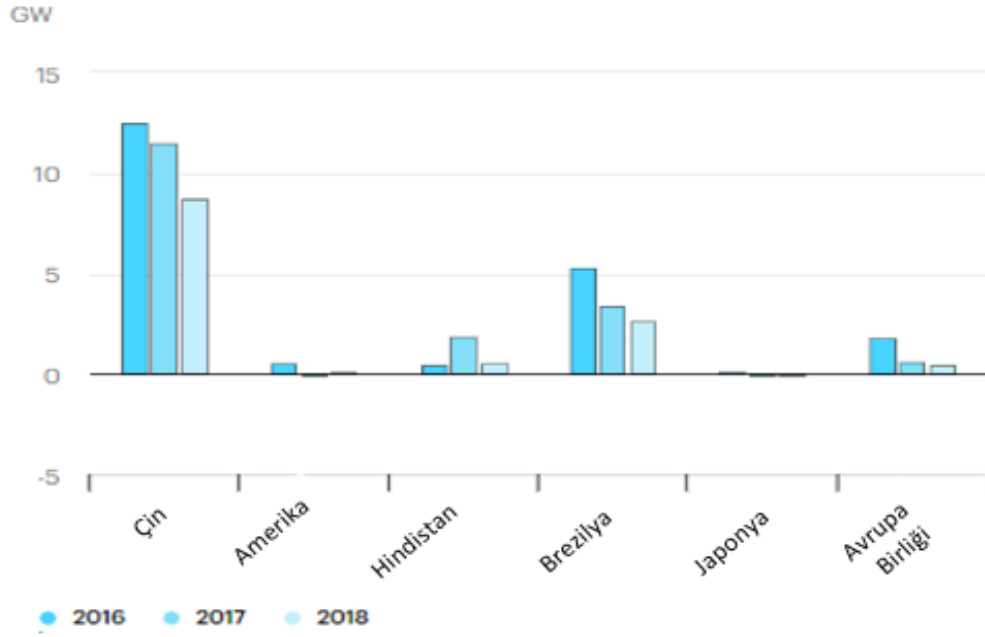
Aşağıda Şekil 3.18.'de sürdürülebilir kalkınma planına göre dünyadaki hidroelektrik üretimin geçmiş ve gelecekteki tahmini değerleri gösterilmektedir [45].



Şekil 3.18. Sürdürülebilir Kalkınma Planına göre 2000-2030 arasında gerçekleşen ve tahmin edilen hidroelektrik üretimi [45].

Sürdürülebilir kalkınma planına göre dünyada hidroelektrik üretimi her yıl artış göstermektedir. Bazı yıl aralıklarında hidroelektrik üretimi birbirine çok yakın değerlerde gözükmesine rağmen, 2020 yılına kadarki 20 yıllık süreçte hidroelektrik üretimi ciddi oranda artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma planının 2030 yılına kadar geçecek 10 yıllık zaman dilimi için tahmini ise hidroelektrik üretiminin artış eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Aşağıda bazı ülkelerin hidroelektrik yıllık kapasite artışları Şekil 3.19.'da gösterilmektedir [45].



Şekil 3.19. Bazı ülkeler ve bölgelerin 2016, 2017, 2018 yıllarında gerçekleşen hidroelektrik kapasite artışı [45].

Çin, ABD, Hindistan, Brezilya, Japonya ile AB'deki hidroelektrik üretiminin 2016, 2017 ve 2018 yıllarındaki kapasite artışlarına göre mevcut üretime en fazla eklemenin Çin'de yapıldığı görülmektedir. 2016 yılına göre devam eden iki yıla bakıldığında kapasite artışında düşüş olmasına rağmen gösterilen diğer ülkelere kıyasla hidroelektrik üretim için Çin'in daha fazla yatırım yaptığı anlaşılmaktadır. Çin'den sonra Brezilya'nın yıllık kapasite artışı kendini gösterecek kadar gerçekleşse de ancak Çin'deki artışın yaklaşık yarısı kadar bir durum söz konusudur. 2017 ve 2018 yıllarında ise Brezilya'da kapasite artışını düşüğü, önceki yıla göre daha az yeni donanımlar eklendiği tahmin edilmektedir. Hindistan'ın 2016, 2017, 2018 yıllarındaki hidroelektrik üretim artış miktarına bakıldığında en fazla artışın 2017 yılında gerçekleştiği, 2018 yılında ise daha az oranda kapasite artışı gerçekleştiği görülmektedir. AB bölgesinde gösterilen üç yıldaki kapasite artış oranlarının toplamı Hindistan'daki oranların toplamı ile neredeyse yakındır, fakat AB'de en yüksek artışın 2016 yılında yapıldığı ve diğer iki yılda kapasite artışının net bir şekilde azaldığı görülmektedir. ABD'de hidroelektrik üretimi için 2016 yılında bir önceki yıla göre yeni eklemeler yapıldığı, 2017 yılında bir kapasite artışı görülmediği gibi artış oranının sıfırın altında olduğu görülmektedir. 2018 yılında ise kapasite artışı sıfırın çok az üstüne çıkmaktadır. Son olarak Japonya'nın üç yıllık hidroelektrik kapasite artışı

incelemeleri de bu ülkede 2016 yılında sıfırın çok az üstünde değere sahip bir artışı gösterirken diğer iki yıl için bu artış oranı sıfırın çok az altında bir değerde seyrettiğini göstermektedir.

### **Türkiye’de Hidroelektrik Enerji**

Türkiye, coğrafi konumunun bir getirisi olarak her mevsimde yağışın olduğu bir bölgede olmadığından su kaynakları bakımından aslında çok avantajlı bir ülke değildir. Bu nedenle başka ülkelerle kıyaslandığında baraj ve hidroelektrik santrallere olan gereksinim daha yüksek seviyededir. Hem kamu kurumlarının hem de kamu dışındaki özel işletmelerin ortaklaşa çalışmaları ile hidroelektrik enerji alanında çokça yatırım gerçekleştirilmektedir [46].

Ülkemizde kapasitesi oldukça yüksek akarsular bulunmakla beraber bu akarsuların debisinin sene boyunca gösterdiği düzensizlik ile akış hacminde gerçekleşen oldukça yüksek farklılıklar sene boyunca sürmektedir. Aynı zamanda kimi senelerde kuraklık yaşanmasıyla birlikte su hacminin yarısı kadar kaldığı gözlenmektedir. Buna rağmen ülkemiz, önemli ölçüde su saklayabilme ve güçlü seviyede akış hacmine sahip çok sayıda hidroelektrik santrale (HES) sahiptir [42].

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en ciddi oranı elinde bulunduran hidroelektrik kaynaklar, oldukça yüksek fiyatlı elektriğin çok daha düşük fiyatlara üretimini sağlamaktadır. Türkiye’nin elinde bulundurduğu yüksek potansiyelli hidroelektrik enerji, tam olarak yerli ve sürdürülebilir bir kaynak olarak ülkenin enerji gereksiniminin karşılanmasında ciddi bir yüzdeye sahiptir [42].

Diğer yenilenebilir kaynaklara kıyasla daha hesaplı, çevre duyarlılığı ve kazanımları daha yüksek olan, başlangıç maliyeti dışında yakıt masrafı da olmayan hidroelektrik enerji santralleri, yerli kaynaklardan faydalanılmasını sağlayarak enerji ihtiyacının giderilmesinde yabancı ülkelere olan bağımlılığı en aza indirmektedir [7].

Türkiye’de tüketilen kişi başı yıllık elektrik miktarı, Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında daha düşük seviyede olup 3.300 kWh civarında seyretmektedir. DSİ

2018 faaliyet raporuna göre Türkiye'nin brüt teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, uygulanabilir hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl, ekonomik bazda geliştirilen potansiyel ile 158 milyar kWh/yıl olmakla birlikte en son gerçekleştirilen tasarıların katkısıyla 2023 yılı sonrası tahmini potansiyel 180 milyar kWh/yıl olabileceği öngörülmektedir. Türkiye'nin uygulanabilir hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %2'sine karşılık gelirken Avrupa potansiyelinin %18'i kadarına denk gelmektedir. Avrupa ülkeleri arasında en yüksek potansiyeli bulunan Rusya'yı ikinci sırada takip eden Türkiye, ilerleme bakımından tahmin edilenin altında yer almaktadır. Potansiyeli en yüksek ikinci ülke olan Türkiye sadece %45 gelişim gösterirken, ABD teknik hidrolik potansiyelini %86 oranında, Japonya %78 oranında, Norveç %72 ve Kanada ise %56 oranında gelişme kaydetmişlerdir [46].

Türkiye'de toplam geliştirilen potansiyelin %55'ine yakını işletmede olan HES'ler tarafından karşılanmaktadır. Aşağıda Türkiye'de işletmede bulunan ve inşası devam eden HES'lerin potansiyelleri Çizelge 3.3.'te gösterilmektedir [46].

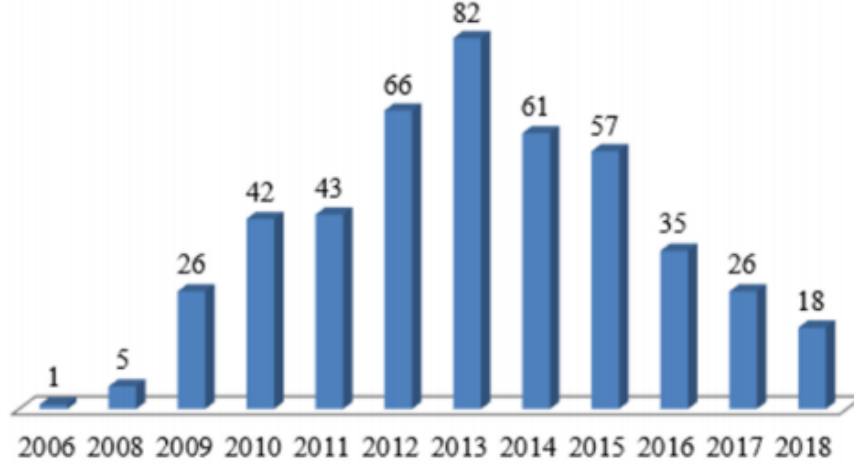
Çizelge 3.3. Türkiye'de HES potansiyel durumu [46].

HES POTANSİYELİ	HES ADEDİ	TOPLAM KURULU KAPASİTE (MW)	ORTALAMA YILLIK ÜRETİM (GWH/YIL)	ORAN (%)
İşletmedeki HES'ler	644	28423	99051	62
İnşaat Halindeki HES'ler	55	4370	13427	8
İnşaatına Henüz Başlanmayan HES'ler	554	15387	46907	29
<b>Toplam</b>	<b>1253</b>	<b>48180</b>	<b>159385</b>	<b>100</b>

DSİ 2018 raporuna göre Türkiye'de 644 HES işletmede yer almakta, 55 HES'in yapımı devam etmekte ve hâlâ yapımına başlanılmamış 554 HES bulunmaktadır. İşletmedeki hidroelektrik santrallerin 28.423 MW toplam kurulu kapasitesi, yıllık ortalama 99.051 GWh/yıl üretim değerine sahiptir.

Ülkemizin hidroelektrik enerji kurulu gücü 2000 yılı verilerinde 11.000 MW civarında gözükmekte iken 2018 yılı verilerinde hemen hemen %253'lük bir artış göstererek 28.000 MW seviyelerinde seyretmektedir. Barajlardan bu enerjinin yaklaşık 20.000 MW'lık bölümü karşılanırken, akarsulardan yaklaşık 8.000 MW'lık payı

karşılanmaktadır [42]. Aşağıda Şekil 3.20.'de yıllara göre etkin duruma gelen HES sayıları verilmektedir [47].



Şekil 3.20. Yıllara göre faaliyete geçen HES sayısı [47].

İşletmeye geçen hidroelektrik santraller 2013 yılına kadar her yıl artış göstermekte, 2013 yılında en fazla sayıya ulaşmaktadır. Bu yıldan sonra ise çalışmaya başlayan HES sayıları azalmaktadır.

Son yıllarda işletmeye alınıp yapımı tamamlanan bazı hidroelektrik santraller şunlardır [46].

- Alpaslan I, Akköprü, Kılavuzlu ve Ermenek HES'leri (2012)
- Deriner Barajı ve HES (2013)
- Çine Barajı ve HES ile Manyas Barajı ve HES (2014)
- Topçam Barajı ve HES (2016)
- Kiğı Barajı ve HES (2017)

Ülkemizdeki bazı akarsuların enerji üretimine etki düzeyleri:

- Fırat nehri %17
- Dicle nehri %11,5
- Doğu Karadeniz %8
- Doğu Akdeniz %6



- Antalya %5,9 olarak verilmiştir [42].

### 3.2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneşe bağlı olan ve güneş varlığını devam ettirdiği süre boyunca bitme sorunu yaşanmayacak bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [7]. Bu enerji, güneş ışımalarının yer kabuğunun her tarafını aynı şekilde ısıtmaması sonucu havada oluşan sıcaklık, nem ve basınç farklılıklarının havada meydana getirdiği hareketlenme sonucu oluşmaktadır. Hava akımının yüksek basınçtan alçak basınç yönündeki devinimi rüzgârın açığa çıkmasını sağlamaktadır [10]. Rüzgâr enerjisinin oluşumunda yeryüzü şekilleri oldukça etkilidir. Yüksek, engebesi olmayan bölgeler ile kıyı kesimlerinde oluşan rüzgâr enerjisinin hesaplanabilmesinde, açığa çıkan rüzgârın gücü de oldukça önem taşımaktadır [7].

Rüzgârın elektrik üretiminde kullanılmasını sağlayan rüzgâr türbinleri, kinetik, mekanik ve elektrik enerjilerinin oluşturduğu bir döngü şeklinde çalışmaktadır. Değişik açılardan gelen rüzgâra bağlı olarak açısını değiştirebilecek elverişte olan rüzgâr türbinleri, düşey ve yatay olmak üzere iki çeşidi bulunarak modern rüzgâr türbini adıyla anılmaktadır. Bu modern rüzgâr türbinlerinin çalışma mantığı, rüzgâr enerjisinin sürüklenme ve kaldırma kuvveti ilkelerinden faydalanarak gerçekleşmektedir [7,10]. Araştırmalar, 500 kWh'lık bir rüzgâr türbininin çalışması ile 57.000 ağacın gerçekleştirdiği şekilde karbondioksit temizlendiğini göstermektedir. Enerji kaynağı olarak rüzgârın kullanımı arttığı takdirde, 2025 yılı verilerinde elektrik üretiminde rüzgâr payının %10 civarında olabileceği ve bu sayede karbondioksit salınımının yılda 1,41 Gton azalış göstereceği tahmin edilmektedir [42].

Rüzgâr enerjisi, maliyetlerinde azalma görülmesi sonucunda, dünya genelinde kullanımını arttırarak en kısa sürede büyüme gerçekleştiren yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) yirmi yıllık verilerine göre karada ve denizde, dünya çapında kurulmuş rüzgâr üretim miktarı 75 kat artmıştır. 1997 yılında 7,5 GW olan üretim miktarı 2018 yılına kadar olan süreçte 564 GW'a ulaşmıştır. Elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinin kullanımı 2009-2013 yıl

aralığında iki katına çıkmış, 2016 yılında ise yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin %16'sı rüzgâr enerjisi tarafından karşılanmıştır [48].

Elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinin tercih edilmesinin hem olumlu hem olumsuz birtakım sonuçları bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisinin doğayı koruyan, yok olma tehlikesi bulunmayan yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasının yanında bakım ve çalışma giderlerinin de çok yüksek olmaması avantaj sağlamaktadır [7]. Ancak rüzgâr enerjisi her zaman kullanılabilir bir kaynak türü değildir. Aktif olarak rüzgâr esmediği anlarda rüzgâr enerjisi elde etmek için yedek enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Rüzgâr enerjisinin bu olumsuz tarafına ek olarak ilk kurulma maliyetinin çok yüksek olması da bir handikap oluşturmaktaydı. Son dönemlerde bu maliyetin daha düşük olması ile diğer kaynaklarla yarışabilecek seviyeye çıkarak elektrik üretiminde daha fazla yararlanılmaya başlanmıştır. Başta İspanya, Almanya, Danimarka olmak üzere Avrupa ülkelerinde rüzgâr enerjisi ile alakalı yaşanan gelişmeler diğer pek çok ülkenin titizlikle izlediği konular arasında yer almaktadır [42]. Rüzgâr enerjisinin üstünlükleri eksik yönlerine kıyasla çok daha fazla olduğundan elektrik üretiminde olarak kullanılabilir bir yenilenebilir bir enerji kaynağıdır [7].

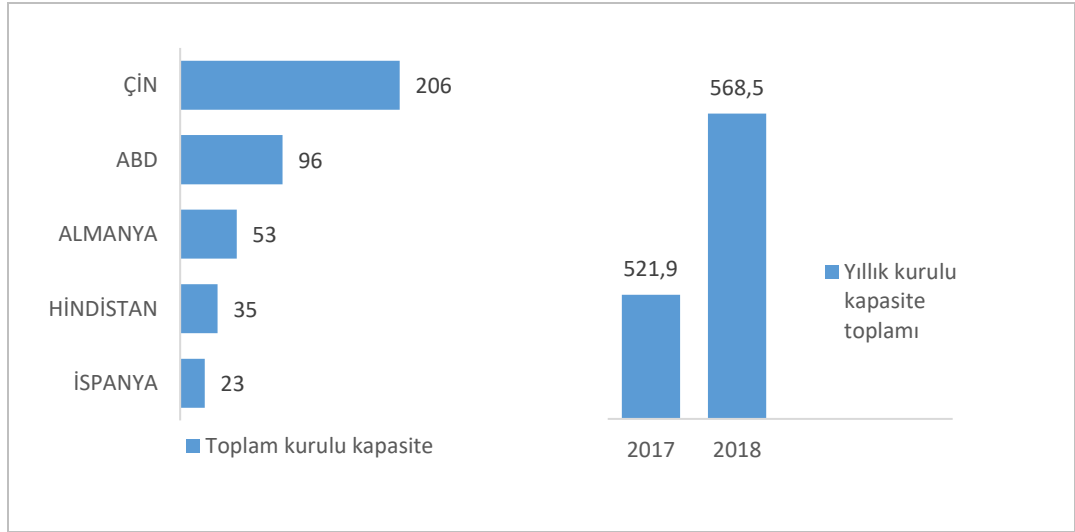
### **Dünyada Rüzgâr Enerjisi**

Dünyanın her bölgesinde elbette ki rüzgâr var olmaktadır. Fakat rüzgârdan enerji kaynağı olarak faydalanmak için rüzgârın belli oranda bir güce sahip olması ve devamlılığının belli bir ölçüde sürmesi gerekmektedir [42].

Elektrik üretiminde rüzgârdan faydalanan ilk ülke Danimarka olmuştur. 1890'larda rüzgâr gücünü kullanan Danimarka'yı sonraki zamanlarda Rusya ve ABD rüzgâr türbini yapımıyla takip etmiştir. Rüzgâr enerjisi çalışmaları 2. Dünya Savaşı sonrasında çok sayıda ülkeye yayılmış ve beraberinde teknoloji alanında da birçok yenilik tasarlanmaya başlanmıştır [7]. Dünya genelinde rüzgâr türbinleri, rüzgâr türbin güç kapasitesinin fazla olduğu Çin, ABD, Almanya, Danimarka, İspanya, Hindistan gibi ülkelerde daha yüksek oranlarda üretilmektedir [10].

Rüzgâr enerjisi ticarete en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olmasının yanında, en çok gelişme de gösteren bir yenilenebilir enerji kaynağıdır [11]. Dünyada hem karaya hem de denize rüzgâr türbinleri kurulabilmektedir. Elektrik enerjisinin elde edilmesinde kullanılan türbinler, kara üstü (Onshore) ve deniz üstü (Offshore) olarak adlandırılmaktadır [10].

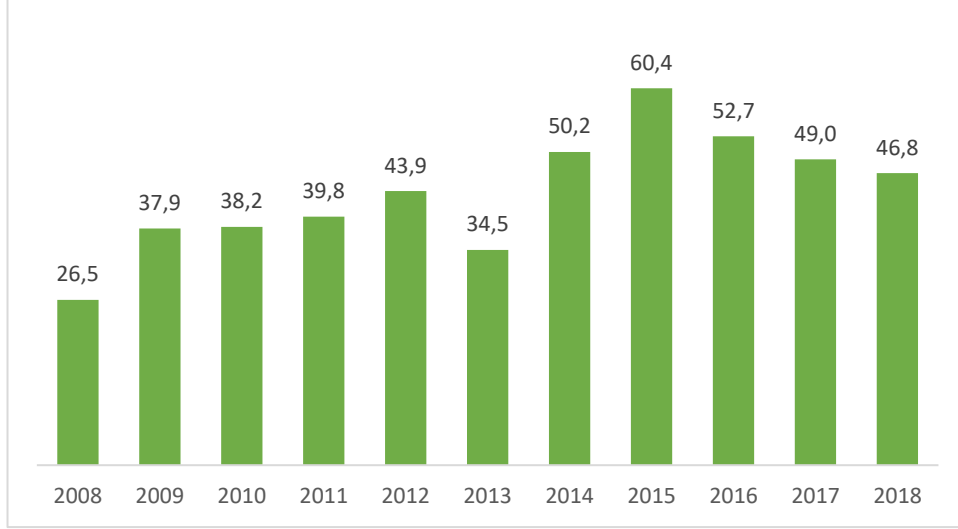
Aşağıda Şekil 3.21.'de dünya rüzgâr pazarının 2018 verilerine göre, karada toplam kurulu kapasitenin ilk beş pazarı ile toplam kurulu gücün 2017-2018 verileri gösterilmektedir [49].



Şekil 3.21. Dünya kara rüzgâr pazarına göre ilk beş ülkenin toplam kurulu gücü ile toplam kurulu güç yıllık değişimi [49].

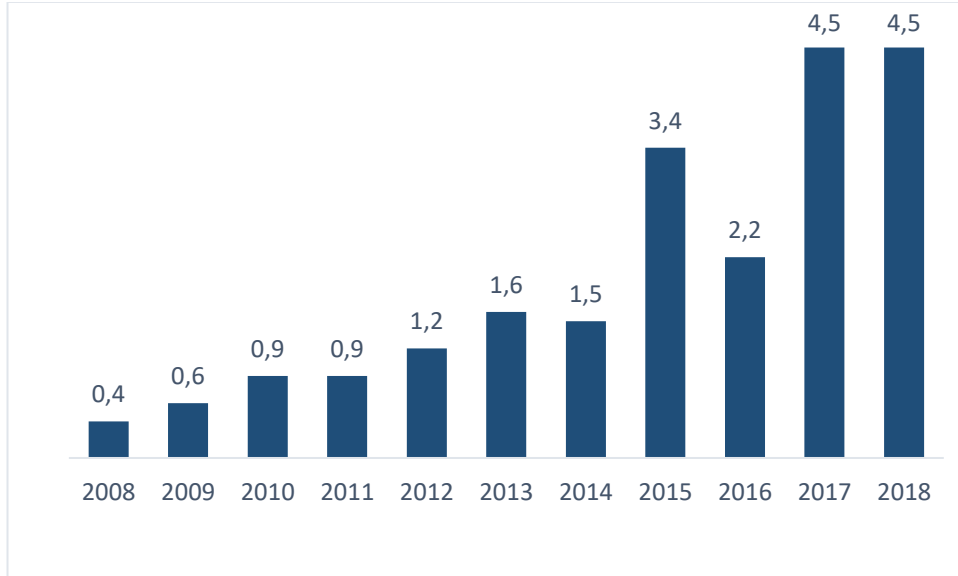
Dünya kara rüzgâr pazarında ilk beş ülkenin hakimiyetine bakıldığında Çin'in toplam kurulu gücünün 200GW'ın üzerine çıktığı görülmektedir. Çin'den sonra piyasada en yüksek hakimiyeti olan ABD toplam 96GW kurulu kapasiteye sahiptir. Kurulu güç pazarına hâkim ilk beş ülkeyi 53GW ile Almanya, 35GW ile Hindistan ve 23GW ile İspanya oluşturmaktadır. 2017 karada toplam kurulu kapasite 521,9GW iken 2018 yılında 568,5GW olarak %8,9 gelişim göstermiştir.

Aşağıda Şekil 3.22.'de rüzgâr enerjisinin karada, Şekil 3.23.'te denizde ve Şekil 3.24.'te toplam yeni kurulu kapasite grafikleri yıllara göre gösterilmektedir [49].



Şekil 3.22. Rüzgâr enerjisinin karada yıllık yeni kurulu kapasitesi [49].

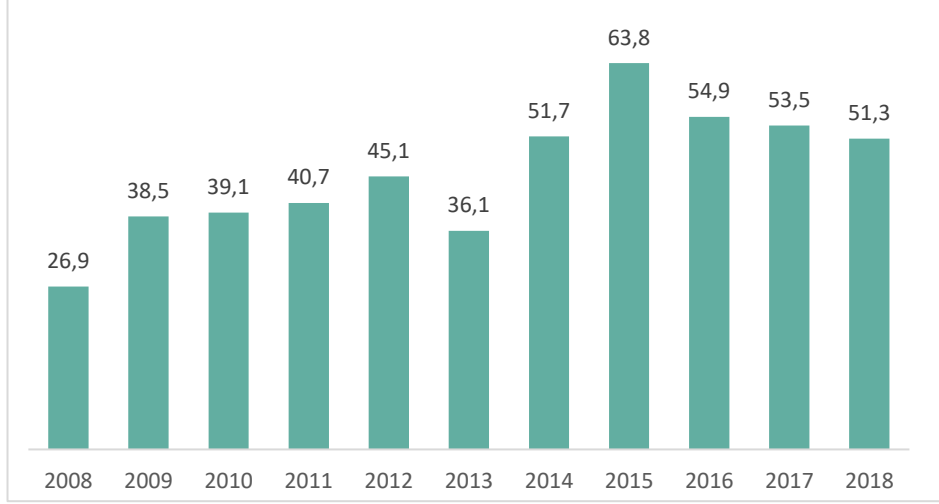
Karada yeni kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi 2015 yılında maksimum seviyeye ulaşmıştır. Sonraki yıllarda toplam kapasitede düşüş yaşansa da 2018 yılında toplam kapasite, 10 yıllık periyodun ilk dönemlerindeki toplam kapasitenin neredeyse iki katı düzeyindedir.



Şekil 3.23. Rüzgâr enerjisinin denizde yıllık yeni kurulu kapasitesi [49].

Denizde yıllık rüzgâr enerjisi kapasitesi 2015 yılında önceki yıllara kıyasla büyük oranda artmış, fakat bir yıl sonra yaklaşık %35 oranında kapasite kaybı yaşanmıştır. 2017 yılında ise önceki yılın iki katı civarında artan kapasite oranı, 2015 yılından sonra

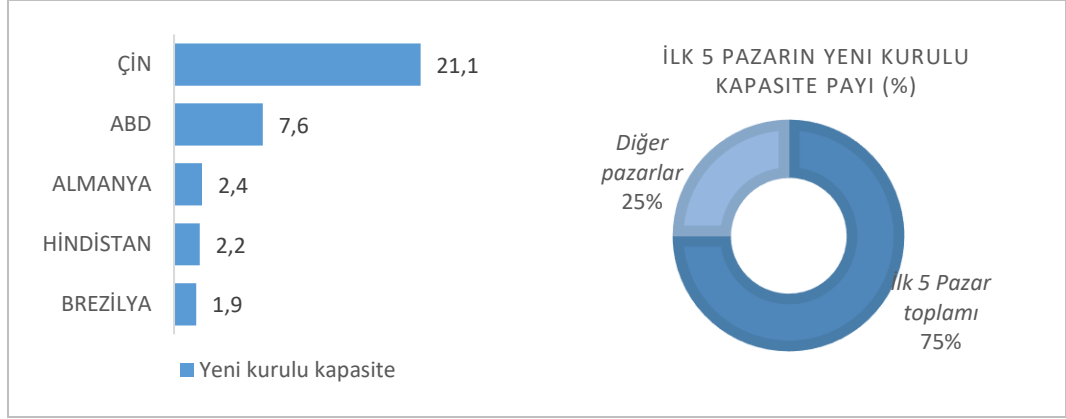
yaşanan kaybın telafi edilmesini sağlamıştır. 2018 yılında da denizde rüzgâr enerjisi kapasitesi önceki yıl ile aynı seviyeyi yakalamıştır.



Şekil 3.24. Rüzgâr enerjisinin toplam yıllık yeni kurulu kapasitesi [49].

Rüzgâr enerjisinin karada ve denizde kurulu yeni kapasitelerin toplam değerlerine göre ilk yıllarda karada kurulu güç oranı %98 civarında seyrederken denizde kurulu güç oranı sadece %2 dolaylarındadır. 10 yıllık periyotta çeşitli dalgalanmalar yaşanmış ancak son zamanlara doğru karada kapasite oranının %91 civarına kadar düştüğü görülmektedir. Denizden elde edilen rüzgâr enerjisi ise yıllar içinde büyük oranda artış göstermiştir.

Rüzgâr enerjisinin yeni kurulu gücünün ilk beş pazarı, toplam kurulu kapasitedeki ilk dört öncü ülke ile aynı sırada olurken beşinci ülkede değişiklik görülmüştür. Aşağıda Şekil 3.25.'te karada yeni kurulu kapasitenin ilk beş pazarının 2018 yılı değerleri ve bu en büyük beş pazarın yeni kurulu kapasite payı gösterilmektedir [49].

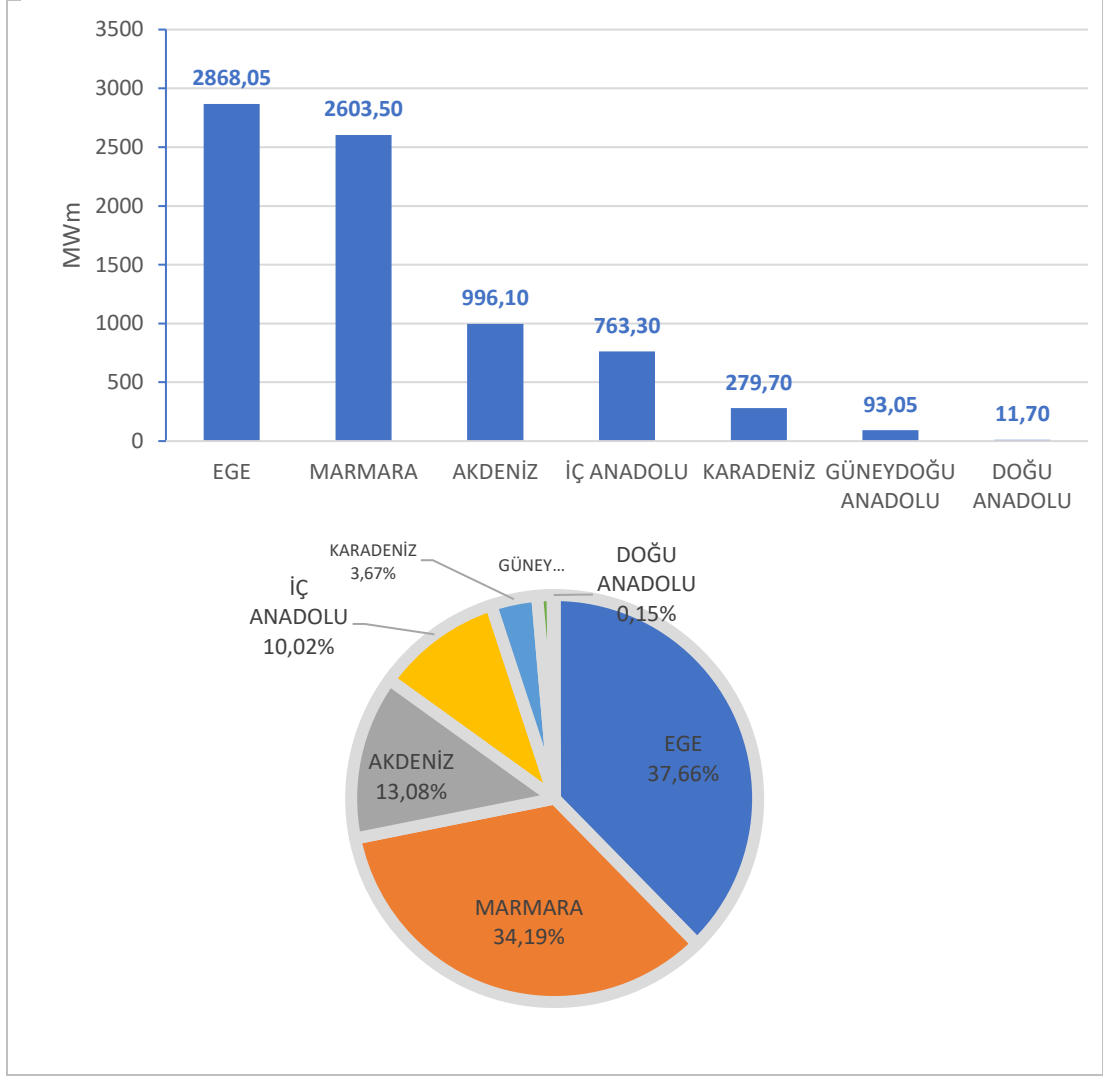


Şekil 3.25. Karada rüzgâr enerjisinin yeni kurulu kapasitesi ilk beş pazarı [49].

Çin, ABD ve Almanya karada lider pazarlar olmaya devam etmektedir. Hindistan 2,2GW'lık yeni kurulumla dördüncü pazar olurken, 2018 yılında 1,9GW yeni kurulum ile Brezilya'nın ilk beş ülke arasına girmeyi başardığı görülmektedir. 2018 yılında karada yeni kurulu kapasitenin %75'lik kısmına, toplam 46,8GW ile ilk beş pazar sahiptir.

### Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi

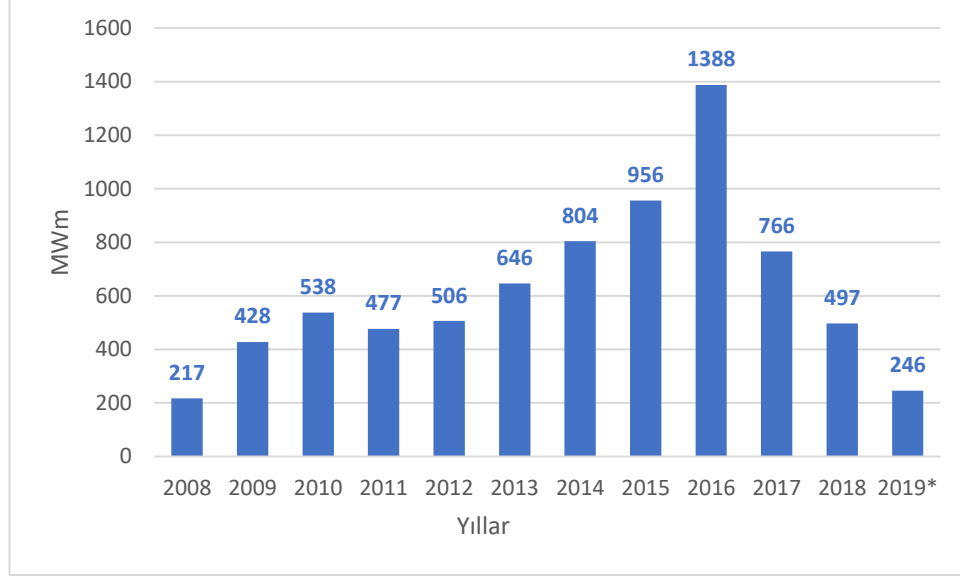
Türkiye'de rüzgâr enerjisi, elektrik üretiminde en fazla yararlanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir [21]. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konumdan dolayı sahip olduğu iklim ve yüz ölçümü, ciddi oranda bir rüzgâr gücünü elinde bulundurmasını sağlamaktadır. Ancak ülkemiz her bölgesinde aynı rüzgâr avantajına sahip değildir [42]. Rüzgâr enerjisinden faydalanmak amacıyla inşa edilecek rüzgâr türbinlerinin doğru yerlerde konumlandırılması gerekmektedir. Türbinin yapılacağı yerde 50 m yükseklikteki rüzgâr en az 7 m/s civarında hıza sahip olmalıdır [21]. Rüzgâr enerjisi bakımından en avantajlı alanlar, Marmara'nın güneyinde yer alan Çanakkale ile Batı Karadeniz'de bulunan Amasra bölgeleridir [7]. En fazla sayıda Rüzgâr Elektrik Santraline (RES) sahip şehirler ise Balıkesir, Manisa, İzmir, Hatay, Osmaniye, Çanakkale ve İstanbul'dur [10]. Aşağıda Şekil 3.26.'da ülkemizdeki işletmede bulunan rüzgâr elektrik santrallerinin bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir [50].



Şekil 3.26. İşletmedeki RES'lerin bölgelere göre dağılımı [50].

2019 Türkiye İstatistik Raporunun verilerine göre en fazla rüzgâr elektrik santrali yaklaşık %38 paya sahip Ege Bölgesinde bulunmaktadır. Ona çok yakın bir oranla Marmara Bölgesi işletmedeki rüzgâr elektrik santrallerinin %34'üne sahiptir. Akdeniz Bölgesi %13 ve İç Anadolu Bölgesi de %10'luk payı ellerinde bulundurmaktadır. Diğer üç bölgenin toplamında ise işletmedeki santrallerin sadece %5'i bulunmaktadır. Her geçen gün rüzgâr enerjisinden daha fazla yararlanan gelişmeler yaşanan Türkiye'de, rüzgâr kaynaklı ilk elektrik üretimi 1986 yılında İzmir Çeşme'de gerçekleştirilmiştir. Yine Çeşme'ye 1998 yılında kurulan başka bir rüzgâr türbini ile ilk enternasyonal üretim hayata geçirilmiştir [42]. Dünyanın birçok yerinde rüzgâr enerjisi kaynaklı üretim 2000 yılından sonra daha seri bir şekilde ilerleme kaydederken Türkiye bu ilerlemeyi 2006 yılından sonra göstermiştir. 2005 yılında yasa haline

getirilen 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu ile yenilenebilir kaynaklara ilgi artarken birçok ilerlemenin önü de açılmıştır [11]. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu kapasiteleri Şekil 3.27.'de yıl bazında gösterilmektedir [50].

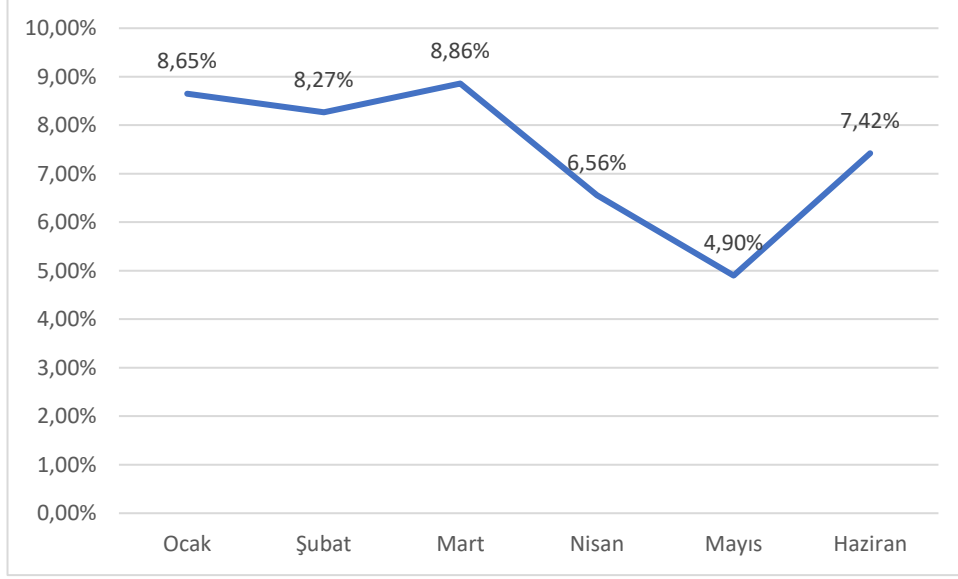


Şekil 3.27. Türkiye RES yıllık kurulu kapasitesi [50].

Yaklaşık son 10 yıllık verilere göre Türkiye'nin RES kurulu kapasitesi, 2016 yılına kadar dalgalı bir artış göstermiştir. 2016 yılında son 10 yılın en yüksek kapasitesine ulaşılmıştır. 2019 temmuz ayına kadar olan süre bazında ise kurulu kapasitede düşüş gözlenmektedir.

Temmuz 2019 itibariyle Türkiye'de üretilen toplam elektrik gereksiniminin rüzgâr enerjisinden karşılanan payı %7,4 oranındadır. Şekil 3.28.'de temmuz ayına kadarki elektrik üretiminde RES payları gösterilmektedir [50].

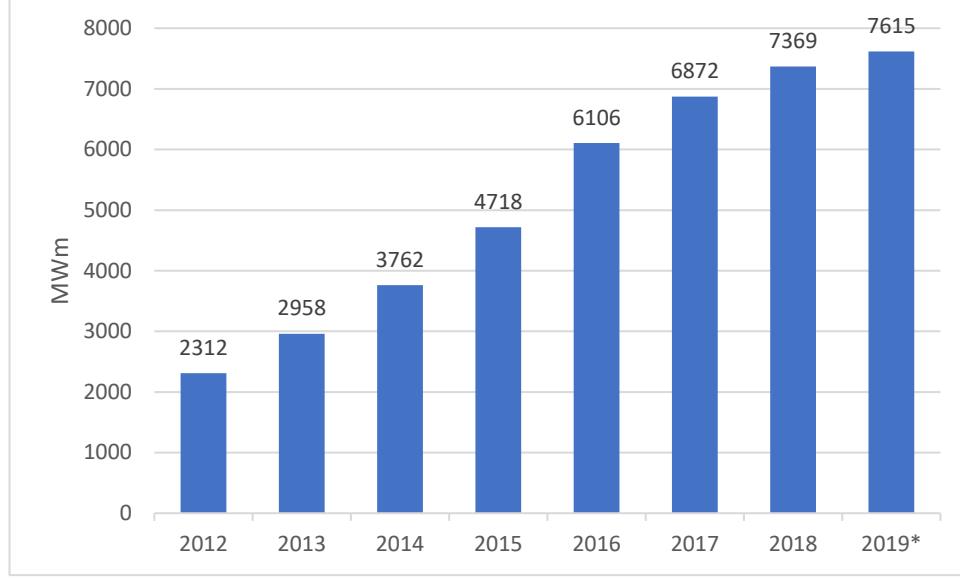




Şekil 3.28. Türkiye’de elektrik üretiminde RES’lerin aylık payı [50].

Türkiye’de elektrik üretiminde RES’lerin altı aylık periyotlarına göre mart ayında RES üretim payı en üst seviyeyi görmüş ve devamında mayıs ayına kadar üretim oranında düşüş yaşanmıştır. Mayıs ayından sonra rüzgâr santrallerinin elektrik üretimindeki payı yeniden artmaya başlamıştır.

Türkiye’de işletmede 183 rüzgâr elektrik santrali aktifken, 17 tane de yapım aşamasında bulunmaktadır. 3.155 tane kurulu rüzgâr türbininden elde edilen toplam kurulu rüzgâr gücü 7.615 MWm’tır. Yıllara göre toplam kurulu rüzgâr gücü Şekil 3.29.’da gösterilmektedir [50].



Şekil 3.29. Yıllık kurulu rüzgâr gücü (MW) [50].

Ülkemizde zaman içinde rüzgâr elektrik santrallerinin artması, kurulu rüzgâr gücümüzü de arttırmıştır. 2019 yılı temmuz ayına kadar olan zamanda kurulu rüzgâr gücü 2012 yılının neredeyse 3,5 katına yükselmiştir.

### 3.2.2.3. Güneş Enerjisi

Dünya ile arasında milyonlarca kilometre mesafe bulunan güneş, temel enerji kaynağımızdır. Bugün kullanılan çoğu yenilenebilir enerji, kaynağını güneşten almaktadır. Örneğin rüzgâr enerjisi, güneşin yeryüzüne gönderdiği ısının basınç değişimleri yaratması sonucunda rüzgârın oluşması ile elde edilmektedir. Bir başka kaynak olan fosil enerji kaynakları da yine güneş kökenli kaynaklardır. Dünyaya yayılan güneş ısısının etkisiyle atık maddeler metamorfoz geçirerek asırlar sonra fosil kaynakların oluşumunu sağlamaktadır. Aslında nükleer enerji haricindeki tüm enerji kaynakları için direkt veya dolaylı bir şekilde etkisi bulunan güneş enerjisi, elektrik üretiminde kullanılmasının yanında ısıtma amaçlı da kullanılmaktadır. Doğaya zarar vermeyen yeşil kaynaklardan olan güneş enerjisi, fosil enerji kaynaklarının yenilenemez olmasına karşı bir seçenek oluşturmaktadır [7,11].

Oldukça etkili bir enerjiye sahip olan güneşin yeryüzüne ulaşan enerjisinden faydalanmak için birtakım teknolojik yenilikler gerekmektedir. Bu amaçla güneş

kolektörleri, güneş santralleri ve fotovoltaik olarak da isimlendirilebilen güneş pilleri üretilmiştir [21]. Genellikle sıcak su elde etmek için güneş kolektörlerinden yararlanılırken [10], güneş ışınlarından direkt olarak elektrik enerjisi elde etmek için fotovoltaik piller kullanılmaktadır. Isıl güneş teknolojileri sayesinde güneş enerjisi hem direkt olarak ısı sağlamak amaçlı hem de elektrik üretimi için dönüştürülerek kullanılmaktadır [7].

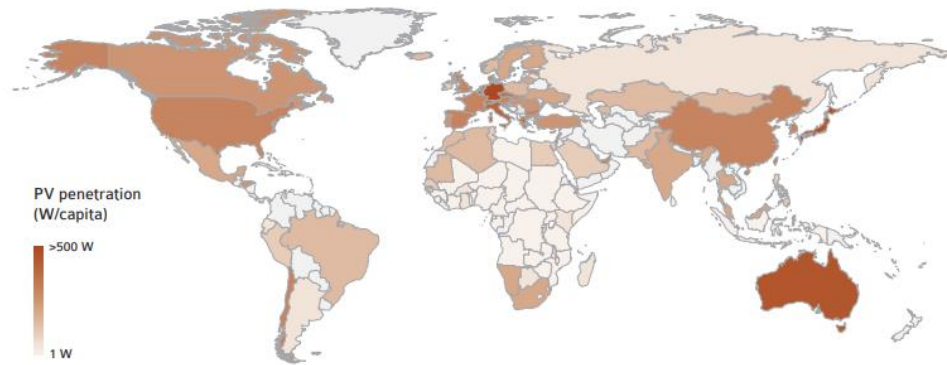
Bugün güneş enerjisinden birçok farklı alanda yararlanılmaktadır. Ev ve çalışma yerlerinde, sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, endüstride güneş ocakları, fırınları, pilleri gibi farklı şekillerde değerlendirilen güneş enerjisi, zirai alanda da kullanılarak mahsullerin kurutulmasında yarar sağlamaktadır. Ancak yine de güneş ışınlarından enerji elde etmek konusunda eksik kalındığı, aslında sadece çöllere düşen senelik güneş ışınlarının dahi bugünkü harcadığımız enerjinin pek çok üstünde olduğu ifade edilmektedir [42].

Diğer kaynaklarda olduğu gibi güneş enerjisinin de pek çok avantajının yanında dezavantajlı olduğu noktalar da bulunmaktadır. En olumlu yanlarından biri olarak doğaya zararı bulunmaması ve çevrede atık olabilecek herhangi bir maddeye sebep olmaması güneş enerjisini kıymetli bir yenilenebilir enerji kaynağı konumuna taşımaktadır. Bunlara ek olarak yakıt masrafının bulunmaması, kurulumunun zahmetsizce gerçekleşmesi, mekanik aşınımının olmaması, arıza çıkartmadan senelerce kullanıma imkân sağlaması ve güvenli güneş pilleri sayesinde güneş enerjisi pek çok avantajı elinde bulundurmaktadır. Ancak kullanılan diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre ilk kuruluş aşamasında epey fazla maliyet gerektirmesi ve hem teknoloji bakımından hem de maddi olarak birtakım sıkıntılar içermesi güneş enerjisine olumsuzluk katmaktadır. Güneş pillerinin güvenli olmasına rağmen %15 gibi alçak seviyelerde randıman sağlaması, güneş enerjisinin sürekli bir kaynak olamaması ve belirli oranda depolanmaya olanak sağlaması, depolama birimlerinin sıklıkla bakıma ihtiyaç duyup çok uzun ömürlü olmamalarından kaynaklı düşük verim yüksek maliyet gerektirmesi diğer avantajlı olmayan özellikleri arasında yer almaktadır [42].

## Dünyada Güneş Enerjisi

Dünyada güneş enerjisinden yararlanmaya başlayan ülkelerin sayısında 1950'lerden sonra artış görülmüştür. 1950-1955 aralığında ABD ve Japonya pek çok sayıda su ısıtıcısı kullanırken, yine bu dönemde ABD aynı zamanda fotovoltaik pillerin üretimini yaparak güneş ışınlarının direkt olarak elektrik üretiminde kullanılmasını sağlamıştır. Avrupa ülkelerinden İtalya Akdeniz bölgesinde olmasının avantajı ile su ısıtıcılarına kullanmaya başlayan ülkelere olmuştur. Yine bu bölgenin ülkesi Fransa'da ise su ısıtıcılarına ek olarak 1 MW'luk güce sahip bir güneş fırını üretilmiştir. Ancak bu dönemlerde güneş enerjisinden yararlanmak için gerekli teknolojinin yüksek maliyetli olmasından dolayı, o dönemde düşük fiyatlı olan doğalgaz ve petrol tercihi ağırlık kazanmıştır. Ancak petrol krizlerinin 1970'lerde patlak vermesiyle birlikte enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla güneş enerjisi yeniden değerlendirmeye alınarak bu alandaki teknolojik gelişmeler hızla yükselişe geçmiştir [51]. Bugün güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanmak amacıyla dünya genelinde hala birçok çalışma yapılmaktadır. Güneş enerjisini direkt ya da dolaylı bir şekilde kullanmak amacıyla geliştirilen fotovoltaik piller ile ısıl güneş teknolojilerinin gelişmelerinin artması, üretim maliyetlerinin azalmasını sağlayarak ileriki zaman dilimlerinde de enerji ihtiyacının karşılanmasında güneşten daha fazla oranda yararlanılacağını düşündürmektedir [21].

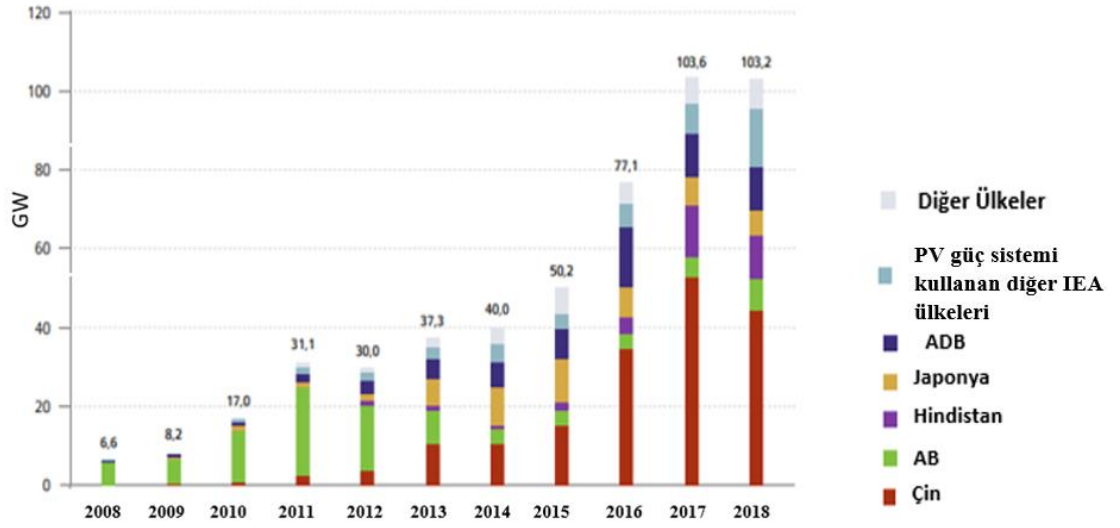
Aşağıda Şekil 3.30.'da 2018 yılında dünyada kişi başına düşen fotovoltaik (PV) güneş sistemlerinin kullanım yoğunlukları gösterilmektedir [52].



Şekil 3.30. 2018 yılında dünyada kişi başına düşen PV kullanım yoğunluğu [52].

2018 verilerine bakıldığında ülkelerin kişi başına düşen PV gücüne göre 548Wp ile Almanya, 444Wp ile Japonya ve 438Wp ile Avustralya ilk üç sırayı almaktadır. Dünya genelindeki 31 ülke 2018 yılında en az 1GWp güce ulaşırken 11 ülkede ise en az 1 GWp'lik PV gücü kurulmuştur [52].

Dünya çapında fotovoltaik (PV) güç sistemlerinin kurulum gelişimlerinin yıllar içindeki değişimleri Şekil 3.31.'de gösterilmektedir [52].



Şekil 3.31. Ülkelerin yıllık PV kurulumlarının gelişimi (GW) [52].

Ülkelerin yıllık fotovoltaik güç sistemlerine bakıldığında son yıllarda pazarın hâkimi olan Çin, 2009 yılında çok az bir miktarda PV sistemine sahipken zamanla gelişimini arttırarak 2016 yılında artık ciddi oranda varlığını ortaya koymuştur. 10 yıl önce neredeyse sadece AB ülkeleri pazarda yer almaktayken 2011 yılında en yüksek gelişimi gösterdikten sonra zamanla gelişiminde eksilme görülerek, bugün pazarda birçok ülkenin gerisinde kalmışlardır. Her zaman PV güç sistemleri pazarında ufak da olsa bir yeri olan Hindistan, 2017 ve 2018 yıllarında gelişimini arttırarak bu alanda gücünü gösteren ülkeler arasında yer almıştır. Japonya'da PV güç sistemleri 2015 yılına kadar gelişim gösterdikten sonra zamanla düşüş eğilimine geçmiştir. En büyük gelişimini 2016 yılında gösteren ABD de zamanla gelişimini düşüren ülkeler arasında yer almıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ülkelerinden diğerlerinde ise en çok gelişim 2018 yılında kaydedilmiştir. Dünyanın geri kalan ülkeleri son zamanlarda

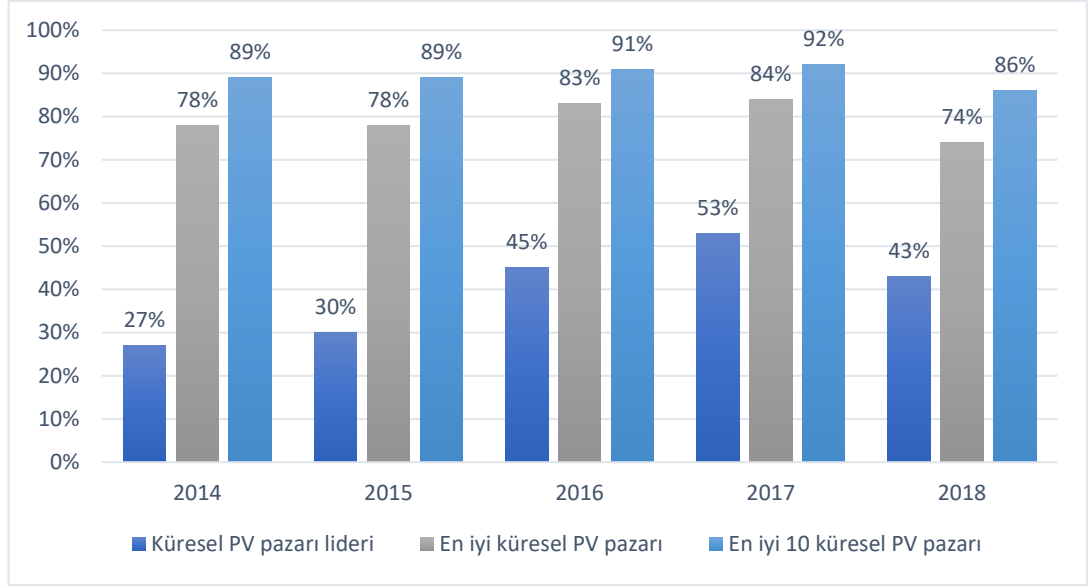
biraz daha gelişmiş gibi gözükmesine rağmen pazarda hâkim konumda yer alamamışlardır.

Yıllar içinde güneş enerjisine yapılan yatırım miktarları ve güneş enerjisi teknolojilerinin gelişim oranları her ülkede farklılık göstermektedir. Güneş enerjisi teknolojilerinden olan fotovoltaik sistemlerin hâkimiyeti de bu alanda yapılan çalışmalar ışığında değişebilmektedir. Aşağıda Çizelge 3.4.' te PV pazarının en iyi 10 ülkesinin dört yıl içindeki gelişimleri gösterilmekte ve Şekil 3.32.'de ise bu 10 ülkenin dört yıllık zaman dilimindeki pazar payı gelişimleri gösterilmektedir [52].

Çizelge 3.4. En iyi 10 PV pazarının gelişimi [52].

Sıralama	2015	2016	2017	2018
1	Çin	Çin	Çin	Çin
2	Japonya	ABD	ABD	Hindistan
3	ABD	Japonya	Hindistan	ABD
4	Birleşik Krallık	Hindistan	Japonya	Japonya
5	Hindistan	Birleşik Krallık	Türkiye	Avustralya
6	Almanya	Almanya	Almanya	Almanya
7	Kore	Tayland	Kore	Meksika
8	Avustralya	Kore	Avustralya	Türkiye
9	Fransa	Avustralya	Brezilya	Kore
10	Kanada	Filipinler	Birleşik Krallık	Hollanda

2015-2018 arasındaki yıllar boyunca Çin güneş enerjisinden yararlanma oranını arttırarak bu pazarda her zaman lider konumda yer almıştır. Güneş enerjisi açısından güçlü ilk beş ülkeyi, 2015-2016 yıllarında Çin ile beraber Japonya, ABD, Birleşik Krallık ve Hindistan oluştururken 2017 yılında Birleşik Krallık yerine Türkiye gelişim göstererek güneş enerjisinden en çok yararlanan beşinci ülke olmuştur. Ancak 2018 yılında Türkiye'nin gelişiminde düşüş olmuş ve pazarda sekizinci olmuştur. 2018 yılında güneş enerjisini sırasıyla en çok kullanan ülkeler olan Çin, Hindistan, ABD ve Japonya'ya Avustralya beşinci olarak dahil olmuştur.



Şekil 3.32. PV pazarında en iyi ülkelerin pazar payı gelişimleri [52].

Çin 2015 yılında PV pazarının %30'una hâkimken, Çin dahil pazardaki ilk beş ülkenin hakimiyet oranı %78 ve ilk 10 ülkenin hakimiyet oranı ise %89'dur. Çin 2016 ve 2017 yıllarında pazara hakimiyet oranını toplam %23 oranında arttırmış ancak 2018 yılında %10'luk bir düşüş yaşayarak %43'lük bir etkiye sahip olmuştur. 2018 yılına kadar diğer ülkelerin de toplam oranları artarken, 2018 yılında pazarın en iyi 10 ülkesinin etkililik payları önceki yıllara kıyasla düşüş göstermiştir. Güneş enerjisini en çok kullanan beş ülkenin 2018 yılındaki payı %74 ve ilk 10 ülkenin payı ise %86 oranına gerilemiştir.

### Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından yetersiz bir ülke olmasına rağmen coğrafi konumundan dolayı yenilenebilir enerji kaynakları bakımından da oldukça şanslıdır. Ülkemiz enerji üretiminde fosil yakıtların tercih edilmesinden dolayı yabancı ülkelere bağımlılık yaratabilecek dezavantajlı durumunu, coğrafi konumunun sağladığı güneş enerjisi avantajı ile ortadan kaldıracabilecek potansiyele sahiptir [7]. Türkiye'nin güneş enerji gücü Avrupa'da bulunan ülkelerin her biri ile kıyaslandığında, sadece İspanya'dan düşük fakat diğer ülkelerden oldukça yüksek olduğu bilinmektedir [21].

Güneş ışınlarını alma açısından oldukça şanslı bir konuma sahip olan Türkiye'nin 1985-2018 yılları arasında ortalama günlük güneşlenme süresi 6,8 saattir. Bu yıllar arasında en fazla günlük güneşlenme süresi 1990 yılında 7,2 saat, en az günlük güneşlenme süresi ise 1988 yılında 6,3 saat olarak hesaplanmıştır [53]. Ülkemizin yıllık küresel güneş radyasyonu Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2011-2018 yılları arasındaki kayıtlarına göre ortalama 1583,5 kwsaat/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu yıllar bazında en yüksek güneş radyasyonu 2013 yılında 1639,3 kwsaat/m<sup>2</sup> olarak hesaplanırken en düşük güneş radyasyonu ise 2017 yılında 1555,2 kwsaat/m<sup>2</sup> olarak kayda geçmiştir [54]. Aşağıda Çizelge 3.5.'te Türkiye'nin aylık ortalama günlük güneşlenme sürelerinin 1985-2018 arasındaki süreleri [53] ile küresel güneş radyasyonunun 2011-2017 yılları arasındaki değerleri [54] verilmektedir.

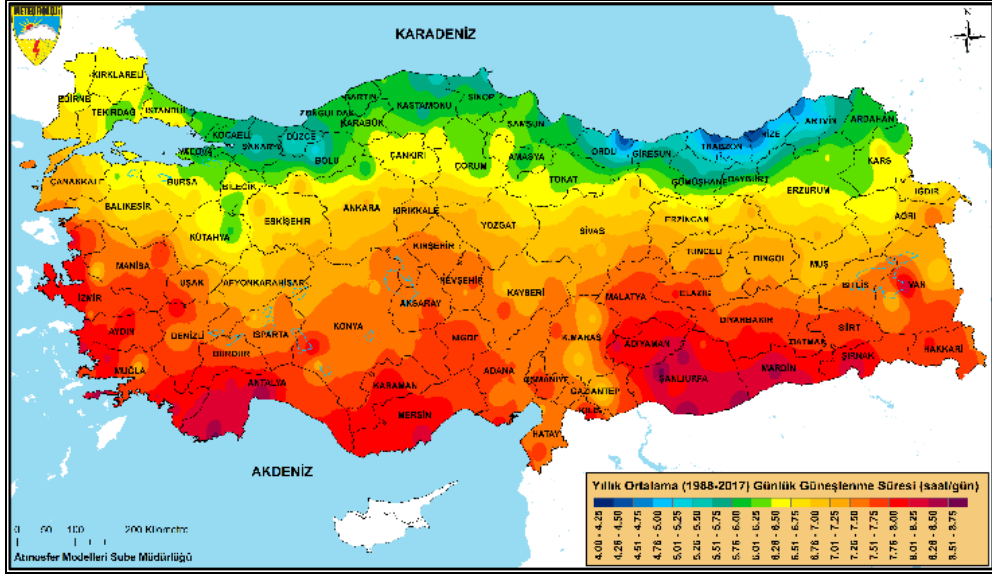
Çizelge 3.5. Türkiye'nin 1985-2018 arası aylık ortalama günlük güneşlenme süresi ve 2011-2017 arası küresel güneş radyasyonu [53,54].

	<b>Aylık Ort. Günlük Güneşlenme Süresi (1985-2018)</b>	<b>Aylık Ort. Küresel Güneş Radyasyonu (2011-2017)</b>
<b>AYLAR</b>	<b>SAAT</b>	<b>KWSAAT/M<sup>2</sup></b>
Ocak	3,3	56,3
Şubat	4,2	78,6
Mart	5,4	117,3
Nisan	6,7	155,2
Mayıs	8,2	178,4
Haziran	10,0	206,8
Temmuz	10,7	217,7
Ağustos	10,2	195,2
Eylül	8,6	154,3
Ekim	6,2	105,9
Kasım	4,6	66,6
Aralık	3,0	51,2

Ülkemizde günlük güneşlenme süresi ortalaması yaz ayları olan haziran, temmuz ve ağustos aylarında maksimum seviyededir. Küresel güneş radyasyonu aylık ortalaması ise en yüksek seviyeye temmuz ayında ulaşmaktadır.

Ülkemizin günlük güneşlenme süresinin 1988-2017 yılları arasındaki ortalama süresi harita üzerinde bölgesel olarak Şekil 3.33.'te gösterilmektedir [55].

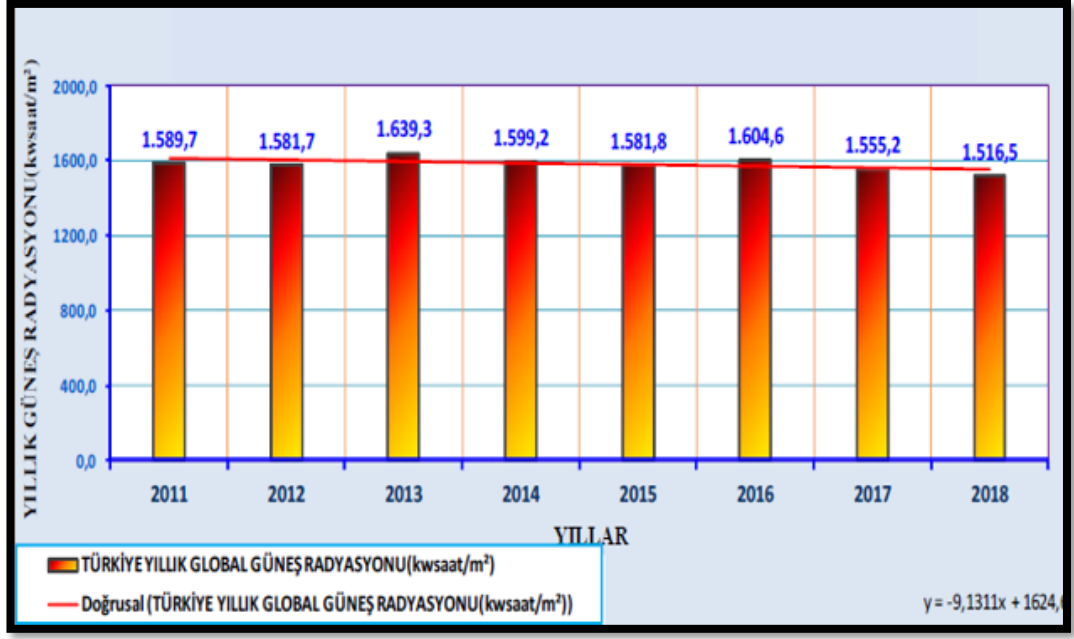




Şekil 3.33. 1988-2017 arası yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi (saat/gün) [55].

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün 1988-2017 yılları arasında Türkiye'nin günlük toplam güneşlenme sürelerinin hesaplanması amacıyla yaptıkları ayrıntılı çalışma sonucuna göre, ülkemizin en fazla güneş alan bölgeleri Güney Doğu Anadolu ile Akdeniz Bölgeleridir. Ülkemizin kuzeyine çıkıldıkça günlük güneşlenme süresinde azalma olduğu görülmektedir. En az güneşlenme süresi ise Karadeniz'in doğusunda görülmektedir.

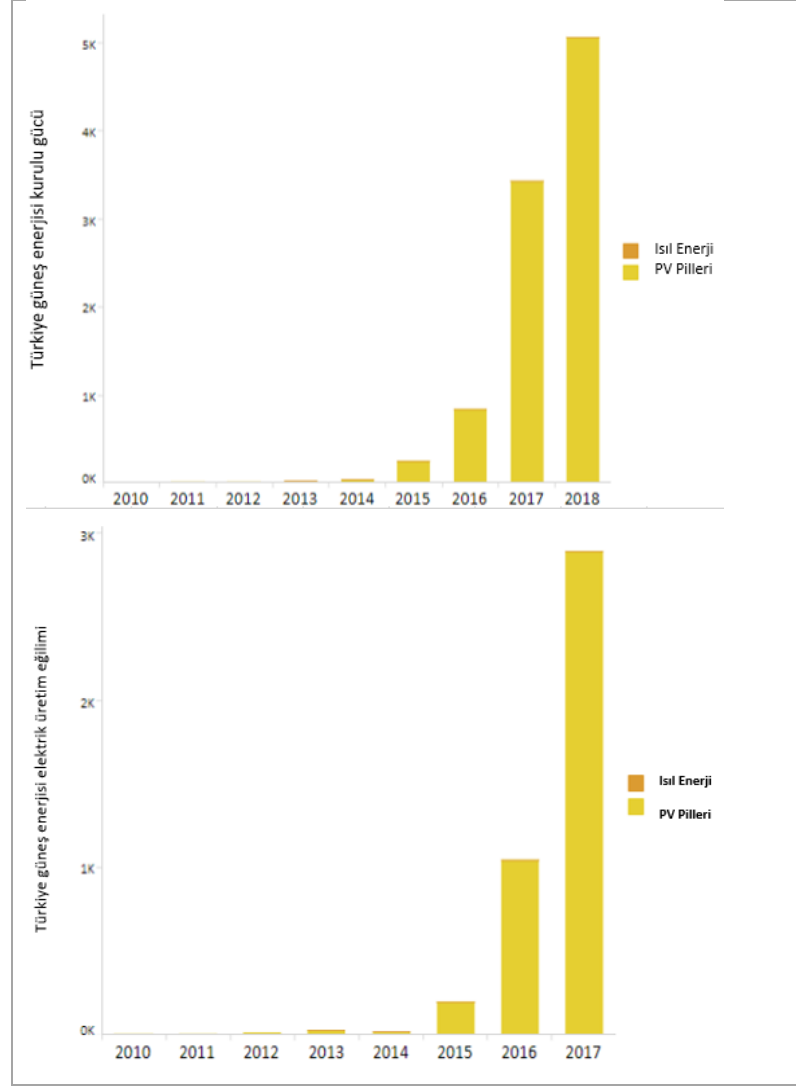
Ülkemizin yıllık küresel radyasyon değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2011-2018 yılları arasında istatistiksel olarak incelenmiştir. Aşağıda Şekil 3.34.'te bu veriler gösterilmektedir [54].



Şekil 3.34. Türkiye'nin 2011-2018 arası yıllık küresel güneş radyasyonu verileri dağıtımı ve eğilimi [54].

Ülkemizde bulunan 55 büyük klima istasyonundan toplanan veriler incelenerek, Akdeniz iklim kuşağının da etkileri görülen Türkiye'nin yıllara göre küresel güneş radyasyonu analizi yapılmıştır. Buna göre 2011-2018 yılları arasındaki veriler hemen hemen her yıl birbirine yakın güneş ışınının Türkiye'ye nüfuz ettiğini göstermektedir. Ülkemiz güneş enerjisi bakımından son derece avantajlı bir konumdadır. Ancak ne yazık ki bu enerji istenildiği kadar değerlendirilememektedir. Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünün gerektirdiği fazla maliyet, bu enerjiden ticarete yararlanma önündeki en büyük handikaplardan olmuştur [21]. Bu yüzden güneş enerjisi 2010 yılına kadar çoğunlukla konutlardaki suların ısıtılması amacıyla kullanılmıştır. Bu tarihten sonra ise teknoloji anlamında da ilerleme göstermenin etkisiyle güneş paneli sistemleri artan bir ivme kazanmıştır. Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'na göre 2023 yılında hem ısıtma hem de soğutma gereksinimlerinin cevaplanması misyon edinilmiş ve bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına ayrılan payın %15 civarına yükseltilmesi kararlaştırılmıştır. Brüt olarak elektriğe duyulan gereksinimin 2023 yılında 500bin MW civarında olması beklenirken, güneş enerjisi açısından oldukça avantaj sahibi ülkemizde güneş kaynaklarının hemen hepsinden yararlanıldığı takdirde 2023 yılının elektrik harcamasının karşılanması olası görülmektedir [42].

Türkiye'nin güneş enerjisini kullanımı son zamanlarda artmasına rağmen dünyaya kıyasla oldukça geç kalınmıştır. Aşağıda Şekil 3.35.'te ülkemizin güneş enerjisi kurulu kapasitesi ile elektrik üretiminin yıllar içindeki artışları gösterilmektedir [56].



Şekil 3.35. Türkiye güneş enerjisi kurulu gücü ve elektrik üretimi eğilimi [56].

Elektrik üretiminde güneş enerjisinin kaynak olarak kullanılması, teknoloji gelişimi ile hız kazanmıştır. Ülkemizde fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin kurulu kapasitesi 2013-2014 yıllarında çok az oranda kendini göstermeye başlasa da asıl sıçrayışını 2017 yılında yapmış ve devamında 2018 yılında da kurulu güç kapasitemiz artış yönünde eğilim göstermiştir. Elektrik üretiminde güneş enerjisinin kullanımı ise 2016 yılında ivme kazanmaya başlamış, 2017 yılında da önceki yılın yaklaşık iki katı oranında artış göstererek devam etmiştir.

#### 3.2.2.4. Jeotermal Enerji

Yaşadığımız gezegenin sahip olduğu doğal ısı şeklinde ifade edilebilen jeotermal enerji, yeryüzünün derinlerinde oluşan yoğun basınç tarafından bastırılan su buharı ya da gaz gibi akışkan kıvamlı oldukça sıcak ve kuru kayaların içinde bulunan termal kaynaklı enerji olarak belirtilmektedir [11]. Dünyamızın içinde bulunan bu fiziksel enerjinin sonsuz olması jeotermal enerjiyi de yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına dahil etmektedir [42]. Yer yuvarlığının içinden gelen bu ısı enerjisi, yoğun olarak bulunduğu iç kısımdan yüzeye doğru ilerleyerek birçok gereksinimin karşılanmasını sağlamıştır. Yıllardan bu yana insanoğlu tarafından sağlık ve temizlik gibi daha sınırlı olan kullanım alanı bugünlerde daha da genişlemiş ve elektrik üretiminde, ısınma amaçlı, tarımda, seracılıkta, özellikle kış aylarında belediyeler tarafından tercih edilmiş, sanayide de faydalanılmaya başlaması ile birlikte çok da elverişli bir konuma gelmiştir [10,11].

Jeotermal enerji hava şartlarının ya da mevsimlerin getirdiği meteorolojik farklılıkların etkisinden neredeyse hiç zarar görmediği için yıl boyunca enerji üretimi aynı kalabilmektedir. Hem elektrik üretiminde hem de ısınma amaçlı kullanılan jeotermal kaynakların gerektirdiği teknolojik yeterlilik farklıdır. Ama yine de teknolojik gelişimin zaman içinde ivme kazanması, son zamanlarda kurulan jeotermal santrallerden %95 dolaylarında randıman alınmasını sağlamaktadır [42].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji, çevre dostu üretime imkân sağlamaktadır. Elektrik üretiminde yakıt kullanılmaması ile bu enerji santrallerinin hava kirliliğine sebep olma yüzdeleri oldukça düşük tutulmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan fosil kaynakların kullanıldığı bir enerji santrali ile aynı seviyedeki bir jeotermal enerji santrali kıyaslandığında, jeotermal kaynaklardan, asit yağmurlarına sebebiyet veren kükürt bileşik yayma oranı %97 daha düşük seviyede olurken, %99'a yakın bir oranda da daha az karbondioksit salınımı gerçekleşmektedir. Birçok jeotermal enerji santralinde, jeotermal depolama tanklarında işin gereği olarak oluşan hidrojen sülfür, yok edilmek amacıyla yıkanması sırasında kullanılan jeotermal buhar ve suyun yer kabuğunun içine doğru girmesi

sağlanır. Bu yeniden değerlendirme olayı sayesinde jeotermal kaynakların yok olması engellenmiş olur [57].

## **Dünyada Jeotermal Enerji**

Antik dönemlerde jeotermal kaynaklardan kaplıca olarak yararlanılmaktadır. 19. yüzyılın ilk zamanlarında İtalya’da ise jeotermal enerjinin sanayi amaçlı kullanımına dair çalışmalara yapılmıştır. Jeotermal enerjinin ısıtma amaçlı ilk kullanımı 19. yüzyılın son dönemlerinde ABD’de çalışmaya başlamıştır. Daha sonra bu ısıtma yöntemi 1920’lerde İzlanda tarafından da kullanılmaya başlanmıştır. Jeotermal enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretimi 20. yüzyılın başlarında etkisini gösterirken, bugün de bu kaynakların her iki şekilde de kullanımı yoğunlaşarak devam etmektedir [42]. Ancak ülkeler jeotermal kaynaklarının kullanımı konusunda, jeotermal kaynaklara sahip olma oranı, teknolojik imkânları ve gereksinimlerine göre değişik tutumlar benimsedikleri görülmektedir. Aralarında Türkiye’nin de yer aldığı İzlanda, Fransa, Macaristan, Yeni Zelanda, ABD ve Rusya gibi ülkeler jeotermal kaynaklarını daha çok seracılıkta ısıtma amaçlı kullanmaktadırlar. İzlanda, İsveç ve Japonya, oldukça sert geçen kış şartlarının etkisini azaltmak için yolların ısıtılarak buz tutmasını engellemek maksadıyla jeotermal enerji kaynaklarını kullanırken, İzlanda ve Japonya aynı zamanda kâğıt fabrikaları ile tekstil sektöründe de jeotermal kaynaklara yer vermişlerdir. Yeni Zelanda ise kâğıt ve tekstil sektörüne ek olarak bir de kereste ve panel imalatı için bu kaynakları kullanmaktadır. Jeotermal enerji kaynakları bulunan Türkiye ve İtalya’da ise bu kaynaklar soğutma amaçlı da kullanılmaktadır [7].

Dünya çapında kullanılan jeotermal enerji kaynaklarından ya direkt olarak yararlanılır ya da elektrik enerjisine dönüşümü sağlanarak dolaylı bir şekilde yararlanılmaktadır. Çoğunlukla 20-70°C arasındaki düşük sıcaklık ile 70-150°C arasındaki orta seviyedeki sıcaklığa sahip bölgelerdeki jeotermal kaynaklar direkt olarak kullanılmaktadır. Direkt olarak yararlanma ısıtma ya da soğutma, zirai ürünlerin kurutulması, kaplıca turizmi ya da sanayi bölgeleri için kullanımı kapsamaktadır. Elektrik üretimi için kullanılacak jeotermal kaynakların sıcaklığı ise en az 150°C olması gerekmektedir [11]. Aşağıda Şekil 3.36.’da dünyadaki jeotermal kaynakların kullanım amacına göre dağılımı gösterilmektedir [58].



Şekil 3.36. Dünyada jeotermal kaynakların doğrudan ve dolaylı kullanıldığı yerler [58].

Şekil 3.36.'da açık mavi ile gösterilen Kanada, Brezilya, Pakistan gibi yerlerde jeotermal kaynaklardan sadece direkt olarak faydalanılmaktadır. Buralardaki jeotermal kaynaklar çoğunlukla orta ve düşük sıcaklık değerlerine sahiptir. Mavi renk ile gösterilen ve dünyada çok az bir alanı temsil eden bölgedeki jeotermal kaynaklar da sadece elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Bu bölgede bulunan kaynaklar oldukça yüksek sıcaklıktadır. En koyu renkle gösterilen bölgeler de ise jeotermal kaynaklar hem direkt olarak kullanılmakta hem de elektrik enerjisine dönüştürülerek değerlendirilmektedir. ABD, Rusya, Çin, Avustralya, Türkiye gibi ülkeler ilk olarak göze çarpmaktadır. Dünyada ülkelerin jeotermal enerji kurulu gücü 2018 yılında güncellenen verilere göre Çizelge 3.6.'da ilk 10 ülkenin kurulu güçleri, Çizelge 3.7.'de kişi başına düşen jeotermal kurulu güç verilmektedir [59].

Çizelge 3.6. Ülkelerin jeotermal enerji kurulu gücü [59].

<b>ÜLKELERE GÖRE DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ KURULU GÜCÜ LİSTESİ</b>			
<b>S</b>	<b>Ülke</b>	<b>Güncelleme</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>
1	ABD	Aralık 2018	3639
2	Endonezya	Aralık 2018	1948
3	Filipinler	Aralık 2018	1868
4	Türkiye	Ocak 2019	1303
5	Yeni Zelanda	Aralık 2018	1005
6	Meksika	Aralık 2018	951
7	İtalya	Aralık 2018	944
8	İzlanda	Aralık 2018	755
9	Kenya	Aralık 2018	676
10	Japonya	Aralık 2018	542

Ülkelerin jeotermal enerji kurulu güçleri sıralamasında ABD en yüksek kapasiteye (3639 MW) sahipken onu Endonezya (1948 MW) ve Filipinler (1868 MW) takip etmektedir. Türkiye jeotermal kurulu güç bakımından ilk 10 ülke içinde 1303 MW kapasite ile dördüncü ülke konumundadır.

Çizelge 3.7. Ülkelerin kişi başına düşen jeotermal enerji kurulu gücü [59].

<b>ÜLKELERE GÖRE KİŞİ BAŞINA DÜŞEN JEOTERMAL ENERJİ KURULU GÜCÜ</b>			
<b>S</b>	<b>Ülke</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>	<b>Kişi Başına Kurulu Güç (Watt)</b>
1	İzlanda	755	2.231
2	Yeni Zelanda	1.005	209
3	Kosta Rika	204	41
4	El Salvador	205	31
5	Filipinler	1.868	18
6	Nikaragua	109	17
7	Türkiye	1.303	16
8	İtalya	944	16
9	Kenya	676	14
10	ABD	3.639	11

2018 yılı verilerine göre ülkelerin kurulu güçleri sıralamasında ABD 3639MW'lık miktarı ile ilk sırada yer almaktadır. Ancak kişi başına 11 Watt düşen jeotermal enerji kurulu gücü ABD'yi bu listede onuncu sıraya indirmiştir. En fazla jeotermal kurulu güce sahip ikinci ülke olan Endonezya'nın kurulu gücü 1948MW'tır. Filipinler 1.868 kurulu gücü ile üçüncü ülke ve kişi başına düşen 18 Watt'lık kurulu gücü ile de bu pazardaki beşinci ülke konumundadır. Jeotermal enerji kurulu gücü en yüksek

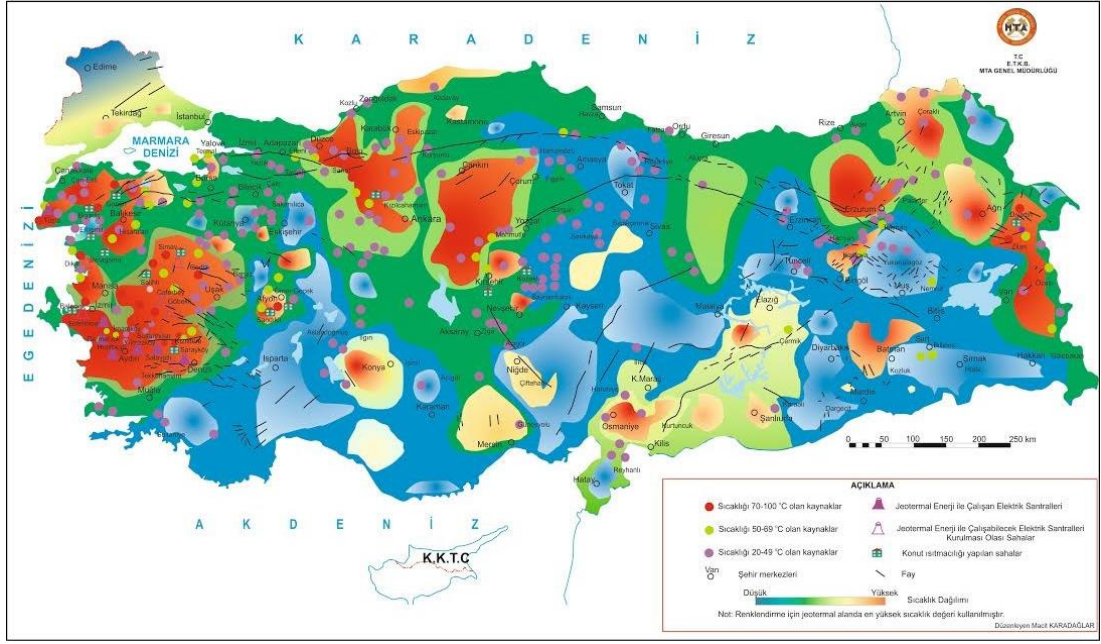
dördüncü ülke olan Türkiye'nin kurulu gücü 1.303MW'tır. Ülkemizde kişi başına düşen kurulu güç ise 16 Watt olmakta ve bu ilk on ülke arasında yedinci sırada yer almamızı sağlamaktadır. Dünyada jeotermal enerjiden en fazla yararlanan ilk dört ülke, 1GW'lık kurulu güç barajını aşan ülkelerdir. Türkiye'den sonra kurulu gücü en fazla olan ülkeler sırasıyla Yeni Zelanda, Meksika, İtalya, İzlanda, Kenya ve Japonya'dır. Kişi başına düşen jeotermal enerji kurulu gücünde lider ülke İzlanda'yı, Yeni Zelanda ve Kosta Rika takip ederek ilk üç sırada yer almaktadırlar.

### **Türkiye'de Jeotermal Enerji**

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji yönünden son derece avantajlı bir konumda yer alan Türkiye'de doğal oluşumlu 1.000 civarında ve farklı sıcaklık değerlerine sahip jeotermal kaynak bulunmaktadır [60]. Ülkemizin coğrafi oluşumu sırasında gerçekleşen bir takım tektonik hareketler, batı kısımların sahip olduğu yüzey katmanının daha ince yapıya sahip olmasına neden olmuştur. Bu sayede jeotermal kaynaklar oluşmuş ve bu kaynaklar kolayca yer üstüne çıkabilmiştir. Tüm bunlar Batı Anadolu'da depolanan jeotermal enerjinin seviyesini yükselterek 150°C ve üstü sıcaklık değeri ile elektrik üretiminin yapıldığı bölgeler oluşturmuştur. Ülkemizin doğusunda ise tektonik sıkışmanın etkisi ile jeotermal enerji seviyesi daha az olan bölgeler oluşmuştur [42].

Aşağıda Şekil 3.37.'de Türkiye'nin jeotermal kaynakları harita üzerinde gösterilmektedir [60].

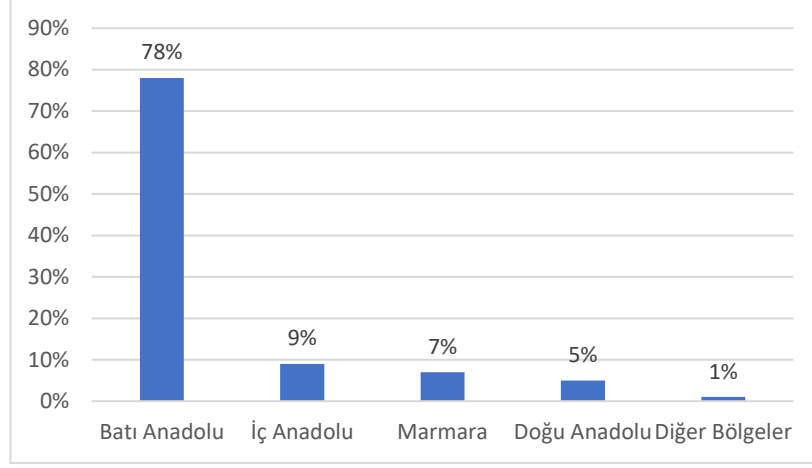




Şekil 3.37. Türkiye'nin jeotermal kaynakları harita gösterimi [60].

Türkiye jeotermal kaynaklar açısından oldukça şanslı bir coğrafi alanda yer almaktadır. Sahip olduğu jeotermal kaynakların %90'ı çok yüksek sıcaklık değerinde olmayan kaynaklar olup direkt kullanıma yatkın ısıtma, soğutma, kaplıca turizmi gibi ihtiyaçların giderilmesinde kullanılmaktadır. Geri kalan %10'luk kısmı ise yüksek sıcaklık değerine sahip kaynaklardır ve elektrik üretimine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Jeotermal kaynakların kullanım alanı zaman içinde değişerek artmaktadır [60].

Türkiye'nin toplam sahip olduğu jeotermal güç fazla olmakla birlikte her bölgeye aynı oranda dağılım olmamıştı. Aşağıda Şekil 3.38.'te ülkemizin sahip olduğu jeotermal gücün bölgelere göre dağılımı gösterilmektedir [44].

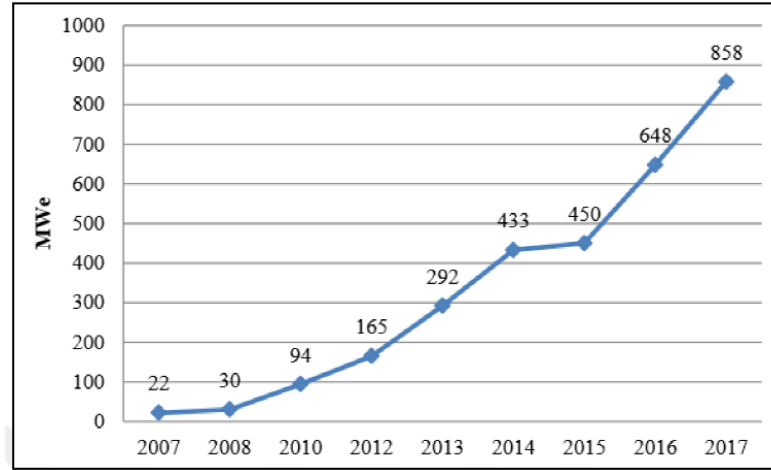


Şekil 3.38. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının bölgelere göre dağılımı [44].

Jeotermal kaynak bakımından en yüksek potansiyele %78'lik oranla Batı Anadolu bölgesi sahiptir. Ülkemizin neredeyse tüm jeotermal enerjisi bu bölgeden sağlanmaktadır. Daha sonra sırasıyla İç Anadolu Bölgesi %9'luk, Marmara Bölgesi %7'lik ve Doğu Anadolu Bölgesi %5'lik jeotermal paya sahiptir. Geri kalan %1'lik pay ise diğer bölgelerde yer almaktadır.

Ülkemizde jeotermal enerji kaynakları kullanılarak ilk elektrik üretimini Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün 1975 yılında kurduğu ve gücü 0,5MWe olan Kızıldere Santrali gerçekleştirmiştir [60]. 1982'den sonra ise MTA bu alandaki çalışmalarını hızlandırarak, bugün en yüksek potansiyele sahip Batı Anadolu'da çok sayıda jeotermal bölgeyi ortaya çıkartmıştır [42]. Jeotermal kaynakları ortaya çıkartmak için zamanla çok daha fazla çalışma yapılmış, 2.000m düzeylerinden 28.000m 'ye kadar ulaşılmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ile iş birliği yapılması sonucunda 2004 yılında 3.100MWt olan kullanıma uygun ısı kapsama gücü 2018 sonunda 5.000MWt'a ulaşmıştır [44].

Ülkemizin jeotermal üretim kapasitesi de yıllar içinde artış göstermiştir. 2007 yılında 22MWe olan üretim gücü 2017'de 858MWe değerine ulaşmıştır. Aşağıda Şekil 3.39.'da Türkiye'nin 10 yıllık zaman diliminde jeotermal enerji üretim gücünde ortaya çıkan değişim gösterilmektedir [42].



Şekil 3.39. Türkiye’de jeotermal enerji üretim gücü [42].

Ülkemizin jeotermal enerji üretim kapasitesi, her yıl bir önceki dönemden daha fazla seviyeye ulaşmıştır. Verilen zaman diliminde üretim gücümüz %3.800 artış göstermiştir. Yıllar içinde bu alanda birçok çalışma yapılarak jeotermal kaynakların kullanım oranı arttırılmıştır. 2002’de jeotermal kaynaklı elektrik üretimine elverişli alan 16 taneyken, 2017’de bu sayı 25’e yükseltilmiştir. Jeotermal kaynakların seracılıkta ısıtma amaçlı kullanımı 2017 yılında 3931 dönüm yer kaplayarak 15 yıllık zamanda %686 oranında fazlalaşmıştır. Isınma amacıyla jeotermal kaynaklardan yararlanan evler ise yine bu 15 yıllık periyotta %281 oranında yükselmiştir [42].

### 3.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle enerjisi, bütün bitkisel ve hayvansal atıkları kaynak olarak kullanabilen, dolayısıyla yapısında atıkların temel içerikleri olan karbon, hidrojen ve oksijen atomlarının bulunduğu doğa dostu bir enerji kaynağıdır. Çok eski çağlardan beri yararlanan bu enerji kaynağının günümüz şartlarındaki düzeyinde kullanımı da 21. yüzyılda gerçekleşmiştir. Günümüzde kullanılırken biyolojik asıllı başka kaynaklara dönüştürülerek kullanılan biyokütle enerjisi en çok biyodizel, biyoetanol ve biyogaz olarak kullanılmaktadır. Yakıt olarak kullanılan biyodizel, hayvansal yağlar ya da yağ içeriği yüksek olan tohumlu bitkilerden elde edilirken, biyoetanol ise şeker içeriği yüksek zirai mahsullerin mayalanması ile oluşmaktadır. Hayvan, bitki atıkları ile her türlü kentsel atıkların oksijensiz ortamda mayalanması ile açığa çıkan metan ve karbondioksit gazından oluşan biyogaz, enerji

kaynağı olarak kullanılmasına ek olarak organik atıkların yeniden toprakla buluşmasını da sağlamaktadır [11].

Biyokütle enerjisi çoğunlukla bitki ve hayvan kaynaklı atıklardan elde edilmekle beraber aslında orman ürünleri ve kentsel ve organik atıkları da kaynak olarak kullanmaktadır. Bu şekilde biyokütle enerjisine kaynak oluşturan dört farklı atık sınıfının var olduğu söylenebilmektedir [44].

İlk sınıf olarak bitkisel biyokütle kaynakları, ayçiçek, soya gibi yağ oranı yüksek tohumlu bitkilerden; patates, mısır gibi şeker ve nişasta içerikli bitkilerden; elyaf bitkileri olarak ifade edilen keten, kenevir benzeri bitkilerden; bezelye gibi zengin proteinli bitkiler ile sap, saman, kök gibi tarımla ilgili atıklardan oluşmaktadır [44].

İkinci sınıfı orman ve orman ürünleri tarafından meydana getirilen biyokütle kaynakları oluşturmaktadır. Odunlar ile ormanla alakalı her türlü atılmış üründen biyokütle enerjisi elde etmek mümkündür [44].

Üçüncü sınıfta, büyükbaş ve küçükbaş hayvanlar ile kümes hayvanlarının dışkıları, hayvanların kesimhanelerinde ya da hayvansal mamullerin üretimi esnasında oluşan atıklar hayvansal biyokütle kaynakları olarak kullanılmaktadır [44].

Son olarak dördüncü sınıfta ise organik çöpler, kentsel atıklar ile sanayi atıklarının oluşturduğu kaynaklar, biyokütle enerjisinin üretimde kullanılmaktadır [44].

Sadece enerji üretimi bakımından değil aynı zamanda doğaya verilecek zararın önlenmesine de yardımcı olan biyokütleden elde edilen enerjinin başka bir yere götürülebilme ve saklanabilme imkânı da vardır. Kesintisiz bir enerji kaynağı olan biyokütle, pek çok farklı yerde kullanılabilen bir yenilenebilir kaynaktır [7].

Çevre kirliliğine yol açan en önemli problemten olan ve devamlı ortaya çıkan atıkların enerji kaynağı olarak kullanılması son zamanlarda oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Almanya, Belçika, Danimarka, Fransa, Hollanda gibi çok sayıda Avrupa ülkesi ve ABD gibi Türkiye’de de atıklardan enerji üretimi sağlanmaktadır. Atıkların, kurulan

çöp santrallerinde çevreye verilecek zarar minimum düzeylere indirilmesi sağlanarak yakılması ile ısı, buhar, sıcak su ve en önemlisi enerji üretimi elde edilmektedir [7].

Enerji üretiminde biyokütle kaynaklarının kullanımı son derece olumlu getiriler sağlamaktadır. Bu kaynaklar pek çok yerde üretilebilmekte, çevre kirliliğine sebep olmamakla birlikte atıkların dönüşümünü sağlamakta, sera etkisi oluşturmayıp asit yağmurlarına sebebiyet vermemekte ve depolanmaya oldukça elverişli yeşil enerji kaynaklarıdır [61].

### **Dünyada Biyokütle Enerjisi**

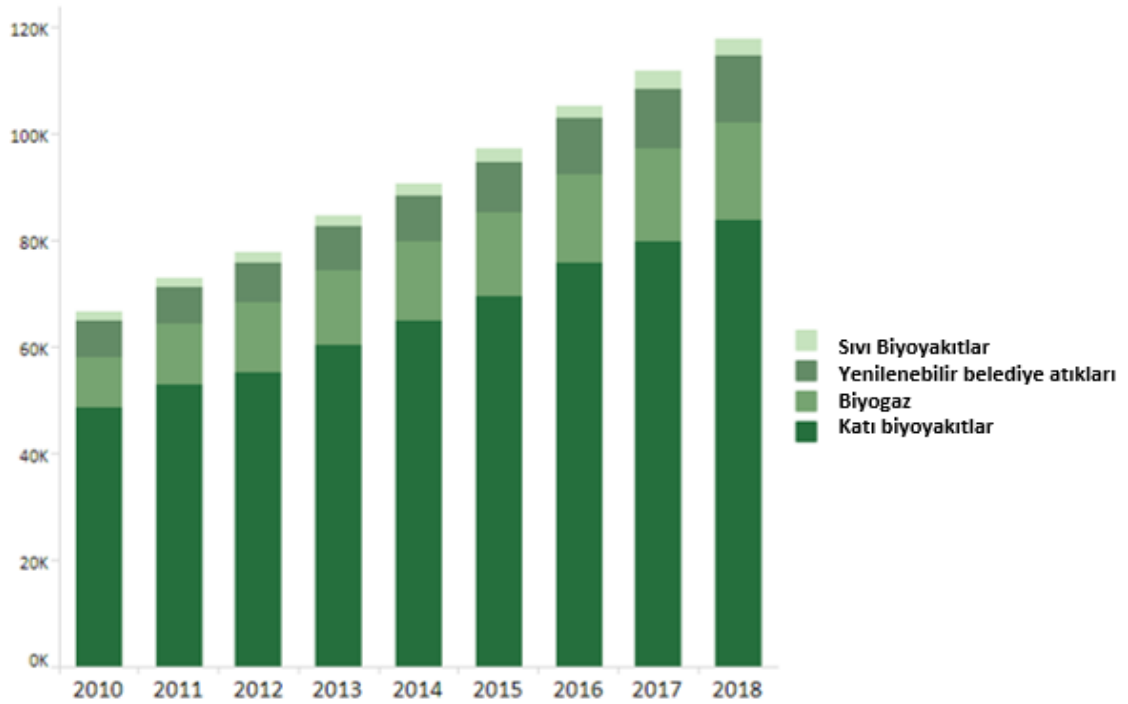
Dünya genelinde oldukça fazla kullanımı olan biyokütle enerji kaynakları, kullanım yöntemi olarak ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Gelişmekte olan ülkeler, teknolojik imkânların yetersiz olmasından kaynaklı biyokütle enerji dönüşümlerinde geleneksel metotları kullanmaktadırlar. Bu yüzden enerji faaliyetleri daha az seviyededir. Ancak gelişimini tamamlamış ülkeler teknolojik olarak da ileri seviyede olduklarından modern teknolojileri kullanarak biyoyakıt enerjisini daha faal olarak kullanırlar. Gelişmiş ülkelerin toplam birincil enerji kaynaklarından biyokütle payları incelendiğinde, İsveç %17 civarında, Avusturya %13, ABD %4,5, Danimarka %7 ve Almanya ise %2'den daha az oranda biyokütleden faydalanmaktadır. Aşağıda Çizelge 3.8.'de Avrupa Birliği'nin (AB) biyoyakıt kullanım hedefleri kapsamında dünü, bugünü ve yarınına ait oranlar verilmektedir [62].

Çizelge 3.8. AB biyoyakıt kullanımı ve hedefleri [62].

<b>AB Biyoyakıt Kullanım Hedefleri</b>			
2007	2010	2020	2030
%5	%7.75	%20	%30

AB biyoyakıt kullanımı 2007 yılında %5 oranında iken 2010'da %7,75 oranına yükselmiştir. 2020 yılı sonunda biyoyakıt kullanım oranının %20, 2030'da ise %30 olması öngörülmektedir. AB hedefleri doğrultusunda biyoyakıt kullanımını arttırma yönünde çalışmalar yaparak, öngörülen oranların gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

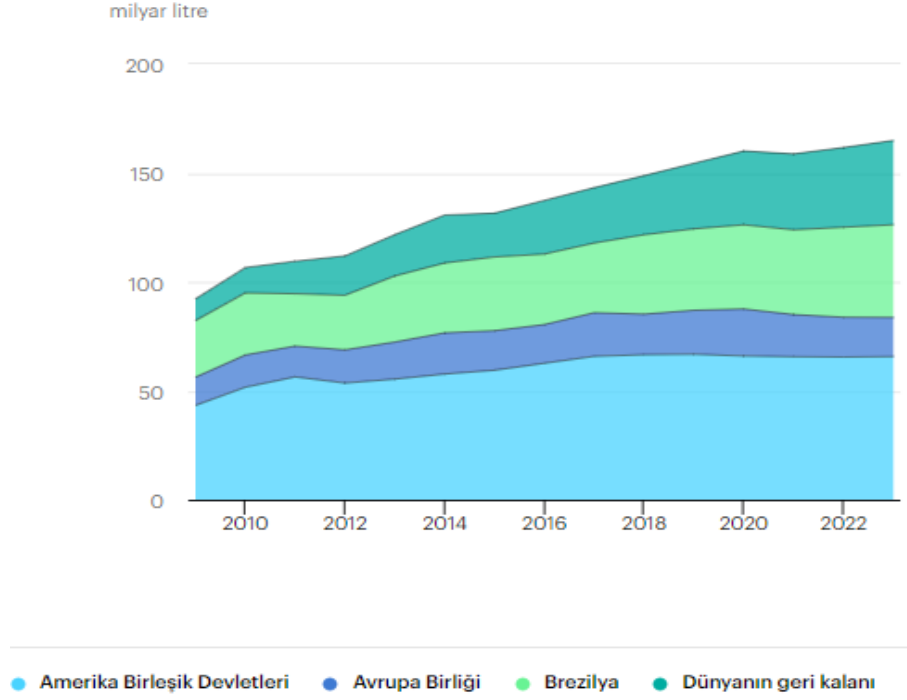
Dünyada kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının neredeyse %75'i biyoenerjiyi içinde bulundurmaktadır. Bu oranın çoğu da biyokütle kullanımı kaynaklı olmaktadır. Brezilya, Çin, Hindistan gibi çok fazla nüfus artışı ve enerji talebi artışının olduğu ülkelerde, enerji kaynaklarının artırılması yönünden biyokütle oldukça avantajlı bir kaynak oluşturmaktadır. Biyokütle kaynakları, ısınma ya da enerji üretimi gibi direkt kullanılabilirdiği gibi yağ ve türevlerine dönüşümü sağlanarak başka sektörler de tercih edilebilmektedir. Aşağıda Şekil 3.40.'ta dünya genelinde kurulu kapasite artışının yıllık toplam değerleri verilmektedir [63].



Şekil 3.40. Dünyada biyoenerji yıllık kurulu kapasite artışı [63].

Biyoenerji kaynaklarından katı ve sıvı biyoyakıtlar, biyogaz ve yenilenebilir belediye atıklarının kurulu kapasite artışı verilerine göre 2010-2018 yıl aralığında kurulu güç artış eğilimi göstermektedir. Katı biyoyakıt, en fazla kurulu güç oranına sahip olup tüm kapasitesinin yarısından çoğunda da etkilidir. Daha sonra sırasıyla biyogaz, yenilenebilir belediye atıkları ve sıvı biyoyakıtlar, biyoenerji kurulu gücünü oluşturmaktadır.

ABD, AB, Brezilya ve dünyanın geri kalanının bir ülkeymiş gibi dahil edilerek değerlendirildiği küresel geleneksel biyoyakıt üretim değerleri Şekil 3.41.'de gösterilmektedir [64].



Şekil 3.41. Küresel geleneksel biyoyakıt üretimi [64].

Geleneksel biyoyakıt üretiminde 2011 yılından günümüze kadarki üretim miktarı ile 2023 yılına kadar olan sürecin tahmini değerlerinin toplamı verilmektedir. Geleneksel biyoyakıt üretimde en fazla pay ABD'ye aittir. Geleneksel biyoyakıt üretim payı yüksek olan diğer bir ülke olan Brezilya, giderek üretim miktarını arttırmaktadır. Dünyanın geri kalan ülkelerinin geleneksel biyoyakıt üretim miktarı, AB'nin miktarına çok yakın seyretmektedir. Fakat 2014 yılından sonra gösterilen artış eğiliminin ilerleyen zamanlarda daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

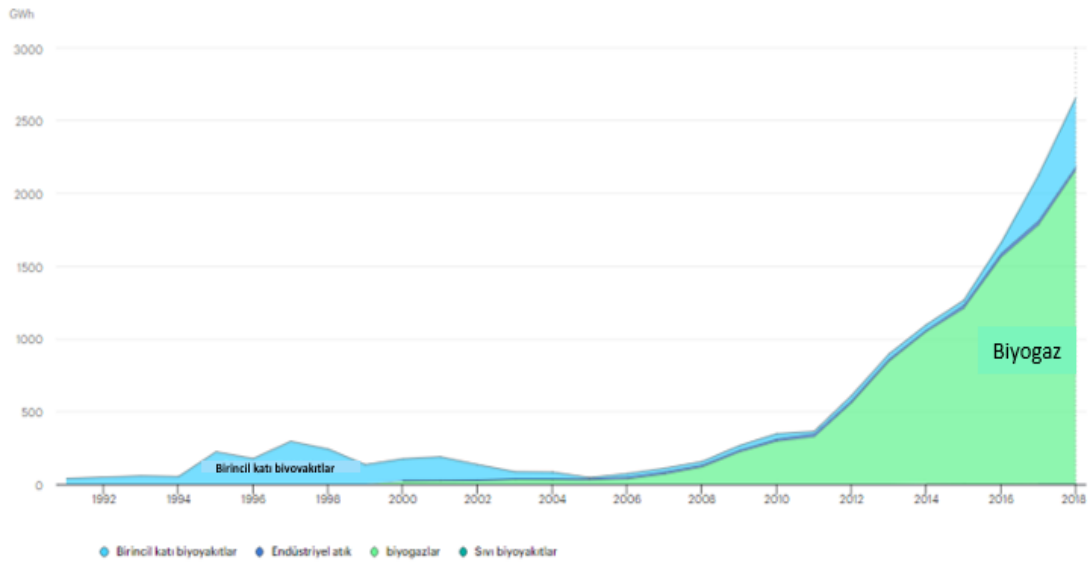
### **Türkiye'de Biyokütle Enerjisi**

Türkiye biyokütle enerjisi elde etmek için bitkisel ve hayvansal atıklardan, orman ve orman ürünlerinden, kentsel atıklar ile sanayi ve üretim tesislerde oluşan atıklardan faydalanmaktadır. Ülkemizde genellikle bitkisel atıklar kanola, şeker pancarı, fasulye gibi bitkilerden oluşmaktadır. Hayvansal atık olarak at, sığır, tavuk, koyun gibi

hayvanların atıkları ile hayvansal gıdalar işlenirken oluşan atıklar değerlendirilmektedir [7].

Dünyada oldukça benimsenmiş bir enerji kaynağı olan biyokütle, ülkemizde potansiyeli yüksek olmasına rağmen gereğince faydalanılamamaktadır [21]. Ülkemizde modern manada biyokütle enerjisi, Petrol Piyasası Kanunu'nun yerli kaynaklar kullanılması koşuluyla biyoyakıt kullanan tüketicilere Özel Tüketim Vergisi'nin (ÖTV) uygulanmayacağı kararını alması ile daha çok ilerleme kaydetmiştir [11].

Türkiye'nin biyokütle enerji gücü ortalama 8,6 milyon ton petrole (MTEP) denk geldiği tahmin edilmektedir. Bu miktardan 1,5-2 MTEP biyogaz elde edilebilmektedir. Toplam kurulu gücü 811MW olan ülkemizde, biyokütle enerjisinin kullanıldığı elektrik üretim tesislerinde 2018 yılında 3.213GWh elektrik enerjisi elde edilmiştir [7]. Aşağıda Şekil 3.42.'de kaynaklarına göre biyoyakıt ve atıklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir [30].



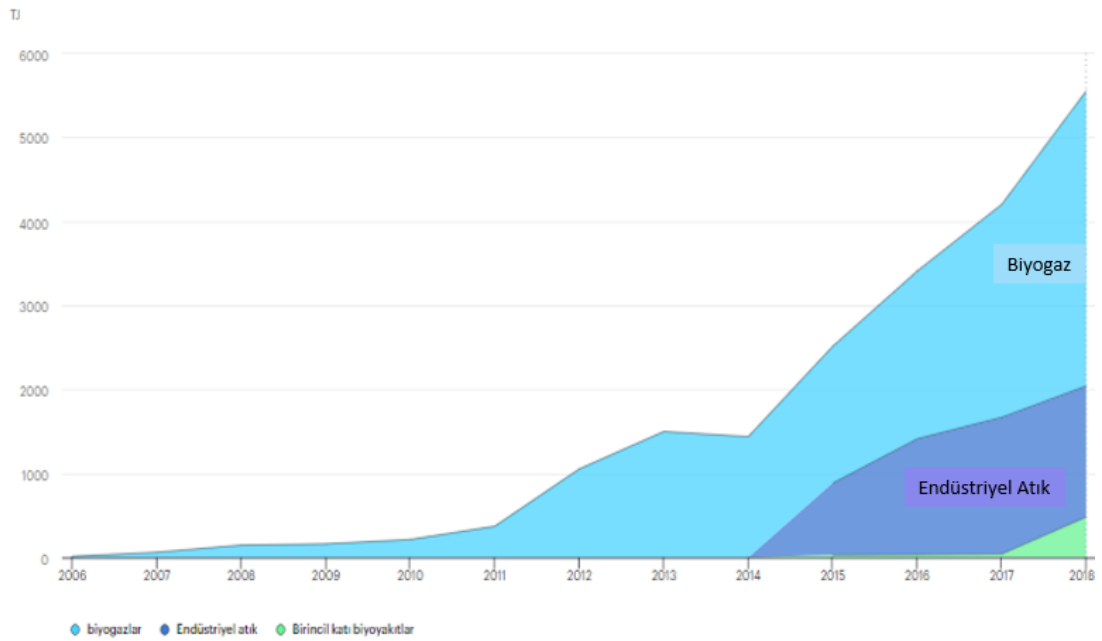
Şekil 3.42. Kaynaklarına göre biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretiminin 1991-2018 yılı aralığındaki değişimi [30].

Ülkemizde biyokütle enerjisinden elektrik üretimi özellikle 2010'lu yıllardan itibaren artış göstermiştir. 1990'lı yıllarda katı biyoyakıt kullanımı az da olsa elektrik üretiminde yer almıştır. Elektrik üretiminde biyogaz kullanımını 2000'lerde başlamış



ancak asıl ivmeyi 2010 yılından sonra kazanmıştır. Günümüze kadar biyogazın elektrik üretiminde artış devam etmiştir.

Türkiye’de biyokütle kaynaklarından üretilen enerji verileri, bitki ve hayvan atıklarından elde edilen enerjinin çoğunlukla ısınmada kullanıldığını göstermektedir. Kırsal bölgelerde daha çok tercih edilen bu kaynaklar, çoğunlukla yaşam alanlarının ısıtılmasında kullanılmaktadır [11]. Aşağıda Şekil 3.43.’te biyokütle enerjisinden üretilen ısının kaynaklara göre dağılımını gösterilmektedir [30].



Şekil 3.43. Kaynaklara göre biyokütle enerjisinden ısı üretiminin 2006-2018 yılları arasındaki değişimi [30].

Isı üretiminde kullanılan biyokütle enerjisinde kaynak olarak daha biyogaz tercih edilmektedir. 2006 yılından günümüze kadar kullanılmış olan biyogaz, 2014 yılından sonra ciddi bir artış göstererek günümüzde de ısı üretiminde en fazla orana sahip olmaya devam etmiştir. 2014 yılında endüstriyel atıklar da ısı üretiminde yer almaya başlamıştır. Son yıllarda katı biyoyakıtlar da ısı üretiminde kullanılmaya başlamıştır. Ama kullanım oranı henüz düşük seviyelerdedir.

Ülkemizde biyokütle enerjisinin kullanım oranını arttıracak çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bazı kentlerde özellikle biyogaz üretimine dair çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Çöplerden, bazı sanayi kuruluşları ve belediyelerin atık sularından

ya da hayvancılık sektörüne yapılan yatırımlar ile hayvan atıklarından biyogaz üretimine yoğun bir mesai harcanmaktadır [10].

### **3.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI**

Ülkelerin ekonomik ilerlemelerinde önemli bir payı olan enerjinin, uluslararası ilişkilerde ve diplomasideki payı da hayli önemlidir. Ülkemiz son on senede dünyada ilk on ekonomiye girme amacı ile, yavaş yavaş daha stratejik bir duruma gelmiş ve 2002-2018 yılları arasında %5,5'lik yıllık büyüme elde etmiştir. Bunun sonucunda dünyadaki 13. büyük ekonomi durumuna yükselmiştir [17].

Türkiye 2018'de bir önceki seneye göre elektrik üretimi %2,2'lik bir artışla 304,2 milyar kWh; elektrik tüketimi ise %2,2'lik bir payla artarak 304,8 milyar kWh haline gelmiştir. Elektrik üretiminin %37,3'ü kömürden, %29,8'i doğal gazdan, %19,8'i hidrolik enerjiden, %6,6'sı rüzgârdan, %2,6'sı güneşten, %2,5'i jeotermal enerjiden ve %1,4'ü ise diğer kaynaklardan elde edilmiştir [65].

Türkiye'nin kurulu gücü 2019'un Eylül ayı itibariyle 90.720 MW'a varmıştır. Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı; %31,4'ü hidrolik enerji, %28,6'sı doğal gaz, %22,4'ü kömür, %8,1'i rüzgâr, %6,2'si güneş, %1,6'sı jeotermal ve %1,7'si ise diğer kaynaklar şeklinde olup elektrik enerjisi üretim santrali sayısı lisanssız santraller dahil 8.069 olmuştur. Santrallerin 669'u hidroelektrik, 68'i kömür, 262'si rüzgâr, 52'si jeotermal, 330'u doğal gaz, 6.435'i güneş, 253'ü diğer kaynaklı santrallerdir [17].

Türkiye enerji kaynakları açısından dışa bağımlı bir ülkedir ve bu durum git gide artmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının rezervlerini istenildiği kadar geliştirmek olası değildir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanmak ve bu doğrultuda politikalar oluşturmak çok önemlidir [11]. Kişi başına elektrik tüketimi değerlerine bakmak gerekirse dağılımın brüt olarak; Türkiye'de 3.224 kWh, Amerika'da 12.092 kWh, Fransa'da 7.124 kWh, Almanya'da 6.779 kWh, İngiltere'de 5.217 kWh ve OECD (Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü) ortalamasının ise 8.106 kWh olduğu bilinmektedir. Bu bilgiler ışığında Türkiye, gelişmiş ülkelerle

karşılaştırıldığında daha düşük değere sahiptir ve ülkemizin geliştikçe kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketiminin yükseleceğini göstermektedir [66]. Elektrik tüketiminin 2023'te senelik yaklaşık %4,8'lik bir artış ile 375,8 TWh'e ulaşması tahmin edilmektedir [17]. Bakanlık 2023 yılı hedeflerinin belirtildiği strateji belgesi oluşturmuş ve bu belgede; yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki oranının %30'a çıkarmak, ekonomik ve teknik hidroelektrik potansiyelinin hepsini kullanmak, rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 20000 MW'a çıkarmak, 640 MW kurulu güç potansiyeli olan jeotermal enerjinin hepsini işletmeye almak gibi hedefler sıralanmıştır [11].

Günümüze dek yürütülen politika ve strateji belgeleri ile ülkemizde enerji sektörünün verimliliğini arttırmak amacıyla birçok hedefler oluşturulmuş; bu hedeflere ulaşmak için birtakım çalışmalar yapılmıştır. Buna göre İklim Değişikliği Eylem Planında Türkiye için 2023 yılına kadar ülke genelinde elektrik dağıtım kayıplarının %8'e indirilmesi ve böylece tüm sektörlerde enerji verimliliği ile elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin oranının artırılması amacıyla birçok hedef belirlenmiştir [66]. Kişi başı gelir düzeyleri yüksek olan ülkelerin kişi başı enerji tüketimlerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Ekonomik büyüme arttıkça enerji talepleri de artmaktadır. Ancak enerji üretimlerinin yeteri kadar yapılamaması ülke ekonomilerinin geleceği bakımından risk teşkil etmektedir. Yerli enerji üretimine yapılan desteğin belirlenen hedeflere uygun ve uzun vadeli olarak planlanması; bu riskin ortadan kaldırılması, ülke sanayilerinin ilerleyebilmesi ve belirli bir Pazar büyüklüğüne ulaşabilmesi açısından oldukça gereklidir. Böylece ülkeler hem ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirebilecek hem de ülke içi alternatif enerji kaynaklarını değerlendirip enerji tüketimlerini karşılayabileceklerdir. Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen destekler sayesinde bu alanda üretim hacminin genişleyip bu genişleme ile beraber ileride ihracattan büyük oranda gelir elde edilebileceği öngörülmektedir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının gittikçe daha çok kabullenilmesinde; ülke ekonomisine olan artışı, yerli bir kaynak olması ve sermayenin ülke içinde kalması gibi faktörler son derece önemlidir [6]. Ülkemiz bu doğrultuda Milli Enerji ve Maden Politikası oluşturmuştur. Bu politika; enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi, yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanımı ve öngörülebilir piyasa koşullarının tesis edilmesini baz almaktadır [17].

### 3.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatürde yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve aşağıda kronolojik olarak bir bölümü verilmiştir.

Kumbur ve arkadaşlarının (2005) Türkiye'nin enerji durumunu inceledikleri çalışmalarında; farklı enerji kaynakları ve halihazırda kullanılan enerji kaynaklarının çevreye olan etkileri üzerinde durularak, bunların üretim maliyetini nasıl etkilediği kıyaslanmıştır [4].

Uçar (2007) rüzgâr enerjisi kullanılarak elektrik üretilmesini incelediği çalışmasını, Kayseri'de ele almış ve bu üretimin çevreye olan etkilerini araştırmıştır. Çevresel etki araştırmasında; gürültü, rüzgâr türbinlerinin kuş göç yolları üstünde olup olmaması, yer seçimi ve alan gereksinimi, hava kirliliği, türbinlerin elektromanyetik enterferans etkisi, türbinlerin görsel etkisi, yerleşime etkisi ve doğal koruma alanlarına etkisi olmak üzere dokuz tane ölçüt temel alınmıştır [67].

Şeker (2010) çalışmasında artan popülasyon ve fosil yakıt kullanımı neticesinde sera gazlarının da arttığını vurgulamış, bunun sonucu olarak sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan gereksinimin arttığını belirtmiştir. ÇKKV yöntemlerinden Analitik Ağ Prosesini (ANP) kullanarak Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde yararlanılacak enerji kaynağını seçmiştir ve küçük hidroelektrik ve jeotermal santrallerin öncelikli çıktığı sonucuna varmıştır [1].

Uysal (2011) graf teorisi ve matris yaklaşımını kullandığı çalışmasında sürdürülebilir enerji kaynaklarını değerlendirmek üzere somut (rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal ve hidroelektrik enerji) ve soyut (çevre, potansiyel, teknoloji, ekonomi ve sosyopolitik) ölçütleri birlikte ele almıştır [68].

Adıyaman (2012) Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları başlıklı tez çalışmasında günümüz toplumları için enerjinin gerekli olduğu, ilerleyen teknoloji ve

artmakta olan nüfus ile beraber enerji gereksiniminin de devamlı artacağına altı çizilmektedir. Günümüzde çok kullanılmakta olan fosil kaynaklar yerine çevre dostu ve küresel ısınma ya da iklim değişikliğine neden olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının daha çok kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm dünyadaki potansiyeli ve kullanımı ile birlikte bu tür kaynakların kullanılmasının pozitif ve negatif tarafları da ele alınmaktadır [51].

Çelik (2012) çalışmasında fosil yakıtlarla sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretimini, tüketimini ve dış alımdaki oranlarını kıyaslayarak incelemeler yapmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye'deki yeterli olmayan fosil kaynaklar ile artmakta olan enerji gereksinimi karşılamak için sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımının dışa bağımlılığı azaltacağına da altını çizmiştir [69].

Sadeghi vd. (2012) çalışmalarında İran'ın Yazd şehrinde güneş, jeotermal, hidrolik ve rüzgâr enerjisi olmak üzere dört alternatif yenilenebilir enerjileri değerlendirmek için bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı (FMCDM) ileri sürmeyi amaçlamıştır. Değerlendirme kriterlerinin bağıl ağırlıklarını belirlemek için Bulanık AHP yöntemi uygulanırken, alternatifleri sıralamak için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar güneş enerjisinin en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olduğunu ortaya çıkarmıştır [70].

Koç ve Şenel (2013) çalışmalarında dünyanın ve Türkiye'nin enerji durumunu genel olarak ele almış ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine durum tespiti yaparak ülkelerin yenilenebilir elektrik güç üretimleri ile yakından ilgilenmişlerdir [10].

Mahmutoğlu (2013) temiz, yerli, maliyeti az sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla yapılan elektrik üretiminin Türkiye için çok önemli olduğunu ifade etmiştir. Sürdürülebilir enerji kaynakları ile Türkiye'de artan enerji ithalatı ve sonuç olarak dışa bağımlılığın artmasının önlenmesinin olası olduğu vurgulanmıştır [71].

Ayan ve Pabuçcu (2013) çalışmalarında temel olarak; Türkiye için sürdürülebilir enerji kaynakları yatırımları arasında karar verilmesinin sağlanmasını amaçlamışlardır. ÇKKV yöntemlerinden AHP'yi kullanmışlar ve sonuç olarak

sürdürülebilir enerji alternatiflerinin yatırımları arasında bir öncelik tespit etmişlerdir. Analizler sonucunda sırayla olmak üzere; hidroelektrik, rüzgâr, biyoyakıt, jeotermal enerji ve güneş enerjisi yatırımlarının mümkün olacağı belirlenmiştir. Bu sonuçları etkileyen ölçütler ise ekonomik, enerji ile ilgili, çevresel ve kurumsal ölçütlerdir [72].

Ertay vd. (2013) yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirdikleri çalışmalarında, Türkiye'nin enerji tüketiminin ekonomik ve sosyal gelişimin bir sonucu olarak son 30 yılı aşkın bir süredir hızla artmakta olduğunu belirterek; bulanıklık başlığı altında yenilenebilir enerji alternatiflerini değerlendirmek üzere MACBETH ve AHP bazlı çok kriterli yöntemleri kullanmışlardır. Değerlendirmede dört ana, 15 alt ölçüt kullandıktan sonra Türkiye'deki potansiyel yenilenebilir enerji alternatifleri olarak güneş, rüzgâr, hidrolik ve jeotermal saptanmıştır [73].

Şengül vd. (2014) çalışmalarında rüzgâr, güneş, deniz kökenli sürdürülebilir, biyoyakıt ve hidrolik enerji kaynaklarını karşılaştırmış ve sürdürülebilir enerji tedariki seçerken Bulanık TOPSIS yönteminden yararlanmışlardır. Çalışmanın neticesinde ön plana çıkan hidroelektrik santralleri olmuştur [74].

Vatansever ve Öncel (2014) çalışmalarında akademik personel alım aşamasında daha nesnel ve çeşitli ölçütler neticesinde en uygun adayı seçebilmek için çok kriterli Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Bulanık AHP yöntemi ölçüt ağırlıklarının tespitinde kullanılırken, Bulanık TOPSIS yönteminden ise adayların ölçüt ağırlıkları çerçevesinde tespit edilmesi basamağında yararlanılmıştır. [75].

Eroğlu (2014) rüzgâr santralleri için en uygun alan saptamasını amaçladığı çalışmada CBS ve FAHP kullanmıştır. FAHP kullanılarak ölçütlerin ağırlık değerleri belirlenmiştir ve 13 temel, 62 alt ölçüt saptamıştır. CBS ile ise örnek çalışma alanı için bütün bilgiler elde edilmiştir [76].

Koç ve Kaya (2015) çalışmalarında sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla ilgili genel bir değerlendirme yaparak Türkiye'de ve diğer ülkelerde 2013-2014 yıllarındaki genel

olarak enerji tüketimi ile 2005-2014 yılları arasında sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretim-tüketim durumları tespit edilmeye çalışılmıştır [21].

Sağır ve Doğanalp (2016) çalışmalarında Türkiye'deki enerji kaynaklarını değerlendirmek üzere çok kriterli karar verme yöntemlerinde Bulanık TOPSIS'i kullanmışlardır. Sonuç olarak yakınlık katsayısı düşükten yükseğe doğru fosil enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve sürdürülebilir enerji kaynakları olarak elde edilmiştir [77].

Damgacı vd. (2017) çalışmalarında Türkiye'deki sürdürülebilir enerji kaynaklarını çevresel, sosyal, ekonomik ve teknik bakımlardan değerlendirmede Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Bunun yanı sıra günümüzde hızla artmakta olan dünya popülasyonu ve sanayileşme sonucu artan enerji ihtiyacı açısından Türkiye'deki sürdürülebilir enerji kaynaklarını ele almışlardır [78].

Özcan vd. (2017) çalışmalarında Türkiye'nin önemli ölçüde sahip olduğu enerji kaynaklarını etkili, ekonomik, güvenilir, çevreye dost ve kesinti olmaksızın yatırım öncelikleri bakımından değerlendirmiştir. Buna göre alinyazındaki çalışmalardan yararlanılarak ANP yöntemi ile dört temel ölçüt belirlenmiş ve bunlara bağlı 12 alt ölçüt altında Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları TOPSIS yöntemi ile sıralanarak bu kaynaklar ile yapılacak yatırım öncelikleri tespit edilmiştir [79].

Abdullah ve Najib (2017) linguistik değerlendirme yapılan (Aralık Tip 2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi IT2 FAHP için) sürdürülebilir enerji tercihi sundukları çalışmalarında dokuz kriterle yakından ilişkili olan sürdürülebilir enerji kaynaklarının yedi alternatifi; karar verme probleminin hiyerarşik yapısı olarak tanımlanmıştır. İki akademisyen ve devlet kurumlarına bağlı bir mühendis linguistik değerlendirmeyi yapmaya davet edilmiştir. Linguistik değerlendirmeler yeni geliştirilmiş IT2 FAHP kullanılarak analiz edilmiştir. Yedi adımlı hesaplama yöntemi kullanılarak güneş enerjisinin uygulanabilir sürdürülebilir enerji seçiminde en iyi alternatif olduğu sonucuna ulaşılmıştır [80].

Cengiz-Toklu ve Taşkın (2018) Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinden oluşan bir hibrit yöntem kullandıkları çalışmalarında alternatif enerji kaynaklarını; teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal-politik olmak üzere dört temel ölçüt altında değerlendirmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerini içeren iki aşamalı değerlendirme metodunun sonucu olarak rüzgâr enerjisinin en uygun alternatif enerji kaynağı olduğu saptanmıştır [81].

Engin vd. (2018) çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak en uygun sürdürülebilir enerji alternatifini saptamaya çalışarak geçtiğimiz yirmi senelik alan yazını tarayarak Türkiye'deki çalışmaları incelemiştir. Sürdürülebilir enerji sistemlerinde çok kriterli karar verme kullanımında; ölçüt seçimi, ölçüt ağırlıklandırılması, alternatiflerin değerlendirilmesi ve son olarak birleştirme olmak üzere aşamalı bir yöntem uygulanmaktadır. Enerji tedarik sistemlerinde ise sosyal, teknik, ekonomik ve çevresel ölçütler kullanılmaktadır [82].

Baysal ve Çetin (2018) çalışmalarında çoklu amaçlı MILP model kullanarak karbondioksit emilimi azaltılması, güç tüketiminin artırılması, güç tesislerinin artırılması, enerji üretiminin artırılması ve kurulmuş kapasite olarak belirlenmiş beş hedefi eş zamanlı olarak en uygun hale getirmişlerdir. Tarif edilen modelde, Türkiye'deki yenilenebilir güç tesisleri ve Türkiye'de en çok paylaşıma sahip fosil yakıt bazlı güç tesisleri hesaba katılarak çözülmüştür. Bu hedeflerin önceliklerini belirlemek için Liou ve Wang'ın (1992) bulanık sayılar için Sıralama Yaklaşımı kullanılmıştır. Ayrıca Türkiye'deki yenilenebilir güç tesislerinin planlama yatırımını önceliklendirmek için Bulanık AHP yönteminden yararlanılmıştır [83].

Akdağ ve İskenderoğlu (2018) nükleer enerji tüketimi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki korelasyonu incelemişler ve sonuç olarak yenilenebilir enerji tüketiminin GSYH ile olumlu ve anlamlı bir etkisinin olduğu, nükleer enerji tüketiminin ise anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Buna göre ülkelerin yüksek büyüme düzeyleri için yenilenebilir enerji tüketimine daha çok konsantre olmalarına yönelik bir yöntem yürütmelerinin önemini vurgulamıştır [5].



Önder ve Ocak (2018) sürdürülebilir enerji kaynaklarının avantajlarını inceledikleri çalışmalarında enerji kaynakları ve türlerini belirterek fosil kaynaklar ile kıyaslandığında sürdürülebilir enerji kaynaklarının üstünlüklerini ortaya koymuştur [6].

Şahin (2019) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Potansiyelin Değerlendirilmesine Yönelik Politikalar adlı tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil enerji kaynakları ile kıyaslandığında çevreye zarar vermeyen ve temiz olduğu gibi yerli olmaları nedeniyle de dışa bağımlılığı aza indiren, ekonomik kalkınmaya fayda sağlayan ve de istihdam oluşturacak önemli bir kaynak çeşidi olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca yenilenebilir kaynakların dünyada tercih nedeni olmasını bu kaynakların tükenmeksizin devamlı olarak üretimde kullanılabilmesine bağlamıştır [7].

Erkin (2019) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Karabük İli Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması adlı tez çalışmasında Türkiye’de ve Karabük ilinde yenilenebilir enerji yöntemlerinin ortaya çıkarılması adına bugüne dek yapılan çalışmalar incelenmiş; ihtiyaç duyulan enerjilerin karşılanmasında sürdürülebilir enerji kaynaklarının önemi ile payı araştırılmıştır. Ayrıca enerji gereksinimi için kullanılacak kaynaklar ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır [42].

Tunç vd. (2019) çalışmalarında Türkiye’deki yenilenebilir enerji yasalarının gelişimi incelenmiş olup güneş enerjisinden elde edilen lisanslı ve lisanssız elektrik üretimi için uygulama basamakları tanıtılmıştır. Pilot bölge olarak belirlenen İstanbul’da güneş enerjisi güç tesisinin uygulanmasının ilk adımı olarak 10 etki faktörü tanımlanmıştır. Etki faktörleri AHP yöntemi kullanılarak ağırlık kazanmıştır. Aynı zamanda bu belirlenmiş etki faktörleri; çalışma boyunca uygulanan “Güneş Enerjisi Güç Tesisi Seçim Faktörlerinin Değerlendirilmesi” anketinin sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde elde edilen ağırlıklarla karşılaştırılmıştır. Ağırlıklar elde edildikten sonra, ilgili data toplanarak gerekli analizler GIS yazılımı aracılığıyla yapılmıştır ve güneş enerjisi tesisi için İstanbul’da en uygun yerler sağlanmıştır [84].

Budak vd. (2019) çalışmalarında analitik hiyerarşi prosesini kullanarak yenilenebilir enerjyi değerlendirmek ve bir şehrin enerji alternatiflerini belirlemek üzere sistematik bir yaklaşım geliştirip uygulamışlardır. Metodoloji uzman verileri ve data analizlerini entegre ederek yenilenebilir enerji gelişimi için karar vericilere uzun dönem stratejilerini oluşturmalarında yardımcı olmaktadır. Çalışmanın sonucunda karar destek sistemi; Çin’de Chengdu, Türkiye’de Eskişehir ve Amerika’da Chicago olmak üzere üç şehre uygulanmıştır. Sonuçlar bu üç şehir için; enerji verimliliğinin ilerlemesi ile güneş ve rüzgâr enerjilerinin gelişiminin en çok tercih edilen enerji alternatifleri olurken, nükleer ve hidroelektrik enerjilerinin ise en az tercih edilen enerji alternatifleri olduğunu göstermektedir [85].

Liu ve Lee (2019) çalışmalarının sonucunda kritik faktörü bularak yenilenebilir enerji uygulamalarının ve ulusal enerji rekabetinin nitelik ve niceliğini geliştirmek üzere gelecekte güneş enerjisi gelişimi için stratejiler ileri sürmektedir. Bu çalışma ilgili çevresel enerji sistemlerine referans sağladığı gibi gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkelere güneş enerjisi teknoloji değerlendirmesi ve geleceğin hava durumu uygulamalarına erişimlerini de sağlamaktadır [86].

Solangi vd. (2019) AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullandıkları çalışmalarında Delphi metodu ile kriterler belirlemiştir. Dört ana, 20 alt kriterin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi ile de yenilenebilir enerji kaynaklarının kriterler bazında sıralaması yapılmıştır. Pakistan’da uygulanan bu çalışma sonucunda elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinin en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olduğu ortaya çıkmıştır. Bunu sırasıyla hidroelektrik, güneş, biyokütle ve jeotermal enerji kaynakları takip etmektedir [87].

Hapsari ve Subiyanto (2019) çalışmalarında güneş fotovoltaik güç sistemi ya da PV sistem olarak adlandırılan ve güneş enerjisi elde etmek amacıyla kullanılan bir BAPV sisteminin sahip olduğu beş farklı tipteki PV sisteminden, en iyi ve uygulanabilir olanın seçimi yapılmıştır. Bulanık AHP yönteminin kullanıldığı bu çalışmada teknik, ekonomik, çevresel ve boyutsal sistemden oluşan dört ana kritere bağlı 13 alt kriterin değerlendirilmesi yapılmıştır. BAHF sonucu önem derecelerinin belirlenmesi ile tercih edilebilecek sistem seçiminde en önemli kriterin teknik kriter olduğu saptanmıştır [88].

Ayağ ve Samanlıoğlu (2020) alışmalarında, benzer avantajlarından dolayı AHP ve GRA yöntemleri beraber kullanılmıştır. Ancak karar vericilerin düşüncelerinin daha gerçeğe yakın bir şekilde belirtilmesi amacıyla bu yöntemler bulanık mantık ile entegre edilmiştir. Türkiye’de yapılan bu çalışmanın amacı Bulanık AHP ve GRA yöntemleri kullanarak enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde entegre bir yaklaşım sunmaktır [89].

Bu alışma, yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-elik sektöründeki durumunu analiz etmek amacıyla hazırlanmış olup uygulamada Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi kullanılmıştır. Demir-elik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmemesinin ya da düşük yüzdelerde tercih edilmesinin nedenleri analiz edilmiştir. Ayrıca bu çalışma, demir-elik sektrzeline yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve bu sektrnnc şehirlerinden olan Karabük ilinde uygulanması bakımından dazgnlk taşımaktadır.

## BÖLÜM 4

### DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ

Günümüze gelene değin birçok sektörün ilerlemesinde katkısı bulunan demir-çelik sektörü hem Dünya hem de ülkemiz için oldukça önemli bir sanayi koludur. Ülkelerin gelişimlerinde, ekonomik durumlarında doğrudan etkisi bulunan bu sektörün, çok sayıda sanayi koluyla bağı bulunmaktadır. Dolayısıyla dünyada meydana gelen pek çok olaydan etkilenme ve pek çok durumu da etkileme oranı fazladır. Demir-çelik sektörü, teknolojinin gelişmesiyle kullanım alanını daha büyüterek ülkelerin rekabet gücüne katkıda bulunmaktadır [90].

Ürün yelpazesi geniş olan demir-çelik sektöründe çeşitli ara, ana ve yan mamullerin üretimi sağlanmaktadır. Ama her hammaddenin aynı metotlarla işlenmesi pek mümkün değildir. Bu yüzden hammadde çeşidine göre üretim metodu değişmektedir [91].

Dünya genelinde dört ana çelik üretim yöntemi bulunmaktadır [92].

- Klasik yöntem- Bazık Oksijen Fırını (BOF)
- Elektrik Ark Ocağı (EAO)- Hurdanın doğrudan ergitilmesi
- Döküm indirgeme
- Doğrudan indirgeme

Çelik üretimin gerçekleştiği kuruluşlar genellikle iki sınıfa ayrılmıştır [92].

- Birincil çelik üreticileri- Entegre tesisler
- İkincil çelik üreticileri- Mini-haddehaneler

BOF temelli tesislerde demir cevheri, parça metal ve taş kömürü kullanılmaktadır. Dünya genelinde daha fazla tercih edilmekle beraber, ülkemizin üç önemli demir-çelik işletmesinde de bu yöntem kullanılmaktadır. EAO temelli tesislerde hurda metal kullanılarak sıvı çelik üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde sıvı çelik üretiminde yüksek oranda BOF temelli entegre tesisler kullanılsa da bir kısmı da EAO temelli tesislerde yapılmaktadır. Toplam ham çeliğin yaklaşık olarak %74 kadarı BOF temelli entegre tesislerde, %25 kadarı EAO temelli tesislerde ve geri kalan kısmı da diğer tesislerde üretilmektedir [91,93].

İki sınıfa ayrılan çelik üretim tesislerinden entegre tesislerde kok ve demir cevherinin, yüksek fırın ve BOF ile dönüşümü sağlanmaktadır. Mini-haddehanelerde çoğunlukla EAO, haddeleme ve sonlandırma tesisleri bulunmakta ve ekseriyetle hurda kullanılmaktadır [92].

Demir cevherinin yeryüzüne çıkartılıp yoğunlaştırma işlemi geçirdikten sonra dökme, dövme, haddeleme, çekme gibi çeşitli metotlar kullanılarak üretim sağlanan demir-çelik sektörüne, eski çalışma alanlarının yanında teknoloji ile ilgili alanlarda da ilgi artmaktadır [91].

Teknolojik olarak ileri düzeyde olan ülkeler demir-çelik üretim anlayışı kapsamında, fazladan ziyade değerli olanı hedeflemişlerdir. Bu ülkelerde nitelikli, paslanmayan, farklı özelliklere sahip çelik ürünler üretmek daha ön planda tutulmaya başlanmıştır. Ancak ülkemizin de içinde olduğu henüz gelişmesini tamamlamamış ülkelerin, büyük oranda fazla üretime odaklanmış oldukları görülmektedir [90].

Demir-çelik sektöründe elde edilen ürün kadar üretim sırasında kullanılan kaynaklar da oldukça önemlidir. Yoğun enerji gerektiren bu sektörde kullanılan enerji kaynakları aynı zamanda rekabet gücü de sağlamaktadır. Kalite, maliyet, kalifiye iş gücü, hammaddeye yakınlık, deneyim, teknolojik gelişim, pazara yakınlık durumu, fiyat gibi unsurlar rekabet avantajı sağlamak konusunda etkili olmaktadır. Bugün otomotiv, inşaat, beyaz eşya gibi birçok sektöre ana girdi temin eden demir-çelik sektöründe devamlı artış eğilimi gösteren enerji maliyetleri, geleneksel teknolojilere kolayca ulaşılabilmesi, üretim aşamalarında çevreye yayılan zararlı gazlardan dolayı baskıların

artması rekabeti her geçen gün zorlaştırmaktadır [94]. Buna rağmen enerji üretiminde hâlâ yoğun olarak fosil kaynakların kullanımı devam etmektedir. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla tercih eden ülkeler rekabet avantajı sağlayarak pazarda hakimiyet kurmaktadır.

Günümüzde demir-çelik sektöründe yenilenebilir kaynakların hâlâ istenilen düzeyde kullanılamamasının önünde birtakım sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlar genellikle teknik, ekonomik ve çevresel nedenlerden kaynaklanabildiği gibi sosyal nedenlerden de kaynaklanabilmektedir. Yetersiz teknolojiye sahip olmak ve teknolojinin geliştirilmesi konusunda birtakım engeller yaşamak, enerji santrallerinin kurulum maliyetleri, yenilenebilir kaynak kullanımı hakkında yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması, altyapı yetersizliği ya da rezerv potansiyeli hakkında yeterli bilgiye sahip olunmaması, kamuoyu görüşünden çekinmek gibi etkenler demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterli düzeyde kullanılamamasına sebep olmakla birlikte, güçlü ekonomi, pazar hakimiyeti ve rekabet avantajının da azalmasına yol açmaktadır.

#### **4.1. Dünyada Demir-Çelik Sektörü**

Dünya çapında çelik üretimi sağlayan 65 ülke tarafından 2018 yılında 1,8 milyar ton toplam ham çelik üretilmiş ve dünya genelinde üretilen çelik miktarında yükseliş meydana gelmiştir. Bu yükselişte payı fazla olan ülkeler genellikle Asya, Kuzey Amerika ve Orta Doğu'da yer almaktadır. Ancak AB ülkeleri bu yükselişe eşlik edememiş hatta negatif etkide bulunmuştur. Bölgelerin 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirdiği çelik üretim miktarları Çizelge 4.1.'de gösterilmektedir [93].

Çizelge 4.1. Bölgelere göre çelik üretimi [93].

<b>Bölgeler</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>AB (28 ülke)</b>	168,5	168,0
<b>Diğer Avrupa ülkeleri</b>	40,6	40,8
<b>B.D.T.</b>	100,8	101,1
<b>Kuzey Amerika</b>	115,8	120,5
<b>Güney Amerika</b>	43,7	44,3
<b>Afrika</b>	13,6	14,5
<b>Orta Doğu</b>	32,0	36,1
<b>Asya</b>	1191,8	1258,0
<b>Okyanusya</b>	5,9	6,3
<b>Dünya (65 ülke)</b>	1729,8	1808,6

2017 ve 2018 yıllarına göre AB ülkeleri hariç diğer tüm bölgelerde çelik üretimi artış göstermiştir. Dünyadaki 65 ülkenin toplam çelik üretiminden sonra en fazla çelik üretimi Asya bölgesinde gerçekleşmiştir. Okyanusya ise en az üretimin gerçekleştiği bölgedir.

Dünya genelinde ham çelik üretiminde ilk 10 sırayı oluşturan ülkelerin 2018 yıllık üretim miktarları [93] ile 2020 yılının şubat ayına kadar gerçekleştirilen aylık ham çelik üretimi [95] Çizelge 4.2.'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Ham çelik üretiminde ilk 10 ülkenin 2018 yıllık üretimi [93] ile 2020 aylık üretimi [95].

	<b>2018</b> (Milyon ton/yıl)		<b>2020</b> (Bin ton/ay)
<b>Çin</b>	928,0	<b>Çin</b>	74773
<b>Hindistan</b>	106,0	<b>Hindistan</b>	9560
<b>Japonya</b>	104,0	<b>Japonya</b>	7916
<b>ABD</b>	86,7	<b>ABD</b>	7168
<b>Güney Kore</b>	72,5	<b>Rusya</b>	5815
<b>Rusya</b>	71,7	<b>Güney Kore</b>	5480
<b>Almanya</b>	42,4	<b>Almanya</b>	2920
<b>Türkiye</b>	37,3	<b>Türkiye</b>	2851
<b>Brezilya</b>	34,7	<b>Brezilya</b>	2770
<b>İran</b>	25,0	<b>İran</b>	2710

2018 yılı ham çelik üretiminde lider ülke Çin, 2020 yılına da lider olarak devam etmektedir. Ham çelik pazarının ilk 10 ülkesinden biri olan Rusya 2018 yılında altıncı sırada yer alırken, 2020 yılının şubat ayına kadarki zaman diliminde bir sıra yükselerek beşinci sırada yer almıştır. Güney Kore ise tam tersi bir eğilim göstererek 2020 yılının

ilk aylarında altıncı sıraya düşmüştür. Türkiye ham çelik üretim pazarında sekizinci ülke konumunda yer almaktadır.

İnşaat, ulaştırma, otomotiv ve makine sanayii gibi pek çok sektörde yer alan çelik ürünlerinin tüketimi büyük bir hızla artış göstermektedir. Dünya genelinde kişi başına düşen ham çelik 230 kg civarına ulaşmıştır. 2017 yılında en fazla çelik üretiminin gerçekleştiği bölge olan Asya'da (Bknz. Çizelge 4.1.) kişi başına ham çelik tüketimi 275,9 kg'dır. 2017 yılında en düşük kişi başı ham çelik tüketimi 30,3 kg ile Afrika bölgesi gerçekleşmiştir. 2018 yılında ülkelere göre çelik tüketiminde de lider ülke Çin olmuştur. Çelik tüketiminde ilk 10'da yer alan ülkeler Çizelge 4.3.'te gösterilmektedir [93].

Çizelge 4.3. Ünelere göre ham çelik tüketimi (Milyon ton) [93].

Üneler	2018 (Milyon ton)
Çin	835,0
ABD	100,2
Hindistan	96,0
Japonya	65,4
Güney Kore	53,6
Rusya	41,2
Almanya	40,8
Türkiye	30,6
İtalya	26,4
Meksika	25,4

2018 yılı ham çelik tüketiminde lider olan Çin'i ABD takip etmektedir. En fazla çelik üretimi yapan ikinci ülke olan Hindistan ise tüketimde üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye çelik üretiminde olduğu gibi tüketimde de sekizinci sırada yer almaktadır.

Çin'in zaman içerisinde çelik üretim kapasitesi artış göstermektedir. Bu durum dünya genelinde üretim kapasitelerinde sorun yaşanmasına sebep olmaktadır. Buna rağmen yakın zamanda kapasitelerde yükseliş meydana gelmiştir. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) Çelik Komitesinin analizlerine göre günümüz dünyasında çelik kapasitesi %75 civarında kullanılmaktayken yaklaşık 10 yıl içinde %78 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir [93].



## 4.2. Türkiye’de Demir-Çelik Sektörü

Ülkemizde demir-çelik sektörüne atılma girişimleri ilk kez 1932 yılında Kırıkkale’de gerçekleşmiştir. Askeri Fabrikalar Müdürlüğü’ne ait fabrika kurularak savunma endüstrisinin çelik gereksiniminin karşılanması amaçlanmıştır. Her çeşit takım çelikleri, makine yapı çelikleri ile çok az sayıda inşaat demiri imali gerçekleşen bu fabrika ile demir-çelik endüstrisine etkili bir girişimde bulunulmuştur. Sonrasında 1935 yılında Sümerbank’a ait olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları, demir-çelik endüstrisinde milli bir gereksinimi gidermek amacıyla kurulmuş olup Türkiye Cumhuriyeti’nde demir cevheri üretimine imkân sağlamıştır. Bu fabrikanın maden kömürü bakımından verimli bir bölgenin civarında bulunmasına ek olarak demiryoluna uzak olmayışı da birçok açıdan uygun bir konumda yer aldığını göstermektedir. 1 Haziran 1939 itibarıyla 150bin tonluk üretme gücü ile çalışmaya başlanmıştır [90].

Ülkemizde üretilen uzun ürünlerin dış ülkelere satımı gerçekleşmekte ancak yassı ürünler sadece kendi gereksinimimizi karşılayacak yeter güçte üretilmektedir. Fakat yassı ürünler ekonomik olarak değerlendirildiğinde çok daha kârlı olmaktadır. Çelik pazarında rekabet gücünü eline geçirme fırsatı sunan bu ürünlerin üretimine yönelik çalışmalar yapılması üzerinde durulmaktadır. Ülkemizde üretimi yapılan ham çelik miktarının, uzun ve yassı ürünler ile bu üretimlerde tercih edilen metotlara yönelik analiz Çizelge 4.4.’te verilmektedir [93].

Çizelge 4.4. Türkiye’de ürün ve yöntem bazlı yıllık ham çelik üretimi (Milyon ton) [93].

	2015	2016	2017	2018
Uzun	23,231	23,015	25,839	24,669
Yassı	8,286	10,148	11,685	12,643
<b>TOPLAM</b>	<b>31,517</b>	<b>33,163</b>	<b>37,524</b>	<b>37,312</b>
EAO	20,482	21,846	25,963	25,799
BOF	11,035	11,317	11,561	11,513
<b>TOPLAM</b>	<b>31,517</b>	<b>33,163</b>	<b>37,524</b>	<b>37,312</b>

Ülkemiz çelik üretiminde farklı yöntem ve ürün çeşidi olmakla beraber toplam üretimde artışlar yaşanmaktadır. 2018 yılında belli oranda düşüş gerçekleşmesine

rağmen 37,3 milyon tonluk çelik üretimi ile 2015 yılına kıyasla (31,517 milyon ton) oldukça fazla üretim gerçekleşmiştir. Yassı ürünler için kullanılan çelik miktarı 2018 yılında 12,6 milyon tona ulaşmıştır. Uzun ürün çeşitlerinde ise bu miktarın neredeyse iki katı (24,6 milyon ton) kadar çelik kullanılmaktadır. EAO temelli tesislerde kullanılan çelik miktarı, BOF temelli tesislerde kullanılan miktarlardan her zaman çok daha fazla olmuştur. 2018 yılında bir önceki yıla kıyasla hem EAO hem de BOF temelli tesislerde kullanılan çeliklerde düşüş yaşanmıştır.

2018 yılı ile birlikte ülkemizde demir cevherini kaynak olarak kullanan üç tane Entegre Demir-Çelik tesisi ve 31 tane de hurdayı kullanarak çelik üretimi gerçekleştiren İndüksiyon ve Elektrik Ark Ocaklı tesis çalıştırılmaktadır. Aşağıda Şekil 4.1.'de Türkiye haritası üzerinde çelik bölgeleri gösterilmektedir [93].

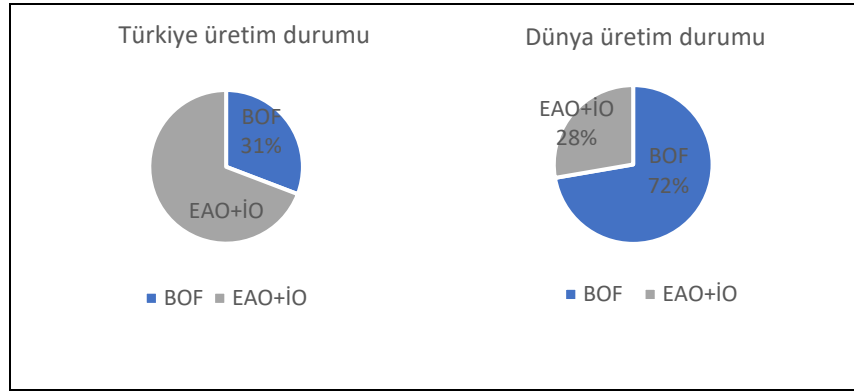


Şekil 4.1. Türkiye çelik haritası [93].

Türkiye çelik üretimi olarak dört bölgeye ayrılmıştır. Marmara Bölgesi 15,2 milyon ton üretim kapasitesine sahiptir. 11,3 milyon ton üretim kapasiteli İzmir Bölgesinde yer alan tesislerin çoğu bir milyonun altında kapasite ile çalışmaktadır. Kapasitesi en yüksek olan İskenderun Bölgesinde yer alan çoğu tesis ise bir milyon üzerinde kapasiteye sahiptir. Toplamda 16,7 milyon ton kapasitesi olan bu bölge, aynı zamanda en fazla sayıda iki milyon ve üstü kapasitesi bulunan çelik üretim tesisini de elinde bulundurmaktadır. Toplam kapasitesi en düşük bölge Karadeniz Bölgesidir. 8,7

milyon ton kapasitesi olan Karadeniz Bölgesi çoğu kapasitesini, iki milyon üzerinde gücü bulunan Ereğli ve Karabük noktalarından elde etmektedir.

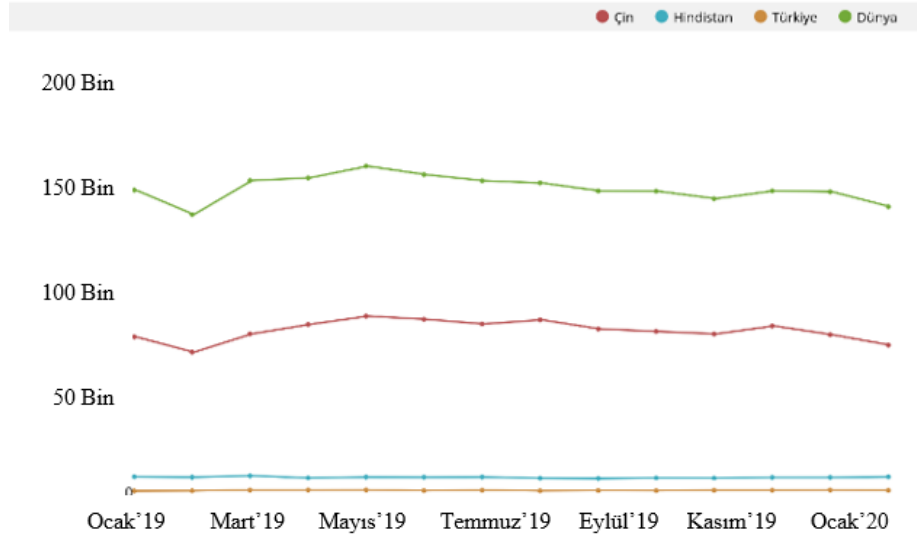
Ülkemizin ham çelik üretim kapasitesi 2013 yılında 49,2 milyon ton iken 2018 yılında 51,8 milyon tona yükselmiştir. Üretim kapasitemizde 2013 yılından bu yana sadece 2017 yılında (51,1 milyon ton) önceki yıla göre (51,5 milyon ton) bir miktar düşüş yaşanmıştır. Ürün çeşidi bakımından üretim kapasitesi değerlendirildiğinde 18,3 milyon ton yassı ürünler, 33,5 milyon ton uzun ürünler kapasitesi ile %72 kapasite kullanım payı oluşmuştur. Üretim metodu açısından Türkiye Dünya ile karşılaştırıldığında bir karşıtlık söz konusudur. Şekil 4.2.'de Türkiye ile Dünyanın üretim yöntemi açısından durumları gösterilmektedir [93].



Şekil 4.2. Türkiye ve dünyanın çelik üretim durumları [93].

Türkiye'de BOF yöntemi ile çelik üretimi %31 seviyesinde iken dünyada bu yöntem ile %72'lik bir oranla üretim yapılmaktadır.

Ülkemizin ham çelik üretimde lider ülkeler ve dünya ile kıyaslanmasını gösteren grafik Şekil 4.3.'te gösterilmektedir [95].

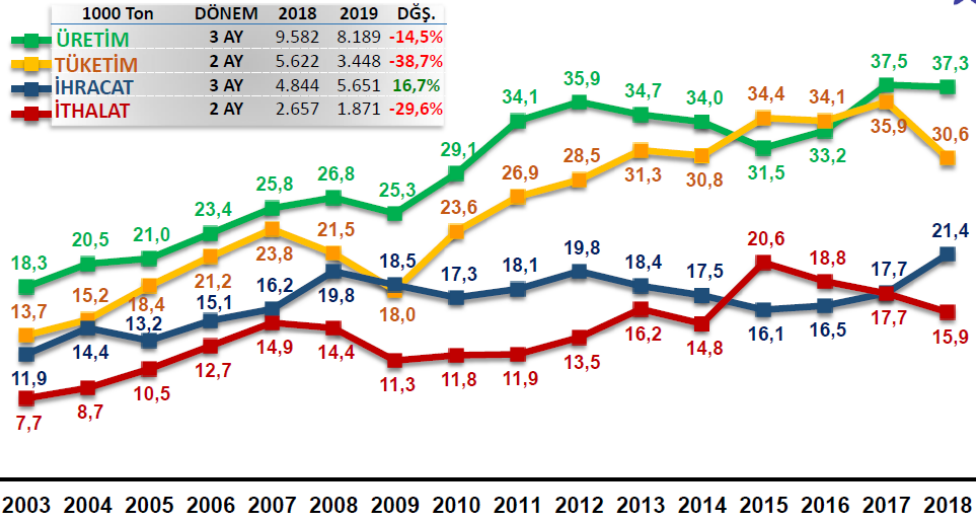


Şekil 4.3. Türkiye'nin aylık ham çelik üretimindeki yeri (Bin ton) [95].

Ham çelik üretiminde dünya lideri olan Çin ve onu takip eden Hindistan ile ülkemiz, son bir yıl içindeki aylık çelik üretimi bakımından karşılaştırıldığında bu ülkelerden oldukça geride olduğumuz görülmektedir.

Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD) tarafından hazırlanan çalışma kapsamında ülkemizdeki nihai ürün tüketimi analiz edilmiştir. 2000-2018 yıl aralığından elde edilen veriler neticesinde uzun ürün tüketiminin %51,7; yassı ürün tüketiminin %48,3'lük bir oranda artış yaşadığı görülmüştür. Ancak 2018 yılında uzun ürün tüketiminde (15,8 milyon ton) bir önceki yıla oranla %12,8'lik bir düşüş (18,1 milyon ton) yaşanmıştır. Yassı ürün tüketiminde ise düşüş oranı %17 civarında seyretmiştir. Türkiye çelik sektörünün 2003-2018 yılları arasında yaşanan gelişmeleri gösteren grafik Şekil 4.4.'te gösterilmektedir [93].

Miktar: Milyon Ton



Şekil 4.4. Türkiye çelik sektörü genel durumu [93].

Türkiye çelik sektörünün 2003-2018 yıl aralığı bazında yapılan analiz sonucuna göre üretim, tüketim, ihracat ve ithalat oranları hesaplanmıştır. Buna göre ülkemizde çelik üretiminin 2009 yılına kadar artış gösterdiği, 2009 yılında (25,3 milyon ton) bir önceki yıla göre (26,8 milyon ton) düşüş yaşandığı görülmektedir. Daha sonraki dönemde 2012 yılına kadar artan üretim miktarında 2015 yıl sonuna kadar daha sert düşme yaşanmış ancak bu tarihten günümüze kadar olan süreçte yeniden üretim miktarı artışlar gerçekleşmiştir. Tüketilen çelik miktarı da hemen hemen üretim miktarıyla paralellik göstermiştir. 2009 yılında en düşük değeri gören (18 milyon ton) tüketim miktarı 2017 yılında ise maksimum seviyeye (35,9 milyon ton) ulaşmıştır. 2017'den günümüze değin çelik tüketiminde azalma yaşanmaktadır. 2014 yılına kadar ihraç edilen çelik miktarı, ithal edilenden daha fazla olmuştur. Ancak 2015 yılında satın alınan çelik en yüksek seviyeye (20,6 milyon ton) ulaşmıştır. Bu yılda ihracat miktarı ise oldukça düşüktür (16,1 milyon ton). Sonraki dönemlerde ithal edilen çelik miktarı sürekli artarken, ihraç edilen miktar ise azalmaya başlamıştır.

### 4.3. Demir-Çelik Sektöründe Enerji

Demir-çelik sektörü, enerji kullanımının oldukça fazla olduğu sektörler biridir. Bu sektörde ihtiyaç duyulan enerji, kullanılan üretim yöntemi çeşitlerine göre farklı kaynaklar gerektirmektedir. BOF temelli tesislerde enerji kaynağı olarak daha çok

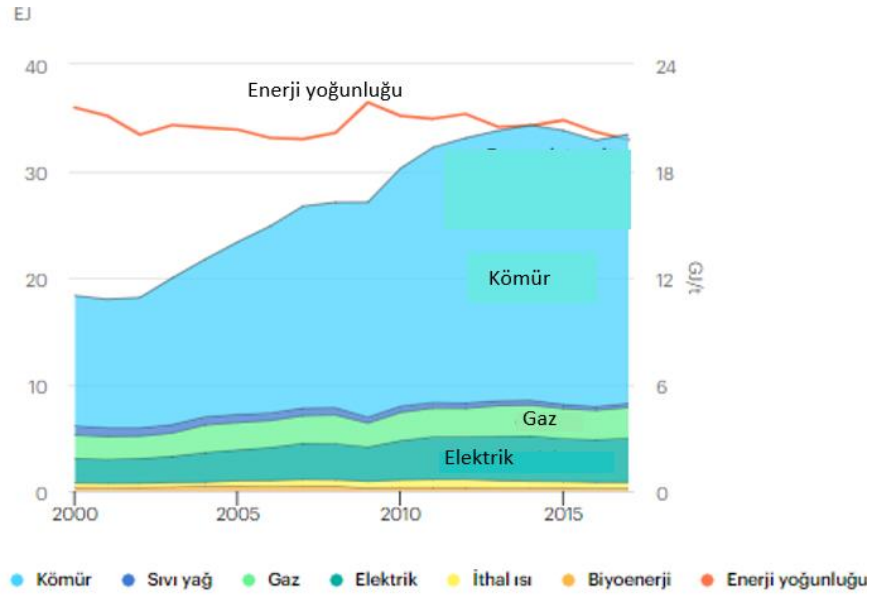
kömür kullanılırken, EAO temelli tesislerde elektrik enerjisi daha fazla kullanılmaktadır. Aşağıda Çizelge 4.5'te tesislerdeki enerji kullanım farklılıkları gösterilmektedir [93].

Çizelge 4.5. Demir-çelik tesislerinde kullanılan enerji kaynakları [93].

<b>ENERJİ TÜKETİMİ</b>	<b>BOF temelli tesisler (1 ton ham çelik için)</b>	<b>EAO temelli tesisler (1 ton ham çelik için)</b>
<b>Elektrik (%)</b>	5	65
<b>Doğalgaz (%)</b>	15	30
<b>Motorin (%)</b>	-	5
<b>Kömür (%)</b>	75	-
<b>Petrol (%)</b>	5	-
<b>Maliyet içindeki payı (%)</b>	20	15
<b>TOPLAM (Mcal)</b>	5450	570

BOF temelli tesislerde daha fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Bu tesislerde üretilen her bir ton ham çelik için gerekli enerjinin %75'i kömürden elde edilmektedir. Daha az enerji gereksinimi olan EAO temelli tesislerde ise gerekli enerjinin %65'i elektrikten sağlanmaktadır.

Demir-çelik sektöründe kömür, demir cevherinden demir elde etmek ve çelik için gerekli olan karbonu temin etmek amacıyla kolaylaştırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Daha fazla enerji tüketilen BOF temelli tesislerde, enerji ihtiyacının büyük bir oranı kömür tarafından karşılanmaktadır. Demir-çelik sektöründe genel olarak enerji talebini karşılayan kaynaklar ve enerji yoğunluğunu gösteren grafik Şekil 4.5'te gösterilmektedir [96].



Şekil 4.5. Demir-çelik sektöründe enerji kaynakları ve kullanılan enerji yoğunluğu [96].

Şekil 4.5.'te gösterilen 17 yıllık süreçte demir-çelik sektöründe enerji yoğunlukla kömür tarafından sağlanmaktadır. 2010 yılından sonra enerji ihtiyacının kömürden karşılanmasında artış yaşanmıştır. Elektrik enerjisi, doğalgaz ya da diğer kullanılan kaynaklar açısından zaman içinde pek değişim yaşanmamıştır.

Yoğun enerjiye gereksinimi olan demir-çelik sektöründe, talebi karşılayacak kaynaklar çoğunlukla fosil kaynaklardan oluşmaktadır. Bu duruma neden olan pek çok teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel sebepler bulunmaktadır. Ar-Ge çalışmaları için gerekli teknolojinin eksikliği, yeterli düzeyde gerçekleştirilemeyen fizibilite çalışmaları, bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının inşaat sürelerinin uzun olması ya da insan gücü yetersizliği teknik açıdan yenilenebilir kaynakların daha düşük oranlarda tercih edilmesinde etkili olabilmektedir.

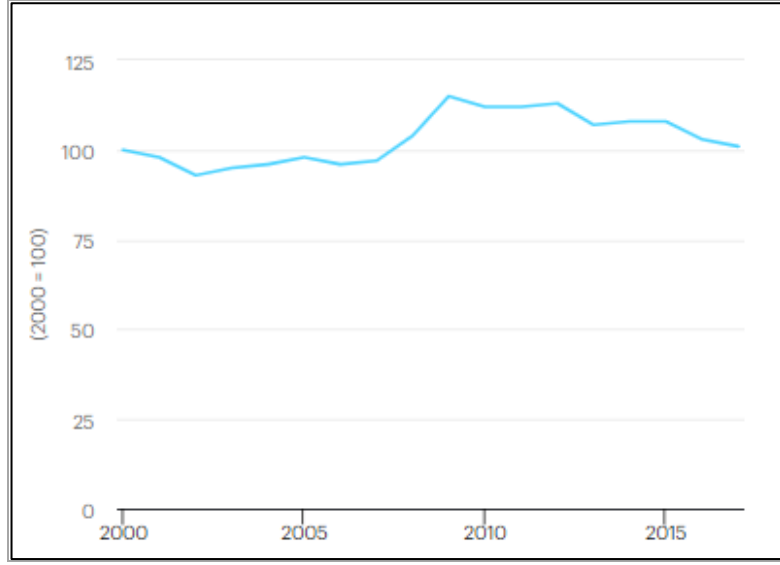
Ülkelerin ekonomik olarak yaşadıkları birtakım sıkıntılar da yenilenebilir kaynakların tercihinde rol oynayan faktörlerdendir. Enerji kaynaklarının ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle bu yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağı düşünülmesi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranını düşürmektedir. Aslında bu durum teknik olarak yetersiz çalışmalardan da kaynaklanacağı gibi bu kaynakların üretim ve kullanımları ile ilgili devlet kurumları

tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın henüz yeterli seviyeye ulaşamamasından da kaynaklanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlarda, yatırımcılara sürdürülebilir finans sağlamada kolaylık sunularak, teknolojik olarak gelişme sağlanması için yeterli destek verilerek ya da kredi ve finansman düzenekleri yeterli düzeye ulaştırılarak yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe daha fazla tercih edilmesi sağlanabilir.

Bazı çevresel sebepler de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını düşürmektedir. Kurulacak yenilenebilir kaynaklı enerji santrali için alt yapının yetersiz olması ya da rezerv potansiyelinin yeterli olmadığının düşünülmesi bu kaynakların daha az tercih edilmesine sebep olmaktadır. Rüzgâr ve güneş gibi enerji kaynaklarını yakından ilgilendiren hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretiminin, demir-çelik sektörünün devamlı ve yoğun enerji gereksinimini sektöre uğratabileceği düşüncesi, fosil kaynaklara yönelimi arttırmaktadır. Ayrıca kurulacak yenilenebilir enerji kaynağının kamuoyunda yaratacağı etkiden çekinmek, enerji kaynağının görüntü ve gürültü kirliliği yaratabileceği fikri bu kaynakların tercih edilmesini etkilemektedir.

Yaklaşık son 10 yıldır çeliğin enerji yoğunluğunun aşamalı bir şekilde azalması yani çelik enerji verimliliğinin yükselmesi, üretimin büyümesini sağlayarak toplam enerji talebini ve atmosfere salınan karbondioksit miktarını arttırmıştır. Aşağıda Şekil 4.6.'da demir ve çelikteki doğrudan karbondioksit yoğunluğu gösterilmektedir [97].





Şekil 4.6. Demir ve çelikte doğrudan CO<sub>2</sub> yoğunluğu [97].

Üretimin daha fazla gerçekleşmeye başlaması ile enerjiye olan gereksinim de artmış ve bu durum CO<sub>2</sub> emisyonlarının da artmasına sebep olmuştur.

Enerji verimliliği iyileştirme çalışmaları ve daha düşük seviyede enerjiye ihtiyaç duyulan EAO temelli tesislerin daha çok üretime katılması ile havaya salınan karbon oranında kısa süreli de olsa bir azalma sağlanması mümkündür [96]. Daha uzun vadede ise EAO temelli tesislerin kullanımının artırılması hurda toplanması ve geri kazanımı konusunda iyileştirmeleri de beraberinde getirecektir. Çelik üreticilerinin atık toplayıcılarla ortaklaşa çalışmaları ile hurdaların geri kazanıma katılmasını sağlamaları, mühendislerin geri dönüşüme uygun tasarımlara imza atmaları ile tedarik zincirinin her halkasını oluşturan ekibin beraber çalışması, genel çelik talebinin azalmasına katkı sağlayacaktır [97].

Demir-çelik sektöründe kullanılan ileri teknoloji ve yöntemler, üretimde verimliliğin artırılmasına, daha az enerjiye ihtiyaç duyulmasına ve geri dönüşüme imkân vermektedir. Bu sayede doğal kaynakların korunması sağlanmaktadır [98].

Başarılı çelik şirketleri 1960 yılından bu yana çok miktarda üretilen ham çelik başına kullanılan enerjide %60 civarında düşürme gerçekleştirmişlerdir. Günümüzde dünya çelik sektörü geri dönüşüme oldukça önem vermektedir. Ortalama 1,7 milyar ton ham

çelik üretimi için 2 milyar ton civarında demir cevheri, 1 milyar ton metalürjik kömür ile geri dönüştürülmüş çelik kullanımının yaklaşık 575 milyon civarında olduğu öngörülmektedir. Demir-çelik sektöründe önemi büyük olan geri dönüştürülmüş çeliğin 2017 yılında ortalama 670 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu çeliğin 570 milyon ton civarı dünya çelik sanayisi tarafından, kalan miktarı da dökümhaneler ya da daha geri planda kalmış küçük işletmelerce değerlendirilmiştir [98].

Küresel ısınmaya sebep olan sektörlerin başında gelen demir-çelik sektörü, yetersiz teknolojiye sahiptir. Bu durum çelik imalinde açığa çıkan karbon salınımının azaltılamamasına ve iklimsel farklılıklar yaşanmasına sebep olmaktadır. Ancak giderek çevre konusunda daha fazla bilinçlenen işletmeler, demir-çelik üretiminde havaya salınan zararlı gazları azaltacak ve daha az enerji gereksinimine imkân sağlayacak teknolojik gelişmeleri Ar-Ge çalışmalarına dahil etmişlerdir [93].

Ülkemizde çevrenin korunması, hammadde ve enerji tasarrufu gibi konular üzerine çalışmalar yapmak amacı ile Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş., demir-çelik sektörüne özel ilk Ar-Ge merkezinin açılışını gerçekleştirmiştir. Son yıllarda atmosfere salınan karbon oranının düşürülmesi ve aynı zamanda istihdama da imkân sağlaması amaçlarıyla, metal sektöründe çok sayıda Ar-Ge merkezi açılmış ve 2018 yılında toplam 26 adet çalışma merkezi elde edilmiştir. Yine 2018 yılı ile birlikte sektör bazında beş adet tasarım merkezi hayata geçirilmiştir. Bununla birlikte üniversite-sanayi çalışmalarına olanak sağlayan, Karabük Üniversitesi Demir-Çelik Enstitüsü ile Atılım Üniversitesinde kurulan Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi demir-çelik sektörüne birçok Ar-Ge çalışmalarında yardımcı olmaktadır [93].

Türk Demir-Demirdışı Metal sektörünün 28.'si, Karabük'ün ise ilk Ar-Ge merkezi 2019 yılında açılmıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının, iki kademedен oluşan değerlendirme ve denetleme süreçleri sonrasında Karabük Demir-Çelik Fabrikalar A.Ş.'nin (KARDEMİR) tescil başvurusu kabul edilmiştir [99].

Karabük, Ereğli ve İskenderun Demir-çelik Fabrikaları üretimde yerli hammaddelerin kullanımına öncelik vermek amacıyla kurulmuşsa da günümüz dünyasının getirdikleri ile bu amaçtan sapılmıştır. Bu sebeple yatırım maliyeti daha cazip olan tesislerin (Ark

ocaklı tesisler) kullanımına yönelim artmış ancak bu durumda ihtiyaç duyulan hammaddenin ve elektrik enerjisinin üretim maliyetlerindeki oranı yükselmeye başlamıştır. Dolayısıyla demir-çelik üretim maliyetlerinde de artış yaşanmıştır [100]. Dökümde kullanılan sıvı metalin üretimi için de çoğunlukla elektrik enerjisinin kullanılması maliyetin artmasından etkilenmektedir. Bu sektörde elektrik enerjisine üst seviyelerde ihtiyaç olması sebebiyle, enerji üretiminde yabancı piyasalara bağımlı kalmaktadır [101].

Demir-çelik sektöründe kullanılan kömür, fuel-oil gibi içeriğinde kükürt bulunan yakıtların kullanılması havaya SO<sub>2</sub> gazının salınmasına sebep olmaktadır. 2017 yılında yayınlanan Karabük yerel haber kaynaklarına göre bu gazın havadaki oranında artış yaşanmıştır. Yetkililerce artış sebebi olarak Karabük'ün konumu ve mevsime bağlı olarak hava dolaşımının olmaması gerekçe gösterilse de bu artışın, Karabük'te bulunan demir-çelik fabrikalarında kullanılan kömür ve cevher kalitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir [102].

## BÖLÜM 5

### ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Toplumda herkes hem kendi hem de toplumsal gereksinimlerine cevap vermek amacıyla devamlı karar vermek zorunda kalmaktadır. Karar, bir durum veya problem hakkında analiz ederek varılan mutlak yargıdır. Karar verme durumu ise, karar vericinin farklı seçenekler içinden, kendi amaçlarına en elverişli, daha önceden kendi tarafından belirlenen kriterler bazında en uygun seçeneği seçebilmesi olarak ifade edilmektedir. Kişinin yaşama başlaması ile beraber oluşan karar verme durumu, farklı seçenekleri, seçim işlemini, bir fikrin meydana gelmesi halini, zaman zaman da belirli olmayan durumları göstermekte ve yaşam süresince farklı biçimlerde sürmektedir [103].

Bir hedefe erişebilme amacıyla var olan tüm imkanları kullanarak çeşitli seçeneklerden en uygun olanı seçme işlemi olarak ifade edilen karar verme aslında bir süreç içermektedir. Bu karar verme sürecinin adımları şu şekilde sıralanabilir [103].

- Problemin anlaşılması
- Problemin tespit edilmesi ve tanımının yapılması
- Seçeneklerin belirlenmesi
- Seçeneklerin değerlendirilmesi
- En uygun seçeneğin belirlenmesi
- Kararın değerlendirilmesi

Yukarıda ifade edilen süreç adımları, değerlendirilen problemin yapısına, biçimine ve içinde bulunduğu ortama göre değişebilmekte, bir veya birkaç adım göz ardı edilebilmektedir. Karar verme adımları her zaman bir standart içerisinde yer alamamaktadır.

Karar teorisi kavramı incelendiğinde, karar verme sürecinin analitik ve sistemselsel bir bakış açısının ürünü olduğu görülmektedir. Karar teorisinde matematiksel modeller kullanılarak en uygun kararın verilebilmesine olanak sağlanmaktadır. Bu teoriye göre verilecek iyi bir karar, mantığa uygun nicel bir yaklaşımla alternatifler içinden en uygun olanı seçilerek verilmektedir. İyi karar, sahip olunan tüm bilgiler ve seçeneklerin analiz edilerek mantıksal olarak alınan kararları ifade ederken; kötü karar ise, mantık çerçevesi içinde yer edinememiş, bulunan bilgilerin kullanılmadığı, bazı seçeneklerin göz ardı edildiği ve sayısal yöntemlerden yararlanılmadan alınan kararları ifade etmektedir. İyi bir karar verdiğini düşünen bir karar verici umulmadık bir sonuçla karşılaşabilmektedir. Nasıl ki bu durum mevcut kararın iyi olma halini değiştirmemekte, aynı şekilde rastlantı sonucu kötü bir kararın iyi bir şekilde vuku bulması da o kararın kötülüğünde bir fark yaratmamaktadır [103].

Karar problemleri, bir karar verme sürecinde birtakım unsurlar içerir. Aşağıda bu unsurlar belirtilmektedir [103].

- Karar verici: Herhangi bir konuda karar veren kişi/kişilerdir.
- Amaç: Karar vericinin hedeflediği durumu ifade eder.
- Karar kriteri (ölçütü): Karar vericinin seçenekleri değerlendirirken dikkate aldığı kıstaslardır.
- Alternatifler (seçenekler): Karar vericinin hedefini elde etmesi için kontrolü altında olan ve izlemesi gereken stratejilerdir.
- Olaylar (karar ortamı): Karar vericinin kontrol edemediği ancak seçenekler arasında tercihlerini etki eden faktörler, içinde bulunduğu karar ortamıdır.
- Sonuçlar (ödemeler): Seçenek ve olayların meydana getirdiği son durum veya değeri ifade eder.

Karar problemleri çoğunlukla birbiriyle tutarlı olmayan çok sayıda kriteri içinde bulundurmaktadır. Birçok örneği bulunan bu durumun en yaygın örneği personel alımı olmaktadır. Bir iş yerine alınacak çalışanın tecrübe kriterinin yanında, aldığı eğitim, talep edilen ücret, bireysel özellikleri gibi farklı kriterler de göz önüne alınmaktadır. Karar vericinin sadece bir kriter bazında yaptığı değerlendirmelerde klasik karar analizi teknikleri kullanılabilenken, çok sayıda kritere sahip problemlerde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması daha uygun olmaktadır [104]. ÇKKV, karar vericinin çok sayıda seçenek içinden belirli kriterler göz önünde bulundurularak yaptığı seçimleri ifade etmektedir. ÇKKV yöntemi uygulanırken birtakım adımlar izlenmektedir. İlk olarak konunun kriter ve seçenekleri tespit edilmektedir. Daha sonra kriterlerin birbirlerine göre göreceli önem değerleri hesaplanmaktadır. Son olarak da her bir seçenek, bütün kriterlere göre değerlendirilerek seçenekler sıralanmaktadır [103]. ÇKKV süreci adımları Çizelge 5.1.'de gösterilmektedir [105].

Çizelge 5.1. ÇKKV süreci.

<b>Adım 1</b>	Problemin tanımlanması
<b>Adım 2</b>	Seçim kriterlerinin belirlenmesi
<b>Adım 3</b>	Karar alternatiflerinin belirlenmesi
<b>Adım 4</b>	Karar problemlerinin hiyerarşik yapısının belirlenmesi
<b>Adım 5</b>	Yöntemin belirlenmesi
<b>Adım 6</b>	En iyi alternatifin belirlenmesi

Çok kriterli karar verme sürecinin başlangıcında, çözüme kavuşturulacak problemin tanımlanması yapılarak, buna bağlı seçim kriterleri ve karar alternatifleri belirlenmektedir. Bir sonraki adımda hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, çok kriterli karar verme yöntemlerinden en uygun olanı seçilir. Yöntemin uygulanması sonucunda en iyi alternatif belirlenir.

### 5.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), en basit tabiriyle bir karar verici tarafından seçeneklerin en az iki kriter bazında değerlendirildiği seçim işlemi olarak ifade

edilmektedir. Bir problemin ÇKKV problemi olması için kriter sayısının birden fazla ve birbirleriyle çelişen kriterler olması gerekmektedir [106]. 1960'lı yıllarda karar verme kavramını daha kolay bir hale getirmek amacıyla geliştirilmeye başlanılan ÇKKV yöntemleri, seçenek ve bunları etkileyen kıstasların çok olması durumlarında karar verme sürecini denetleme ve sonuca daha çabuk ulaşılabilmeyi mümkün kılmaktadır. ÇKKV yöntemlerinin uygulama kısmında bazı ifadeler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ifadeler şu şekilde açıklanabilir [103].

**Alternatifler:** Problemden tercih edilebilecek seçenekler her birinin ifade etmektedir. İncelenen problem türüne göre sayısında farklılık görülmektedir. ÇKKV yöntemleri ile hedefe en yakın olanı tercih edilmektedir.

**Kriterler:** Alternatiflerin özelliklerini, niteliklerini ya da verimlilik gibi değişkenlerini ifade eden ölçütlerdir. Kriterler, karar vericinin değerlerine bağlı olarak değişebilmektedir.

**Amaçlar:** Karar vericilerin isteklerine bağlı olarak kriterlerin yönlendirilmiş hali olarak ifade edilmektedir.

**Hedefler:** Amaçların somut bir şekilde dönüştürülerek sahip olduğu değerleri ifade etmektedir.

**Karar matrisi:** ÇKKV problemlerinde farklı alternatifler, durumlar ve ortaya çıkan sonuç matrisi şeklinde gösterilmektedir. Karar problemleri matrisi şu şekilde ifade edilmektedir:

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_n \\ A_1 & a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & & \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{matrix}$$

Yukarıda gösterilen matriste  $A_i$ ,  $i= 1, 2, \dots$ ,  $m$  olası alternatifleri;  $K_j$ ,  $j=1, 2, \dots$ ,  $n$  alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterleri ve  $a_{ij}$ 'ler  $A_i$  alternatifinin  $K_j$  kriteri doğrultusunda analiz sonuçlarını göstermektedir. Başka bir ifade ile karar matrisinde yatay ekseninde gösterilen ifadeler alternatifleri, dikey ekseninde ise alternatiflerin değerlendirilmesinde kıstas alınan kriterleri simgelemektedir [103].

ÇKKV yöntemlerinin pek çok şekilde sınıflandırılması mümkündür. Bunlardan birinde ÇKKV yöntemleri üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar seçim, sınıflama ve sıralamadır. Seçim problemleri, amaca en uygun alternatifin bulunduğu grup içerisinde seçilmesi durumudur. Seçim işleminde alternatifler, birbiriyle karşılaştırılmanın zor ya da aynı ağırlık derecesine sahip bir grup içinde yer almaktadır. AHP, ANP, MAUT/UTA, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE I, TOPSIS, Hedef Programlama yöntemleri seçim problemlerindedir. Sınıflama problemlerinde alternatifler, kriterlere bazında nitelik olarak eş olanlar bir arada olacak şekilde sınıflara ayrılmaktadır. Seçim yöntemlerinden farklı olarak bir de ELECTRE III yöntemi bu sınıfa dahil edilmektedir. Sıralama problemlerinde ise de alternatifler amaç doğrultusunda en iyiden en kötüye doğru bir sıralamaya tabi olmaktadır. AHP Sort, UTADIS, FlowSort sıralama problemlerine örnek verilmektedir [105].

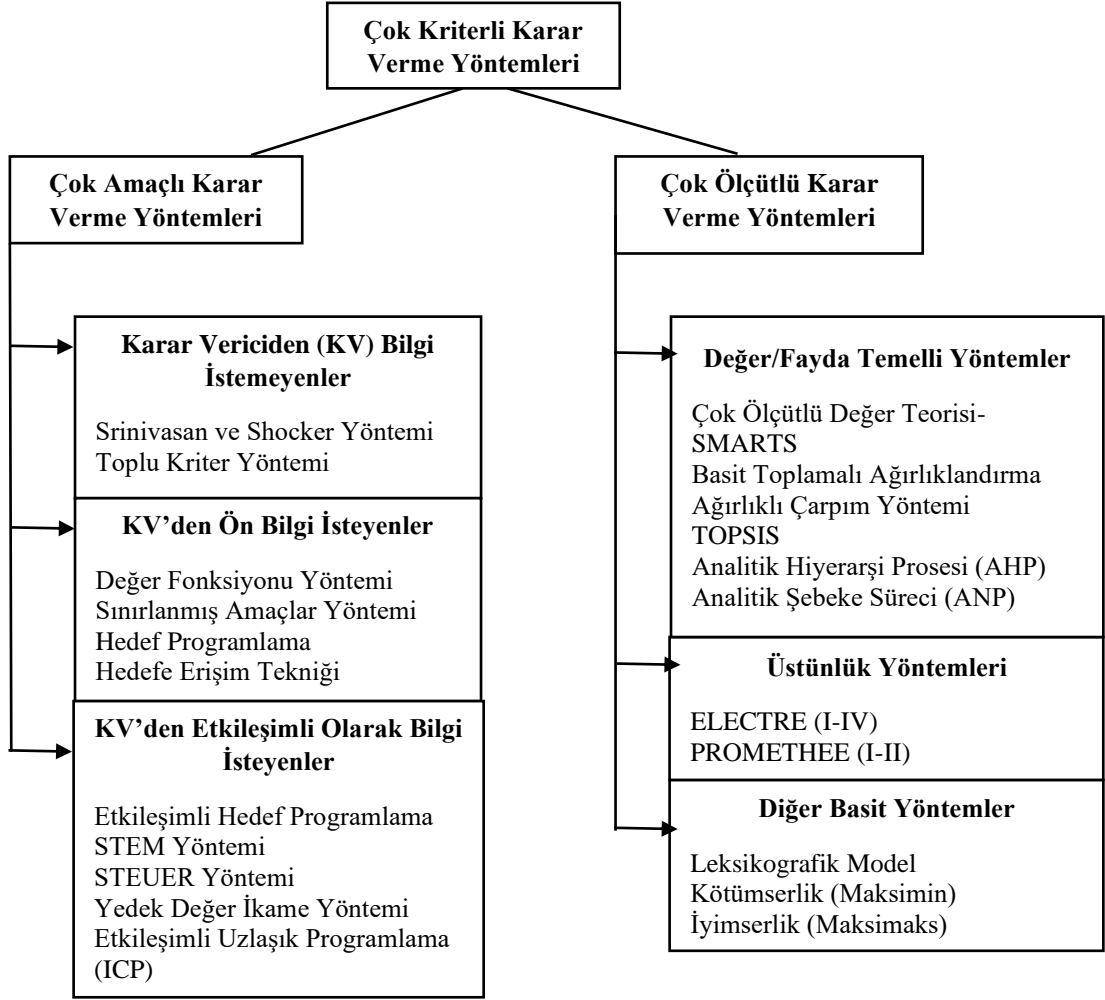
ÇKKV yöntemlerinin bir başka sınıflandırılması da alternatif sayılarına göre yapılmaktadır. Buna göre ÇKKV yöntemleri, Çok Amaçlı Karar Verme ve Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. ÇÖKV problemlerinde seçenek sayıları belirli olup her bir seçeneğin ulaşacağı başarı seviyeleri de belirlenmiştir. Kararlar ise, her bir seçenek için mevcut olan ölçütlerin karşılaştırılması ile alınmaktadır. En iyi seçeneği belirlemeyi hedefleyen ÇAKV problemlerinde ise seçenek sayıları başlangıçta belirlenememekte süreç sırasında belirlenebilmektedir. Aşağıda Çizelge 5.2.'de ÇAKV ve ÇÖKV problemlerinin özellikleri karşılaştırılmaktadır [107].



Çizelge 5.2. ÇAKV-ÇÖKV karşılaştırma tablosu [107].

	<b>Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)</b>	<b>Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)</b>
<b>Kriterlerin tanımlanması</b>	Amaçlar tarafından	Nitelikler tarafından
<b>Amaçların tanımlanması</b>	Açık/Belirgin olarak	Örtük olarak
<b>Niteliklerin tanımlanması</b>	Örtük olarak	Açık/Belirgin olarak
<b>Kısıtlılıklar</b>	Aktif	Aktif değil (niteliklere dahil edilmiş)
<b>Alternatifler</b>	Sonsuz sayıda, sürekli (süreç esnasında belirir)	Sonlu sayıda, ayrık (önceden tanımlanmış)
<b>Karar verici ile etkileşim</b>	Çoğunlukla	Çok fazla değil
<b>Kullanım amacı, problem türü</b>	Tasarım	Seçim/Değerlendirme

Matematiksel en iyileme yöntemleri olan ÇAKV, genel olarak tasarım problemlerini çözme yöntemleridir. Çoğu ÇAKV çözüm tekniği, karar vericinin tercihinine dayanmaktadır. Karar vericiden bilgi alınmasına bağlı olarak sınıflara ayrılmaktadır. ÇÖKV problemlerinde ise önceden tanımlanmış, sınırlı sayıda seçenek mevcut olup bu seçenekler seçilme, sıralama, sınıflandırma, önceliklendirme ya da elenme suretiyle seçilmektedir. Her seçenek, karar verici tarafından belirtilen kriterler baz alınarak değerlendirilmektedir. ÇAKV yöntemlerinin aksine ÇÖKV yöntemleri, tasarım değil seçim problemlerini ifade etmektedir. Aşağıda ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 5.1.'de gösterilmektedir [107].



Şekil 5.1. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması [107].

Çalışmanın uygulanmasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) temelli bir metod uygulandığından, bu kısımda sadece AHP yönteminin dahil olduğu sınıfta yer alan yöntemlere değinilmiştir.

**Basit Toplamalı Ağırlıklandırma:** 1954 yılında ilk kez Churchman ve Ackoff tarafından kullanılan bu yöntem, kolay uygulanabilir olduğundan günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak değişik türdeki kriter ve parametrelerin bulunduğu problemler için kullanımı pek uygun olmamaktadır. Yöntemin düzgün sonuçlanması tüm kriterlerin maliyet ya da fayda esasına dayanması gerekmektedir. Yöntem uygulanırken probleme dair veriler toplanır ve tüm parametreler ışığında karar matrisi oluşturulur. Daha sonra matris normalize edilerek tüm değerler standartlaştırılır. Fayda kriteri için maksimum, maliyet kriteri için minimum değerler dikkate alınarak işlemler

yapılır. Niteliksel değere sahip bir kriter çeşitli hesaplamalarla niceliksel değere dönüştürülmekte ve her alternatifin karşılığı da normalize değerler ile nitelik ağırlıklarının çarpılıp toplanması işlemleri ile bulunmaktadır. Tüm alternatifler için bu işlemler yapıldıktan sonra sonuçlar küçükten büyüğe doğru sıralanır. En büyük değerli alternatif tercih edilir. Bu yöntem kriterler arasındaki bağımlılıkları göz ardı etmesine rağmen kriter ve alternatif sayılarının çok olmadığı problemlerin çözümü için hızlı cevap verilmesi sebebiyle tercih edilmektedir [108].

**Ağırlıklı Çarpım Yöntemi:** Basit Toplamalı Ağırlıklandırma modeline çok benzeyen bu yöntem 1922 yılında Bridgman'ın ve 1969 yılında Miller ve Star 'ın ortaya çıkarttığı çalışmalar ile meydana çıkmıştır. Basit Toplamalı Ağırlıklandırma modelinden en net farkı bu modelde toplam değil çarpma işlemi gerçekleştirilmektedir [104]. Her kriter için, alternatifler birbirleriyle oranlanır ve değerler üstel olarak ağırlıklandırılarak sonuç hesaplanır. Bu yöntemde, ölçü birimlerinin elenmesine olanak sağladığı için “boyutsuz analiz” de denilmektedir. Tek ve çok kapsamlı karar problemlerinde kullanıma uygun bir yöntemdir [103].

**TOPSIS:** Yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS (Technique for Ordered Preference by Smilarity to the Ideal Solution) kolay bir çözüm yöntemi sunmaktadır. Öncelikle kriterlerin değerlendirildiği bir karar matrisi oluşturulmaktadır. Daha sonra bu matris normalize edilir. Bu normalize işlemi, özelliklerden her birinin aynı uzunlukta birim vektöre sahip olması ile gerçekleştirilir. Bir sonraki aşamada ise kriterler ağırlıklandırılarak, ağırlıklı normalizasyon değerleri hesaplanır. Hesaplama işleminden sonra fayda ve maliyet özellikleri belirlenerek pozitif ideal ve negatif ideal noktalara olan mesafelerin hesaplanması yapılır. Pozitif ideal noktaya en yakın, negatif ideal noktaya en uzak olan alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir [109].

**Analitik Şebeke Süreci (ANP):** Karar verme problemlerinde çok tercih edilen yöntemlerden biri olan Analitik Şebeke Süreci ya da Analitik Ağ Süreci, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir. Kriterlerin kendi aralarındaki bağımlılıkları dikkate alan bu yaklaşımda dönütler oldukça önemlidir. Bu yöntemle seçim yapılırken kriter ve alternatifler arasındaki etkileşim de dikkate alınır. ANP yönteminde iki alt bölüm

bulunmaktadır. İlki kontrol hiyerarşisi olarak adlandırılan kriterler ya da alt kriterler arasındaki etkileşim ağının yer aldığı bölümdür. Diğer alt bölüm ise kümeler ve faktörler arasındaki etki ağını içermektedir [108].

## 5.2. Bulanık Mantık

Gerçek hayatta alınan kararlar, matematiksel modellerden farklı olarak belirsizlik ve çoğu zaman net olmayan ifadeler içermektedir. Bu ifadelerin sayısal olarak karşılığını belirtmek oldukça zor bir durumdur [103]. 1965 yılında Loutfi Zadeh tarafından keşfedilen bir yöntem olan bulanık mantık, bu belirsizlik probleminin karar alınırken nasıl çözüme dahil edileceğinin cevaplarını vermektedir. Bulanık mantık, eski sistemdeki 0-1 önerme mantığına üç veya daha çok sayıda önerme ile karşılık vererek reeldeki problemlerin matematik dünyasına geçişini kolaylaştırmaktadır [112]. Örneğin, insanlar tarafından sadece iyi ve kötü kavramları değil, kısmen iyi ve kısmen kötü gibi durumların da olduğu geniş bir değerlendirme skalası kullanılmaktadır. İyilik ya da kötülüğün seviyelerinin konu alındığı bir mantık sistemi olan bulanık mantık, bu seviyelerin matematiksel ifade edilmelerine olanak sağlamaktadır [103]. Günümüze kadar çok sayıda alanda bulanık mantıktan faydalandığı görülmektedir. Aşağıda Çizelge 5.3.'te bulanık mantık kullanım alanları gösterilmektedir [113].

Çizelge 5.3. Bulanık mantık uygulama alanları [113].

Uygulama Alanı	Firma	Sonuç
Asansör denetimi	Fujitec/Toshiba	Yolcu trafiğini değerlendirerek bekleme süresini azaltır.
Video kayıt cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulmasını sağlayarak çekim esnasında sarsıntı oluşmamasını sağlar.
Çamaşır makinesi	Matsushita	Çamaşırın kirlilik, ağırlık, kumaş cinsi gibi kriterlerini algılayarak yıkama programı seçer.
Elektrikli süpürge	Matsushita	Zeminin durum ve kirliliğini algılayarak motor gücü ayarlamasını yapar.
Su ısıtıcısı	Matsushita	Suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlama yapar.
Klima	Mitsubishi	Ortam şartlarını algılayarak en iyi çalışma durumunu belirler.
ABS fren sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlemeden frenlenmesini sağlar.
Sendai metro sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlama ayarları ile yolculuk konforunu, duruş ayarları ile güç tasarrufunu sağlar.
Çimento sanayi	Mitsubishi Chem.	Değirmende ısı ve oksijen oranları için denetim yapar.
Televizyon	Sony	Ekranın kontrast, renk ve parlaklık ayarlarını yapar.

Bulanık küme, farklı üyelik derecelerine sahip elemanların bulunduğu bir kümeyi ifade etmektedir. Küme içerisinde yer alan her eleman 0 ile 1 arasında değişmekte olan değerlere sahiptir. “0” üye olmama durumunu ifade ederken “1” tam üye manasına gelmektedir. (0,1) arasındaki değerlere sahip elemanlar ise kısmi üye olarak adlandırılmaktadır [103]. Bulanık kümelerde kullanılan birçok bulanık sayı çeşidi bulunmaktadır. Ancak Sanchez ve Gomez (2013) uygulanabilirliğinin kolay olması ve sezgisel durumlara uyarlanabilir olması açısından en çok tercih edilen bulanık sayıların üçgen bulanık sayılar olduğunu ifade etmişlerdir [114].

Bu üçgen bulanık sayılar, üç adet reel sayıyla ifade edilmekte ve  $\tilde{A} = (l, m, u)$  şeklinde gösterilmektedir. Bu değerler arasındaki ilişki aşağıdaki Şekil 5.2.’de gösterilmektedir [114].



Şekil 5.2. Üçgen bulanık sayı [114].

Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu tanımlaması ise aşağıda gösterildiği biçimde ifade edilmektedir [114].

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x < m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x < u \\ 0, & x \geq u \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = R \rightarrow [0,1]$$

### 5.3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

L. T. Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), birden fazla kriterin karşılaştırılmasını ve bu kriterlerin önem derecelerine göre sıralanmasını sağlamaktadır. Kriterlerin ikili karşılaştırılması 1-9 arasında puan verilerek gerçekleştirilmektedir. Yalnız çoğu zaman net bir puanlama yöntemiyle kararı kesinleştirmek uygulanabilir olmamaktadır. Bu şekildeki sorunların çözüme kavuşabilmesi amacı ile bulanık mantıktan faydalanılarak yöntem geliştirilmiş ve Bulanık AHP (BAHP) adı verilmiştir. Chang'ın 1996 yılında geliştirdiği bu yöntemde, kriterler net olarak sınırlandırılmamış bir ölçekte değerlendirilmektedir. Bu sayede gündelik problemler formüle edilmekte ve çözümü daha ergonomik hale getirilmektedir. BAHP çözüm yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır. Ancak çözüme başlamadan önce uzman görüşü için uygulanan anket çalışmalarının geometrik ortalamaları alınmaktadır. Daha sonra birinci adımdan yöntem çözümlenmeye başlanmaktadır [115].

Bu çalışmada Chang'ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulama aşamaları aşağıda gösterilmektedir [116].

1.adım:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

Burada  $S_i$ ,  $i$ 'ye göre bulanık sentetik mertebe değerini vermektedir. Formüldeki bulanık toplama işlemleri aşağıda verilen formül (2), (3) ve (4)'te gösterildiği şekilde yapılmaktadır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

2.adım:

$M_1=(l_1, m_1, u_1) \leq M_2=(l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesi aşağıda verilen formül (5) ile hesaplanmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (5)$$

$M_1$  ve  $M_2$  üçgensel konveks bulanık sayıların karşılaştırılması yapılırken aşağıda verilen formül (6)'ya göre hesaplama yapılmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (6)$$

3.adım:

Konveks bir bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$   $i= \{1, 2, \dots, k\}$  büyük olmasının olabilirlik derecesi formül (7)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} &= V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \\ &= V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \quad , i = 1, 2, \dots, k \end{aligned} \quad (7)$$

$i= \{1, 2, \dots, k\}$  için  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$   $k \neq i$  için ağırlık vektörü formül (8)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \quad (8)$$

4.adım: Formül (8)'de hesaplanan ağırlık vektörü formül (9)'da gösterildiği şekilde hesaplanarak bulanık olmayan bir değere ulaşılır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

#### 5.4. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatürde Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelenmiş olup aşağıda Çizelge 5.4.'te kronolojik olarak verilmiştir.

Çizelge 5.4. ÇKKV yöntemleri ile yapılan bazı çalışmalar.

YAZAR	YIL	AMAÇ	YÖNTEM
Aksakal, Dağdeviren	2010	Personel seçim süreci	DEMATEL, ANP
Alptekin	2010	Türkiye'de beyaz sektörde yer alan üç firmanın Pazar paylarının tahmin edilmesi	ANP
Çelik, Murat	2010	Üniversitelerde strateji yapılandırma sürecine karar verme	SWOT analizi ile bütünleşik ANP
Dağdeviren, Yüksel	2010	Bir örgütün sektörel rekabet düzeyinin ölçülmesi	FANP
Ersöz ve Kabak	2010	Savunma sanayi uygulamalarında ÇKKV yöntemlerine dair literatür araştırması yapılarak, bu yöntemlerin birbirleriyle ilişkileri analiz edilmiştir.	Çoklu Uyum Analizi
Ersöz, Kabak ve Yılmaz	2011	Lisansüstü eğitimde ders seçimi için bir model önerisi sunulmuştur.	ANP, TOPSIS
Ersöz, Atay	2011	Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi	MOORA
Kabak	2011	Hava savunma desteği alacak öğelerin değerlendirilmesi	Bulanık TOPSIS
Kabak ve Kazaçoğlu	2012	Askeri okullarda görev alacak öğretmenlerin belirlenen kriterlere göre değerlendirilmesi	BAHP
Şevkli vd.	2012	Türk havayolu sektöründe stratejik yönetim kararları alınması	SWOT FANP
Tayyar	2012	En iyi pet şişe tedarikçisinin belirlenmesi	AHP, Bulanık TOPSIS
Çiçekli, Karaçizmeli	2013	Öğrencinin başarısını etkileyen kriterlerin belirlenmesi	Bulanık AHP
Özbek, Eren	2013	Bir işletme için en uygun üçüncü parti lojistik (3PL) firma seçimi	ANP
Vatansever, Uluköy	2013	Üretim sektörü için en uygun ERP yazılımının seçilmesi	Bulanık AHP, Bulanık MOORA



Çizelge 5.4. (devam ediyor).

Yıldız, Deveci	2013	Personel seçimi	Bulanık VIKOR
Ar vd.	2014	Kuruluş yeri seçimi	Bulanık AHP, VIKOR
Çelik, Ustasüleyman	2014	GSM operatörlerinin hizmet kalitesinin karşılaştırılması	AHP, ELECTRE I, PROMETHEE
Shahabi vd.	2014	İran'ın hurda geri dönüşüm endüstrisinde SWOT analizi ile belirlenen stratejilerin sıralanması	AHP, ANP
Tadic vd.	2014	Şehir lojistiği konseptinin seçimi- Belgrad şehrinde uygulama	DEMATEL, FANP, VIKOR
Tepe, Görener	2014	Personel seçimi	AHP, MOORA
Yavaş, Ersöz, Kabak ve Ersöz	2014	Otomobil seçimi	AHP, ANP
Changa vd.	2015	ERP sisteminin uygulanmasında örgütsel kültürler ve farklı endüstriler için risk düzeyinin belirlenmesi	FANP
Najafinasab vd.	2015	Kıyı bölgelerinde sürdürülebilir arazi kullanımı planlaması kriterlerini seçmek	DEMATEL, FANP
Şimşek vd.	2015	Otel işletmesi için en uygun tedarikçi seçimi	TOPSİS, MOORA
Uyguntürk	2015	Bankaların internet şubelerine göre sıralanması	Bulanık MOORA
Uygun, Kaçamak, Kahraman	2015	Bir telekomünikasyon şirketi için dış kaynak sağlayıcılığının değerlendirilmesi ve belirlenmesi	DEMATEL, FANP
Yıldırım, Önay	2015	Bulut Teknolojisi Firmalarının sıralanması	Bulanık AHP, MOORA
Büyüközkan, Güler yüz	2016	Türkiye için yatırım açısından en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının seçilmesi	DEMATEL, ANP
Karabıçak vd.	2016	Karayolu şantiye yeri seçimi	Bulanık AHP, TOPSİS
Nilashi vd.	2016	Malezya kamu hastanelerinde, hastane bilgi sisteminin benimsenmesi için etkili olan faktörlerin belirlenmesi	FANP
Sağır, Doğanalp	2016	Türkiye için enerji kaynakları alternatiflerinin sıralanması	Bulanık TOPSİS
Şişman, Doğan	2016	Finansal performans açısından Türk bankalarının değerlendirilmesi	Bulanık AHP, Bulanık MOORA
Uzun, Kazan	2016	Gemi inşada ana makine seçimi	AHP, TOPSİS, PROMETHEE
Wu vd.	2016	CNC takım tezgâhı seçimi	Bulanık VIKOR
Tunçel vd.	2017	Otomobil markalarının sıralanması	Bulanık ELECTRE I
Arroyo, Molinos-Senante	2018	Yedi alternatif arasında en sürdürülebilir atık su arıtma teknolojisinin seçilmesi	AHP

Çizelge 5.4. (devam ediyor).

Ebrahimi vd.	2018	Yenilenebilir enerji alanındaki teknolojilerden biri olan PV/T sisteminin verimlilik ve maliyetini etkileyen unsurların belirlenmesi	ANP
Ersöz, Kıncı, Ersöz	2018	Bulanık MOORA ile Ders Seçimi	Bulanık MOORA
Şanlı, Ersöz	2018	Bulanık AHP Yöntemiyle İşletmelerin Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Değerlendirmesi	Bulanık AHP

Tablo 5.4., Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmaların gösterilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Aşağıda ise AHP yönteminin kullanıldığı çalışmalar ile bulanık mantık kullanılan çalışmalardan birkaçı ayrıntılı olarak verilmiştir.

Ersöz ve Kabak (2010) bir sınıflandırma yaptıkları çalışmalarında, çok kriterli karar verme yöntemlerinin dayandığı teorik temelleri ve kullanım amaçlarını görmeyi hedeflemişlerdir. Bunun yanı sıra çalışmada, Türk Savunma Sanayisinde yapılan akademik çalışmalar arasında en fazla tercih edilen çok kriterli karar verme yöntemleri saptanmıştır. Sonuç olarak Hedef Programlama (GP) yöntemiyle bu alanda en sık kullanılan ve en eski yöntem olarak bilinen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak son yıllarda Türkiye ve dünyada çok sayıda üstünlükleri sebebiyle AHP yönteminin yerini Analitik Şebeke Süreci (ANP) yönteminin aldığı tespit edilmiştir [107].

Dağdeviren ve Yüksel (2010), bir örgütün sektörel rekabet düzeyinin ölçülmesini amaçlayan çalışmalarında bulanık analitik ağ süreci (ANP) tekniğini kullanmışlardır. Çalışma kapsamında rekabet düzeyi üzerinde etkili olan faktörler ve alt faktörler ile model ve faktörler arasındaki iç bağımlılıklar belirlenmiştir. Alt faktörlerin ağırlıkları bu incelemeler temelinde belirlenerek sektörel rekabet düzeyini belirlemek için bir vaka çalışmasında uygulanmıştır [117].

2010 yılında yapılan bir başka çalışmada Çelik ve Murat tarafından, üniversitelerde strateji yapılandırma sürecindeki karar vericilere destek sağlamak amacı ile Üniversite Dinamik Entegre Strateji Modeli (ÜDESM) olarak adlandırılan yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Modelin uygulanabilirliğinin Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

2008/2012 Stratejik Planı örneği ile incelendiği bu çalışmada, ÜDESM’de dinamik SWOT analizi ile bütünleşik analitik ağ süreci (ANP) yöntemi kullanılmıştır [118].

Ersöz, Kabak ve Yılmaz 2011 yılında ortaya çıkardıkları çalışmalarında, ANP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak lisansüstü ders seçiminde etkili olan faktörler üzerine bir model önerisi sunmuşlardır. Lisansüstü eğitim verilen bir kurumda bir bölüm baz alınarak örnek bir çalışma hazırlanmış ve lisansüstü derslerin seçimine yönelik kriterler belirlenerek ANP yöntemi ile önem dereceleri saptanmıştır. TOPSIS yöntemi ile de alternatif derslerin seçim önceliklerine göre sıralaması yapılmıştır [119].

Kabak (2011) çalışmasında, çok kriterli karar verme yöntemlerinin askeri alanlarda da uygulanabileceğini kanıtlamak amacıyla Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Beş karar vericinin, hava savunma desteği alacak altı unsurun değerlendirilmesi istenmiştir. Karar vericilerin dört kritere göre yaptıkları değerlendirmeler sonucunda Bulanık TOPSIS yöntemi ile hava savunma önceliklerinin önem derecelerine göre sıralaması yapılmıştır [120].

Ersöz ve Atay (2011) çalışmalarında, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri olan ve gelişimi çok eski zamanlara dayanmayan MOORA yöntemine ilişkin incelemeler yapmışlardır. Bu yöntemin özelliklerinin vurgulandığı bu çalışmada, farklı normalleştirme metotları ile MOORA yöntemi ile de bir uygulama yapılmıştır [121].

Tayyar ise 2012 yılındaki çalışmasında, AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile en iyi pet şişe tedarikçisini belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında iki yöntemi kıyaslayarak problem yapısına hangi yöntemin daha uygun olduğunu göstermiştir [122].

Kabak ve Kazançoğlu (2012) askeri okullarda görev alacak öğretmenlerin belirlenmesi amacıyla uzman görüşleri ve literatür araştırması sonucu yedi ana kritere bağlı 19 alt kriter tanımlamışlardır. Bu kriterlerin önemlilik durumları Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile saptanmıştır. Bu çalışma ile aday öğretmenlerin seçiminde daha çok önem verilmesi gereken kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır [123].

Çiçekli ve Karaçizmeli (2013) çalışmalarında, bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesini (AHP) kullanarak başarılı öğrenci seçimi yapmışlardır. Başarı ölçütünün sadece sınav notları ile değil daha farklı kriterlerin de etkilediğini kanıtlamayı amaçlamışlar ve bu doğrultuda bir model geliştirmişlerdir [113].

Bulanık VIKOR yöntemiyle personel seçimi için 2013 yılında Yıldız ve Deveci'nin yaptıkları çalışmalarında, bulanık VIKOR yönteminin personel seçiminde etkili çok kriterli karar verme yöntemi olduğu gösterilmiştir [124].

Yavaş ve arkadaşları (2014) çalışmalarında, otomobil seçimi yapacak kişilerin satın alma ölçütlerini belirlemişler ve önem derecelerine göre değerlendirmişlerdir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve ANP yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmada çıkan sonuçlar iki metoda göre kıyaslanmıştır [125].

Ar ve arkadaşları, 2014 yılında bulanık AHP ve VIKOR yaklaşımını bir kuruluş yeri seçiminde uygulamışlardır. Otel yeri seçmek için yapılan bu çalışmada kriter ağırlıkları bulanık AHP ile belirlenmiş, VIKOR yaklaşımı ile de uzlaşık çözüm elde edilmiştir [126].

Çelik ve Ustasüleyman (2014) GSM operatörlerinin hizmet kalitesini karşılaştıran çalışmalarında kriterlerin önem derecelerini AHP ile belirlemişler, ELECTRE I ve PROMETHEE teknikleri ile alternatifleri değerlendirmişlerdir [127].

Uygun, Kaçamak ve Kahraman (2015), bir telekomünikasyon şirketi için dış kaynak sağlayıcılığının değerlendirilmesi ve belirlenmesi için DEMATEL ve bulanık ANP yöntemlerini kullanmışlardır. İlk olarak DEMATEL yöntemini uygulayarak, ana kriterler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkmasını amaçlamışlardır. Daha sonra, alt kriterlerin yerel ağırlıkları için önceki adımda ortaya çıkan neden sonuç ilişkileri baz alınarak bulanık ANP yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonunda önerilen yaklaşım ile bu modelin gerçek dünyada karar verme sürecinde etkili olabileceğini savunmuşlardır [128].

Najafinasab vd., kıyı bölgelerinde sürdürülebilir arazi kullanımı planlaması kriterlerini seçmek ve İran'ın kıyı bölgelerinde bu bağlamda deniz ve arazi kriterlerini entegre etmenin önemini göstermek amacıyla 2015 yılında bu çalışmayı yapmışlardır. Arazi ve deniz yönelimli kriterleri seçmek için DEMATEL ve bulanık ANP yöntemleri birleştirilerek, kıyı alanlarında verimli arazi kullanımı planlaması için arazi ve deniz kriterlerini bütünleştiren bir yöntem belirlemişlerdir [129].

Karabıçak ve arkadaşları 2016 yılında karayolu şantiye yeri seçimine ilişkin uygulamalarında bulanık AHP ve TOPSİS yöntemlerini birlikte uygulamışlardır. Kriterlerden en önemlileri ortaya çıkarılarak alternatif şantiye alanları içinde tercih sıralaması yapılmıştır [105].

Wu ve arkadaşları (2016) çalışmalarında bir CNC takım tezgâhı seçim problemini çözmek için bulanık VIKOR yöntemine dayanan çok kriterli bir grup karar verme tekniği geliştirmişlerdir. Bulanık dilbilimsel yaklaşıma dayalı iki algoritma geliştirilmiş ve önerilen modeli doğrulamak için Pakistanlı takım tezgâhı fabrikasında bir uygulama yapılmıştır. Karşılaştırılan sonuçlar iki algoritmanın da farklı özellikleri olduğunu, çözümün daha iyi anlaşılması için her iki algoritmanın da kullanılabileceğini göstermiştir [130].

Uzun ve Kazan (2016) gemi inşada ana makine seçimi için AHP, TOPSİS ve PROMETHEE yöntemlerini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu üç yöntemi karşılaştırdıkları çalışmalarında AHP ve PROMETHEE yöntemlerinin yakın sonuçlar verdiği ve bu iki yöntemin sonuçları gerçek durumla tutarlılık gösterdiği ispatlanmıştır [131].

Ersöz vd. 2018 yılında ders seçimine yönelik ilk kez Bulanık MOORA yönteminin kullanıldığı bu çalışmayı hazırlanmışlardır. Endüstri mühendisliği dersleri araştırılarak, zorunlu ve seçmeli derslere dair kriterler belirlenmiştir. Türkiye'de endüstri mühendisliği bölümünde bulunan akademisyenlere bulanık mantık kullanılarak hazırlanan anket uygulanmıştır. Anket sonuçları Bulanık MOORA yöntemi ile analiz edilip derslerin sıralaması yapılmıştır [132].

Şanlı ve Ersöz (2018) çalışmalarında, işletmelerdeki yeşil tedarik zinciri yönetiminin değerlendirmesini yapmışlardır. BAHP yönteminin kullanıldığı bu çalışmada yeşil tedarik zinciri yönetiminde dikkat edilmesi gereken 17 kriter, literatür araştırması ile belirlenmiştir. Uzman görüşleri ile kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılarak, BAHP yöntemi ile önem ağırlıklarına göre sıralanmıştır [133].

## 5.5. Materyal

Bu çalışmada, demir-çelik sektöründe ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanmasında yenilenebilir kaynakların düşük seviyelerde seyretmesinin nedenleri araştırılmaktadır. Literatürde bulunan çalışmalar analiz edilerek, yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe tercih edilme payının düşük seviyelerde olmasına sebep olabilecek kriterler belirlenmiştir. Bu amaçla dört ana kriter altında 20 alt kriter tanımlanmıştır.

Teknik sebeplere bağlı dört kriter, ekonomik sebeplere bağlı dokuz kriter, sosyal sebeplere bağlı üç kriter ve çevresel sebeplere bağlı dört kriterden oluşan anket çalışması hazırlanmıştır. Hazırlanan anket çalışması ile aynı zamanda şirketlerin büyüklüğü (çalışan sayısına bağlı), enerji kaynaklarına bakış açıları, çevreye gösterilen hassasiyet ve yenilenebilir enerjiye olan ilgileri hakkında da bilgi sahibi olmak amacıyla birtakım sorular içermektedir.

Demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük oranlarda tercih edilmesinin sebeplerini analiz etmek amacıyla anket yolu ile uzman görüşüne başvurulmuştur. Anket çalışması, ülkemizde demir-çelik sektörünün öncü şehirlerinden olan Karabük ilinde uygulanmıştır. 13 demir-çelik işletmesinden alınan uzman görüşleri, çok kriterli karar verme yöntemlerinden faydalanılarak çözümlenmiştir. Gerçek hayat problemlerinin matematiksel olarak çözümlenmesini kolaylaştıran bulanık mantık ile entegre bir çalışma yapılmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırılarak değerlendirilmesi esasına dayanan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ile 20 kriterin değerlendirilmesi yapılmıştır.

## 5.6. Metot

Çalışmada, AHP yönteminin bulanık mantık ile bütünleştirilmesi ile elde edilen BAHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemi, çok sayıda kriterden oluşan kompleks problemler için kullanılan karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem bir karar verme probleminin temel amacını, kriterlerini, alt kriterlerini ve seçeneklerin ilişkilerini hiyerarşik bir düzende gözler önüne sunmaktadır [110]. AHP yöntemindeki hiyerarşik düzenin çeşitli verilerin aynı yere toplanmasına ve karşılaştırılmasına imkân vermesinin yanında bu yöntem ayrıca karar vericinin deneyimlerini de kullanmasına olanak sağlamaktadır. Eğitim, sağlık, finans, pazarlama, taşımacılık gibi birçok alanda kullanılan bu yöntem yüksek seviyede teknik bilgiye ihtiyaç duymadığından her kesim insan tarafından kolayca uygulanabilmektedir [111]. Ancak gerçek hayatta karar vermek, sıklıkla birtakım belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Bu belirsizlik durumlarının giderilmesi için geliştirilen Bulanık AHP yöntemi, kesin değerler yerine aralıklı ifadeler ile karar verilmesine imkân veren son derece etkili bir metottur [115]. Bu çalışmada, değerlendirilecek kriterlerin birbiri arasındaki ilişkilerin belirlenememesi, kriterlerin hiyerarşik bir yapıda oluşturulmasına neden olmuştur. Karar vermede oluşan belirsizliklerin giderilmesi amacı ile de çalışmada Bulanık AHP metodu uygulanmıştır.

BAHP yönteminin uygulama adımlarına geçilmeden önce, belirlenen kriterlerin uzman görüşü ile değerlendirilmesi yapılmış olup kullanılan dilsel değişkenlerin bulanık ölçek karşılıkları Excel'de hazırlanan bir formülasyon kapsamında girilmiştir. Dilsel değişkenlerin bulanık ölçek karşılıklarında Chang'ın genişletilmiş analiz yönteminde kullanılan ölçekten yararlanılmıştır. Aşağıda Çizelge 5.5'te kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık ölçek ile karşılık bulanık ölçeği gösterilmektedir.

Çizelge 5.5. Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ve bulanık ölçek karşılıkları [115].

Dilsel Değişkenler	Bulanık Ölçek	Karşılık Bulanık Ölçeği
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Kesinlikle önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

Ana kriterler kendi aralarında karşılaştırılmış; her bir ana kritere bağlı alt kriterlerin de ayrı ayrı olarak kendi aralarında ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Karabük ilinde bulunan 13 demir-çelik uzmanı tarafından değerlendirilen kriterlerin geometrik ortalamaları alınarak bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur. Oluşturulan her bir karar matrisinin tutarlılık oranı (CR) hesaplaması yapılmıştır. Kriterlerin tutarlı kabul edilmesi için  $CR \leq 0,1$  şartının sağlanması gerekmektedir. Tutarlılığı ispatlanan kriterler için BAHP işlem basamakları uygulanmıştır.

Araştırmada kullanılan BAHP yönteminde genel olarak; her bir kriter için karar matrisindeki  $l, m, u$  değerleri toplanmış; daha sonra tüm kriterlerin  $l, m, u$  değerleri, her sütun kendi içinde olacak şekilde toplanarak tersleri bulunmuştur. Sonraki aşamada S matrisi olarak ifade edilen bulanık sentetik mertebe değeri hesaplaması yapılmıştır. S matrisindeki değerler ile formül (6)'ya göre  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olabirlik derecesi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonunda elde edilen matrisin her bir satırının minimum değerlerinin toplamı, ilgili kriterin minimum değerini bölmesi suretiyle kriter ağırlıkları bulunmuştur. Bulunan ağırlıklar kriterlerin önem derecelerini göstermektedir. Buna göre kriterlerin sıralaması yapılmıştır.



## BÖLÜM 6

### UYGULAMA

Demir-çelik sektöründe yenilebilir enerji kaynaklarının düşük seviyede kullanılmasının nedenlerinin araştırıldığı bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden BAHP yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla ana kriterler ve her bir ana kritere bağlı alt kriterler belirlenerek çalışmada ayrı ayrı uygulanmıştır. Araştırma bulguları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Demir-çelik sektöründe enerji kaynağı olarak yenilenebilir kaynakların düşük yüzdeye sahip olma sebepleri, dört ana kriter altında incelenmiştir. Bu ana kriterler şunlardır:

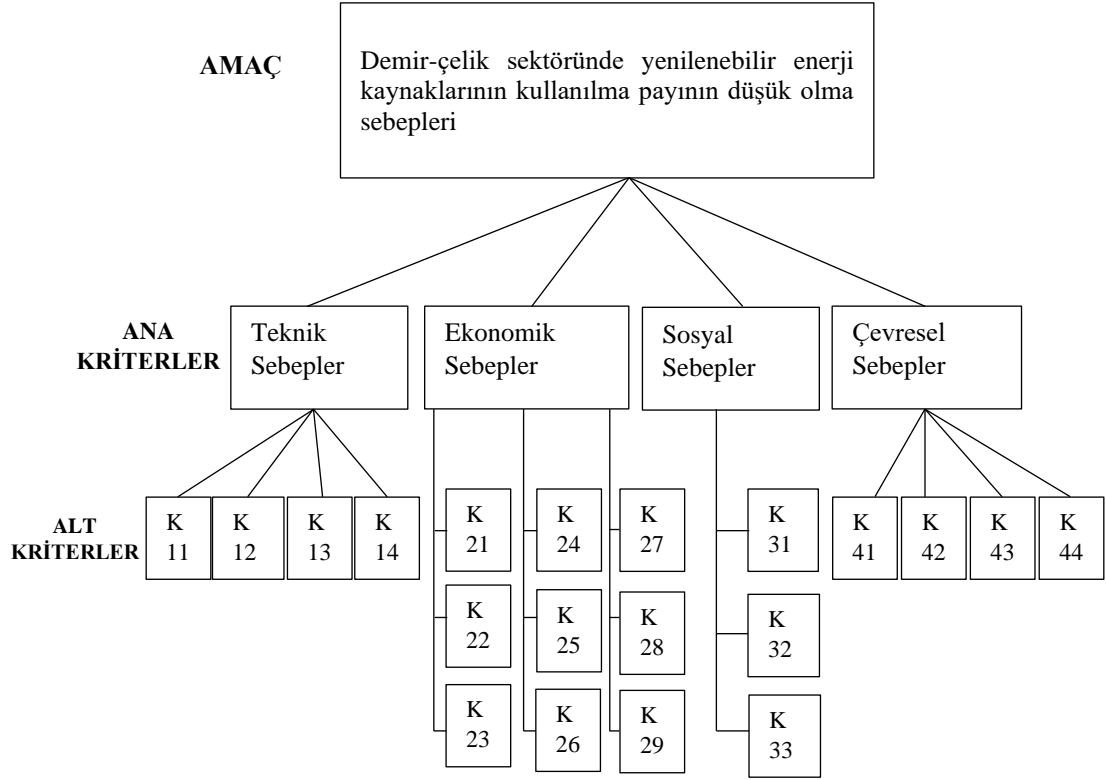
- Teknik sebepler
- Ekonomik sebepler
- Sosyal sebepler
- Çevresel sebepler

Her bir kriterin sahip olduğu alt kriterler ile toplam 20 kritere göre değerlendirme yapılmıştır. Ana kriterler, alt kriterler ve bu kriterlerin gösterim şekilleri Çizelge 6.1.'de verilmektedir.

Çizelge 6.1. Ana ve alt kriterler ve gösterim şekilleri.

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Gösterimi
<b>K1 Teknik Sebepler</b>	Fizibilite ve ölçüm eksikliği	K11
	AR-GE teknolojilerinin yetersizliği	K12
	Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması	K13
	İnsan gücü yetersizliği	K14
<b>K2 Ekonomik Sebepler</b>	Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması	K21
	Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağı düşünülmesi	K22
	Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağı düşünülmesi	K23
	Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili devlet kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması	K24
	Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması	K25
	Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları	K26
	Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi	K27
	Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi	K28
	Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması	K29
<b>K3 Sosyal Sebepler</b>	Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması	K31
	Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek	K32
	Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması	K33
<b>K4 Çevresel Sebepler</b>	Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi	K41
	Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (ör. Rüzgâr ve güneş enerjisi için)	K42
	Alt yapının yetersiz olması	K43
	Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar	K44

Yoğun enerji gereksinimi bulunan demir-çelik sektöründe, yenilenebilir enerji kaynaklarının çok fazla kullanım payına sahip olmamasının nedenleri, yapılan literatür çalışması sonucuna göre belirlenen dört ana kriter özelinde değerlendirilmiştir. Teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel sebepler olarak belirlenen bu dört ana kritere bağlı tüm alt kriterler, yukarıda Çizelge 6.1.'de verilen gösterimleri ile hiyerarşik olarak düzenlenmiştir. Bu hiyerarşik yapı aşağıda Şekil 6.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Kriterlere ait hiyerarşik yapı.

Çalışmanın amacına bağlı olarak belirlenen kriterlerin hiyerarşik yapısı Şekil 6.1.’de gösterilmektedir. Amaca yönelik saptanan dört ana kritere bağlı toplam 20 alt kriter bulunmaktadır. Bunlardan dört tanesi “Teknik sebepler”, dokuz tanesi “Ekonomik sebepler”, üç tanesi “Sosyal sebepler” ve dört tanesi “Çevresel sebepler” ana kriterlerine ait alt kriterlerdir.

Ana kriterler ve alt kriterlere ilişkin değerlendirmeler, Karabük ili demir-çelik sektöründe yer alan 13 demir-çelik işletmesindeki uzman tarafından anket yoluyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan anket formu EK AÇIKLAMALAR A.’ da verilmiştir.

Anketin ilk bölümünde Karabük demir-çelik sektöründe çalışan uzmanlara yöneltilen sorular ile, firmaların yenilenebilir enerji kaynaklarına yaklaşımları değerlendirilmiştir. Belirtilen bilgiler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 6.2.’de görülmektedir.

Çizelge 6.2. Anket uygulanan firmaların yenilenebilir enerji kaynaklarına yaklaşımları.

İşletme büyüklüğü	Firmanın sahip olduğu çevre yön. sis.belgeleri	Kullanılan enerji türü	Yenilenebilir enerji ile ilgili çalışmalar
Küçük ölçekli	Belirtilmemiş	Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Küçük ölçekli	Belirtilmemiş	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Küçük ölçekli	ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Küçük ölçekli	ISO 9000, TSE	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Küçük ölçekli	Belirtilmemiş	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Orta ölçekli	TSE708 6 Uygunluk Belgesi	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Güneş enerjisi kullanılıyor
Orta ölçekli	ISO 14001	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	ISO 14001, ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	ISO 14001, ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	ISO 14001, ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	Belirtilmemiş	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	ISO 14001, ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor
Büyük ölçekli	ISO 14001, ISO 9000	Fosil kaynaklı enerji, Elektrik enerjisi	Yapılmıyor

Karabük ili demir-çelik sektöründe uygulanan anket çalışması ile elde edilen bilgilere göre, küçük (1-99 çalışan), orta (100-499 çalışan) ya da büyük (500 ve üstü çalışan) ölçekli işletmeler fark etmeksizin çoğunda fosil kaynaklı enerji kullanılmaktadır. Ayrıca çoğu işletmede yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışma yapılmadığı ancak mevcut kullanılan enerjinin de doğaya verdiği zarar konusunda bilgi sahibi olduğu belirtilmiştir.

Anketin ikinci bölümünde kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılmıştır. Bu bölümde uzman görüşleri, beşinci bölümde verilen Çizelge 5.5.'te gösterilen dilsel değişkenler ile alınıp, yine bu çizelgede yer alan bulanık ölçek değerlerine dönüştürülmüştür. Ana kriterlerin kendi aralarında, her ana kritere bağlı alt kriterlerin ise yine kendi aralarında ikili karşılaştırması yapılmıştır. Ana kriterlerin uzman görüşleri bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra geometrik ortalamaları alınarak "Ana Kriterler Bulanık Karar Matrisi" oluşturulmuştur. Bu matris Çizelge 6.3.'te görülmektedir.

Çizelge 6.3. Ana kriterler bulanık karar matrisi.

	K1			K2			K3			K4		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K1</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,70	0,85	1,10	0,92	1,24	1,67	0,89	1,11	1,39
<b>K2</b>	0,91	1,17	1,43	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	1,42	1,77	2,10	1,01	1,42	1,86
<b>K3</b>	0,60	0,81	1,09	0,48	0,56	0,70	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,64	0,78	1,00
<b>K4</b>	0,72	0,90	1,13	0,54	0,70	0,99	1,00	1,28	1,57	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Çizelge 6.3.'te verilen karar matrisine BAHF çözüm basamakları sırayla uygulanmıştır. Uygulanan adımlar sırasıyla verilmiştir.

İlk adımda bulanık karar matrisinde yer alan her bir ana kritere ait *l*, *m*, *u* değerleri toplanarak formül (2), (3) ve (4)'te verilen işlemlere göre bulanık toplama hesaplaması yapılmış ve her bir ana kriter için bulanık sentetik mertebe değeri (S matrisi) bulunmuştur. Aşağıda Çizelge 6.4.'te bu hesaplamalar gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Ana kriterler bulanık sentetik mertebe değerleri.

	TOPLAM						S matrisi		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	$1/\sum l$	$1/\sum m$	$1/\sum u$	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K1</b>	3,51	4,20	5,16	0,05	0,06	0,07	0,18	0,25	0,37
<b>K2</b>	4,34	5,37	6,40	0,05	0,06	0,07	0,22	0,32	0,46
<b>K3</b>	2,71	3,15	3,79	0,05	0,06	0,07	0,14	0,19	0,27
<b>K4</b>	3,26	3,88	4,68	0,05	0,06	0,07	0,16	0,23	0,34

$$S_{K1} = (3,51; 4,20; 5,16) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,18; 0,25; 0,37)$$

$$S_{K2} = (4,34; 5,37; 6,40) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,22; 0,32; 0,46)$$

$$S_{K3} = (2,71; 3,15; 3,79) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,14; 0,19; 0,27)$$

$$S_{K4} = (3,26; 3,88; 4,68) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,16; 0,23; 0,34)$$

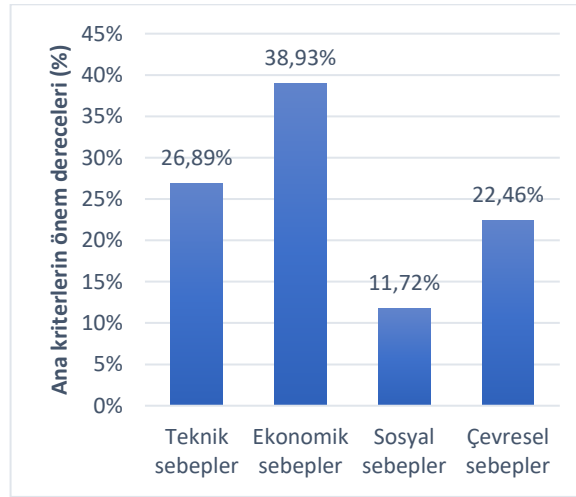
Ana kriterlere ait bulanık mertebe değeri, Çizelge 6.4.'te gösterilen toplam *l*, *m*, *u* bulanık sayıları ile bu sayıların sütun toplamalarının tersleri çarpılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar S matrisi olarak ifade edilmiştir.

Her bir ana kriterin bulanık sentetik mertebe değerleri hesaplandıktan sonra  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesinin hesaplanması için formül (5) ve (6) uygulanmıştır. Çizelge 6.5.'te hesaplamaların sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Ana kriterler önem ağırlıkları.

	K1	K2	K3	K4	MİN	AĞIRLIK (W)
K1	X	0,69	1,00	1,00	0,69	0,27
K2	1,00	X	1,00	1,00	1,00	0,39
K3	0,61	0,30	X	0,72	0,30	0,12
K4	0,89	0,58	1,00	X	0,58	0,22
				<b>TOPLAM</b>	<b>2,56</b>	

Çizelge 6.5.'te gösterilen, formül (6)'ya göre elde edilen verilere formül (7) uygulanmıştır. Buna göre her bir satırın en küçük değeri seçilerek toplamaları bulunmuştur. Son aşama olarak da her bir ana kriter için bulunan minimum değer, minimumlar toplamına bölünerek kriterlerin önem dereceleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlara göre ana kriterlerin önemlilik dereceleri Şekil 6.2.'de oransal olarak gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Ana kriterler önem dereceleri.

Yapılan hesaplamalara göre, demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak tercih edilmemesinde en büyük pay %38,93 oranında ekonomik sebeplere bağlanmıştır. Bir diğer en büyük pay ise %26,89 oranında teknik sebepler olarak hesaplanmıştır. Demir-çelik sanayisinde yenilenebilir kaynakların aktif olarak enerji üretiminde kullanılmamasında en büyük orana sahip olan ekonomik ve teknik sebeplerin yanında %22,46 oranında çevresel sebeplerin de etkilediği saptanmıştır. En az etki düzeyi olan sosyal sebeplerin ise %11,72 oranında bu sorunda pay sahibi olduğu belirlenmiştir.

En önemli ana kriter olan “Ekonomik Sebepler” aynı zamanda en fazla alt kriteri de bulunan ana kriterdir. Dokuz alt kriteri bulunan ekonomik sebeplerin, uzman görüşlerinden elde edilen verilerin geometrik ortalaması alınarak oluşturulan bulanık karar matrisi Çizelge 6.6.’da görülmektedir.

Çizelge 6.6. Ekonomik sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi.

	K21			K22			K23			K24			K25			K26			K27			K28			K29		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K21	1,00	1,00	1,00	1,11	1,43	1,86	0,88	1,18	1,54	0,85	1,11	1,43	1,14	1,55	2,07	0,90	1,28	1,70	0,70	0,97	1,26	1,12	1,55	2,10	0,87	1,24	1,66
K22	0,54	0,70	0,90	1,00	1,00	1,00	0,73	0,95	1,16	0,73	0,96	1,24	0,82	1,05	1,34	0,75	1,01	1,29	0,66	0,93	1,28	0,60	0,90	1,21	0,68	0,88	1,09
K23	0,65	0,84	1,14	0,86	1,05	1,37	1,00	1,00	1,00	0,92	1,25	1,55	0,69	0,90	1,24	0,65	0,88	1,20	0,77	1,11	1,51	0,72	0,97	1,27	0,82	1,09	1,47
K24	0,70	0,90	1,18	0,81	1,04	1,37	0,64	0,80	1,09	1,00	1,00	1,00	1,20	1,55	1,89	0,63	0,87	1,15	0,56	0,83	1,17	0,77	1,00	1,30	0,73	0,93	1,19
K25	0,48	0,65	0,88	0,75	0,96	1,22	0,81	1,11	1,45	0,53	0,65	0,84	1,00	1,00	1,00	0,93	1,28	1,71	0,68	0,97	1,33	0,60	0,83	1,14	0,63	0,90	1,29
K26	0,59	0,78	1,11	0,78	0,99	1,34	0,83	1,14	1,54	0,87	1,15	1,58	0,59	0,78	1,07	1,00	1,00	1,00	0,65	0,80	1,02	1,03	1,35	1,75	0,74	0,95	1,34
K27	0,79	1,03	1,43	0,78	1,08	1,50	0,66	0,90	1,30	0,85	1,21	1,77	0,75	1,03	1,47	0,98	1,25	1,53	1,00	1,00	1,00	1,19	1,58	2,10	0,88	1,16	1,56
K28	0,48	0,65	0,89	0,83	1,11	1,66	0,79	1,03	1,39	0,77	1,00	1,30	0,87	1,21	1,66	0,57	0,74	0,97	0,48	0,63	0,84	1,00	1,00	1,00	0,58	0,70	0,92
K29	0,60	0,81	1,15	0,90	1,11	1,44	0,68	0,92	1,23	0,84	1,08	1,37	0,77	1,11	1,58	0,75	1,05	1,36	0,64	0,86	1,13	1,09	1,42	1,74	1,00	1,00	1,00

Ekonomik sebeplerin, tüm alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması sonucu elde edilen bulanık karar matrisine formül (2), (3) ve (4) sırasıyla uygulanarak her bir alt kriter için bulanık sentetik mertebeye değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.7. gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Ekonomik sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebeye değerleri.

	TOPLAM						S matrisi		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	$1/\sum l$	$1/\sum m$	$1/\sum u$	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
K21	8,57	11,31	14,63	0,01	0,01	0,02	0,08	0,14	0,23
K22	6,51	8,37	10,51	0,01	0,01	0,02	0,06	0,10	0,16
K23	7,07	9,10	11,75	0,01	0,01	0,02	0,07	0,11	0,18
K24	7,04	8,91	11,33	0,01	0,01	0,02	0,07	0,11	0,18
K25	6,42	8,33	10,86	0,01	0,01	0,02	0,06	0,10	0,17
K26	7,07	8,94	11,75	0,01	0,01	0,02	0,07	0,11	0,18
K27	7,90	10,24	13,66	0,01	0,01	0,02	0,07	0,12	0,21
K28	6,36	8,08	10,61	0,01	0,01	0,02	0,06	0,10	0,17
K29	7,28	9,37	12,00	0,01	0,01	0,02	0,07	0,11	0,19

$$S_{K21} = (8,57; 11,31; 14,63) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,08; 0,14; 0,23)$$

$$S_{K22} = (6,51; 8,37; 10,51) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,06; 0,10; 0,16)$$

$$S_{K23} = (7,07; 9,10; 11,75) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,07; 0,11; 0,18)$$

$$S_{K24} = (7,04; 8,91; 11,33) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,07; 0,11; 0,18)$$

$$S_{K25} = (6,42; 8,33; 10,86) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,06; 0,10; 0,17)$$

$$S_{K26} = (7,07; 8,94; 11,75) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,07; 0,11; 0,18)$$

$$S_{K27} = (7,90; 10,24; 13,66) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,07; 0,12; 0,21)$$

$$S_{K28} = (6,36; 8,08; 10,61) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,06; 0,10; 0,17)$$

$$S_{K29} = (7,28; 9,37; 12,00) * (0,01; 0,01; 0,02) = (0,07; 0,11; 0,19)$$

S matrisi olarak gösterilen bulanık mertebeler, ekonomik sebeplere bağlı her bir alt kriterin toplam **l**, **m**, **u** değerleri ile sütun toplamalarının tersi alınarak elde edilen değerlerin çarpımları ile oluşturulmuştur.

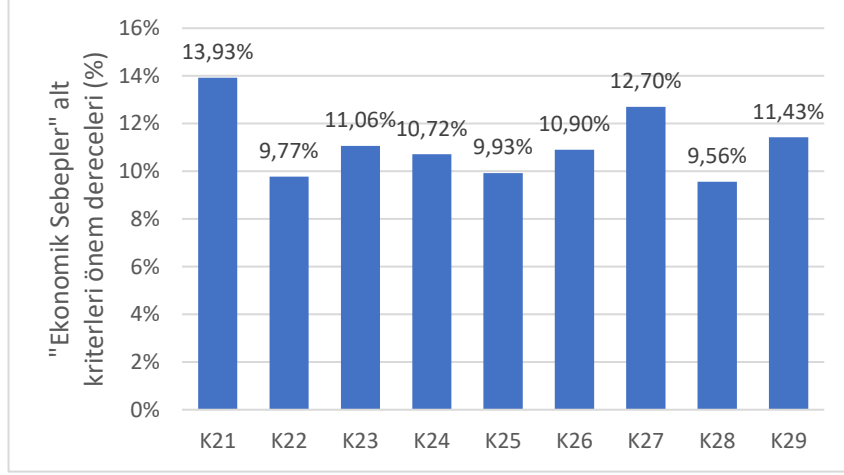
Bulanık sentetik değerleri hesaplanan alt kriterlere  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesinin hesaplanması için formül (5) ve (6) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. Ekonomik sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.

	K21	K22	K23	K24	K25	K26	K27	K28	K29	MİN	AĞIRLIK(W)
K21	X	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,14
K22	0,70	X	0,92	0,94	1,00	0,93	0,80	1,00	0,89	0,70	0,10
K23	0,79	1,00	X	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	0,97	0,79	0,11
K24	0,77	1,00	0,98	X	1,00	1,00	0,86	1,00	0,95	0,77	0,11
K25	0,71	1,00	0,92	0,94	X	0,93	0,81	1,00	0,89	0,71	0,10
K26	0,78	1,00	0,98	1,00	1,00	X	0,87	1,00	0,96	0,78	0,11
K27	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	X	1,00	1,00	0,91	0,13
K28	0,69	0,97	0,89	0,91	0,97	0,91	0,78	X	0,86	0,69	0,10
K29	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	1,00	X	0,82	0,11
<b>TOPLAM</b>										<b>7,18</b>	

Çizelge 6.8.'de hesaplanan verilerin her bir satırındaki minimum değerler belirlenerek, minimumlar toplamı hesaplanmıştır. Alt kriterler için sırasıyla minimum değerler, minimumlar toplamına bölünerek önem ağırlıkları bulunmuştur. Uygulanan BAHP yöntemi sonuçlarına göre ekonomik sebeplere ilişkin dokuz alt kriterin önem dereceleri Şekil 6.3.'te yüzdesel olarak gösterilmektedir.





Şekil 6.3. Ekonomik sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri.

Demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilememesinin en önemli sebeplerini oluşturan ekonomik sebeplere bağlı alt kriterlerin önemlilik yüzdelerine bakıldığında, en önemli ekonomik sebep %13,93'lük oran ile “Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması” alt kriteri olarak belirlenmiştir. Diğer alt kriterler önem sırasına göre %12,70 oranında “Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi”, %11,43 oranında “Kredi ve finansman düzeneklerinin yetersiz olması”, %11,06 oranında “Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağı düşünülmesi”, %10,90 oranında “Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları”, %10,72 oranında “Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili devlet kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması”, %9,93 oranında “Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması”, %9,77 oranında “Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağı düşünülmesi” ve son sırada da %9,56 oranında “Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi” kriterlerinin etkili olduğu saptanmıştır.

Önem derecesi olarak ikinci sırada bulunan “Teknik Sebepler” in dört alt kriteri bulunmaktadır. Bu alt kriterlerin ikili karşılaştırma sonuçlarının geometrik ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 6.9.’da “Teknik Sebepler Alt Kriterleri Bulanık Karar Matrisi” görülmektedir.

Çizelge 6.9. Teknik sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi.

	K11			K12			K13			K14		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K11</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,61	0,70	0,80	0,72	1,06	1,41	0,98	1,39	1,77
<b>K12</b>	1,25	1,43	1,63	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	1,18	1,68	2,17	1,70	2,08	2,52
<b>K13</b>	0,71	0,94	1,38	0,46	0,59	0,85	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	1,15	1,45	1,83
<b>K14</b>	0,57	0,72	1,02	0,40	0,48	0,59	0,55	0,69	0,87	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Teknik sebeplerin alt kriterlerine ait bulanık karar matrisine BAHP çözüm basamakları sırasıyla uygulanmıştır. Formül (2), (3) ve (4) ile gerekli hesaplamalar yapılarak teknik kriterlere ait her bir alt kriter için bulanık sentetik mertebe değerleri bulunmuştur. Çizelge 6.10.'da bu sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. Teknik sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri.

	TOPLAM						S matrisi		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	$1/\sum l$	$1/\sum m$	$1/\sum u$	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K11</b>	3,32	4,15	4,98	0,05	0,06	0,07	0,16	0,24	0,35
<b>K12</b>	5,13	6,20	7,33	0,05	0,06	0,07	0,25	0,36	0,51
<b>K13</b>	3,32	3,99	5,06	0,05	0,06	0,07	0,16	0,23	0,35
<b>K14</b>	2,51	2,89	3,48	0,05	0,06	0,07	0,12	0,17	0,24

$$S_{K11} = (3,32; 4,15; 4,98) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,16; 0,24; 0,35)$$

$$S_{K12} = (5,13; 6,20; 7,33) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,25; 0,36; 0,51)$$

$$S_{K13} = (3,32; 3,99; 5,06) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,16; 0,23; 0,35)$$

$$S_{K14} = (2,51; 2,89; 3,48) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,12; 0,17; 0,24)$$

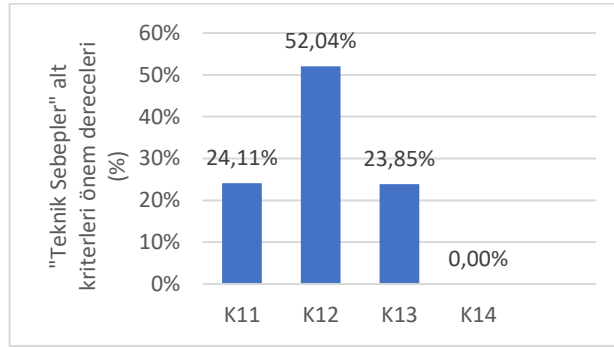
Teknik sebepler alt kriterlerinin bulanık sentetik mertebe değerleri, her alt kriterin toplam *l*, *m*, *u* değerleri ile sütun toplamlarının tersi alınarak elde edilen sonuçların çarpımları ile bulunmuştur.

S matrisinde yer alan veriler ile  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesinin hesaplanması için formül (5) ve (6) uygulanmıştır. Çizelge 6.11.'de elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 6.11. Teknik sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.

	K11	K12	K13	K14	MİN	AĞIRLIK(W)
K11	X	0,46	1,00	1,00	0,46	0,24
K12	1,00	X	1,00	1,00	1,00	0,52
K13	0,95	0,46	X	1,00	0,46	0,24
K14	0,54	0,00	0,57	X	0,00	0,00
				TOPLAM	1,92	

Yapılan hesaplamalar sonucunda bulunan verilerin gösterildiği Çizelge 6.11.’de her bir alt kritere ait satırın minimum değerleri tespit edilip toplam ifadesi bulunmuştur. Kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması bulunan bu minimum değerlerin, minimumlar toplamına bölünmesi ile gerçekleştirilmiştir. İşlem basamaklarının uygulanması sonucunda önem dereceleri belirlenen dört alt kritere ilişkin yüzde önemlilik dereceleri Şekil 6.4.’te gösterilmektedir.



Şekil 6.4. Teknik sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri.

Teknik sebepler içinde demir-çelik sektörünün yenilenebilir kaynak kullanımını düşürecek en etkili alt kriter %52,04 pay ile “Ar-Ge teknolojilerinin yetersizliği” olarak saptanmıştır. “Fizibilite ve ölçüm eksiliği” teknik sebebi %24,11 oranında etkilerken, “Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması” kriterinin %23,85 oranında bir etki düzeyi olduğu belirlenmiştir. Teknik sebep olarak değerlendirilen “İnsan gücü yetersizliği” alt kriterinin, yapılan hesaplamalar sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe kullanımına bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

“Çevresel sebepler” üçüncü önem derecesine sahip ana kriterdir. Dört alt kriteri bulunan bu ana kriterin önem derecesi %22,46 olarak hesaplanmıştır. Çevresel sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık karar matrisi Çizelge 6.12.’de verilmiştir.

Çizelge 6.12. Çevresel sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi.

	K41			K42			K43			K44		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K41</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,67	0,94	1,27	0,50	0,66	0,88	1,10	1,35	1,61
<b>K42</b>	0,79	1,06	1,50	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,61	0,86	1,20	1,06	1,39	1,82
<b>K43</b>	1,14	1,51	2,01	0,83	1,16	1,64	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	0,90	1,21	1,57
<b>K44</b>	0,62	0,74	0,91	0,55	0,72	0,95	0,64	0,83	1,11	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Çevresel sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisine BAHP yönteminin formül (2), (3) ve (4)’te verilen işlemleri sırasıyla uygulanarak her bir alt kriter için bulanık sentetik merteye değerleri bulunmuştur. *l*, *m*, *u* değerlerinin toplanarak elde edildiği veriler ile s matrisinin oluşturulması aşağıda Çizelge 6.13.’te gösterilmektedir.

Çizelge 6.13. Çevresel sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik merteye değerleri.

	TOPLAM						S matrisi		
	<i>l</i>	<i>M</i>	<i>u</i>	$1/\sum l$	$1/\sum m$	$1/\sum u$	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K41</b>	3,26	3,95	4,76	0,05	0,06	0,07	0,16	0,24	0,36
<b>K42</b>	3,45	4,32	5,53	0,05	0,06	0,07	0,17	0,26	0,41
<b>K43</b>	3,87	4,88	6,22	0,05	0,06	0,07	0,19	0,30	0,46
<b>K44</b>	2,81	3,29	3,97	0,05	0,06	0,07	0,14	0,20	0,30

$$S_{K41} = (3,26; 3,95; 4,76) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,16; 0,24; 0,36)$$

$$S_{K42} = (3,45; 4,32; 5,53) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,17; 0,26; 0,41)$$

$$S_{K43} = (3,87; 4,88; 6,22) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,19; 0,30; 0,46)$$

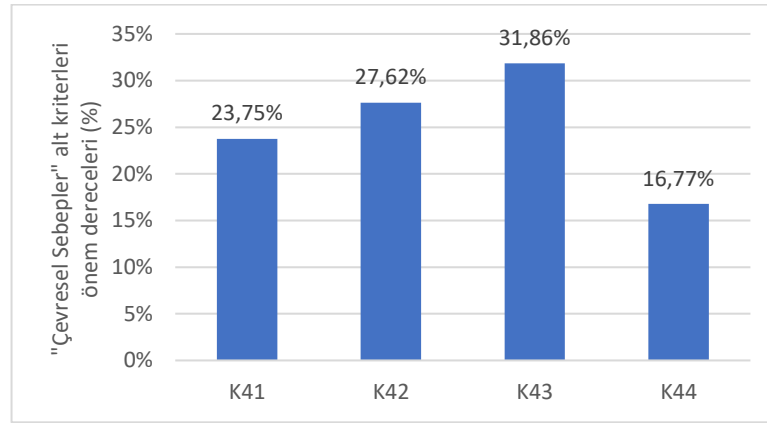
$$S_{K44} = (2,81; 3,29; 3,97) * (0,05; 0,06; 0,07) = (0,14; 0,20; 0,30)$$

Dört alt kritere dair ayrı ayrı olarak hesaplanan bulanık sentetik merteye değerleri, Çizelge 6.13.’te gösterildiği şekilde elde edilen toplam *l*, *m*, *u* değerleri ile bu değerlerin sütun toplamalarının tersleri çarpılarak elde edilmiştir. Elde edilen verilere  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesinin hesaplanması için formül (5) ve (6) uygulanarak alt kriterlerin önem ağırlıkları bulunmuştur. Çizelge 6.14.’te bu hesaplamaların sonuçları gösterilmektedir.

Çizelge 6.14. Çevresel sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.

	K41	K42	K43	K44	MIN	AĞIRLIK(W)
K41	X	0,89	0,75	1,00	0,75	0,24
K42	1,00	X	0,87	1,00	0,87	0,28
K43	1,00	1,00	X	1,00	1,00	0,32
K44	0,77	0,67	0,53	X	0,53	0,17
				<b>TOPLAM</b>	<b>3,14</b>	

BAHP yönteminin son basamaklarında kriterlerin önem ağırlıkları bulunurken kullanılan formül (7) uygulanarak her bir satırın minimum değeri ve bu minimum değerlerin toplamı belirlenmiştir. Her bir minimum değer, minimumlar toplamına bölünmesi ile çevresel sebeplere ait alt kriterlerin önem dereceleri hesaplanmıştır. Şekil 6.5.'te bu hesaplamaların yüzdesel olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 6.5. Çevresel sebeplere ilişkin alt kriterlerin önem dereceleri.

Yenilenebilir kaynakların demir-çelik sektöründe enerji üretimi için düşük oranlarda yer almasının çevresel sebepleri arasında en yüksek pay %31,86 oranı ile “Alt yapının yetersiz olması” alt kriterine aittir. “Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (Ör. Rüzgâr ve güneş enerjisi için)” yoğun ve sürekli enerji gereksinimine ihtiyaç duyan demir-çelik sektörünü %27,62 oranında yenilenebilir kaynakların tercih edilmemesinde etkilemiştir. “Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi” %23,75 oranında bir etkiye sahipken, “Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar” alt kriterinin %16,77 oranında etkisi olduğu saptanmıştır.

Demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmamasında etkisi bulunan en düşük önem derecesine sahip ana sebep %11,72 oranı ile “Sosyal sebepler” olarak belirlenmiştir. Üç tane alt kriterden oluşan sosyal sebeplere ilişkin bulanık karar matrisi, uzman görüşlerinden alınan verilerin geometrik ortalamaları hesaplanarak elde edilmiştir. Çizelge 6.15.’te bu matris gösterilmektedir.

Çizelge 6.15. Sosyal sebepler alt kriterleri bulanık karar matrisi.

	K31			K32			K33		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K31</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	1,60	1,97	2,33	1,64	2,15	2,61
<b>K32</b>	0,43	0,51	0,62	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	1,59	1,96	2,29
<b>K33</b>	0,38	0,47	0,61	0,44	0,51	0,63	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

Sosyal sebepler alt kriterlerinin önem derecelerini hesaplamak amacıyla BAHP işlem basamakları sırasıyla uygulanmıştır. Diğer kriterlerin hesaplanmasında uygulanan adımlar bu alt kriterler için de gerçekleştirilerek bulanık sentetik mertebe değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 6.16.’da bu hesaplamalar gösterilmektedir.

Çizelge 6.16. Sosyal sebeplere ilişkin alt kriterlerin bulanık sentetik mertebe değerleri.

	TOPLAM						S matrisi		
	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>	$1/\sum l$	$1/\sum m$	$1/\sum u$	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
<b>K31</b>	4,24	5,12	5,95	0,08	0,09	0,11	0,35	0,48	0,66
<b>K32</b>	3,02	3,46	3,91	0,08	0,09	0,11	0,25	0,33	0,43
<b>K33</b>	1,82	1,98	2,24	0,08	0,09	0,11	0,15	0,19	0,25

$$S_{K31} = (4,24; 5,12; 5,95) * (0,08; 0,09; 0,11) = (0,35; 0,48; 0,66)$$

$$S_{K32} = (3,02; 3,46; 3,91) * (0,08; 0,09; 0,11) = (0,25; 0,33; 0,43)$$

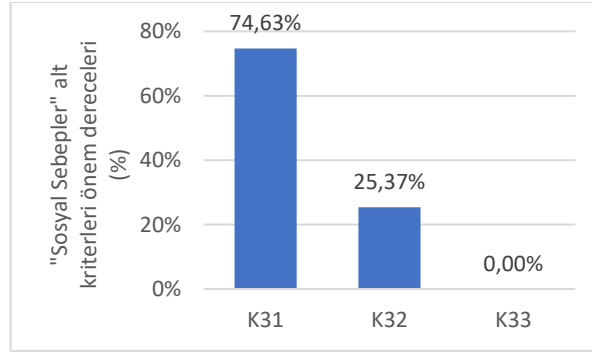
$$S_{K33} = (1,82; 1,98; 2,24) * (0,08; 0,09; 0,11) = (0,15; 0,19; 0,25)$$

Her bir alt kriterin *l*, *m*, *u* değerleri ayrı ayrı toplanarak tersleri hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar ile her kriterin toplam *l*, *m*, *u* değerlerinin çarpılması ile sosyal sebepler alt kriterlerinin bulanık sentetik mertebe değerleri bulunmuştur. Bu işlemlerin devamında  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesinin hesaplanması için formül (5) ve (6) uygulanmıştır. Bulunan sonuçlar ile sosyal sebepler alt kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Çizelge 6.17.’de bu hesaplamalar gösterilmektedir.

Çizelge 6.17. Sosyal sebepler alt kriterlerine ilişkin önem ağırlıklarının hesaplanması.

	<b>K31</b>	<b>K32</b>	<b>K33</b>	<b>MİN</b>	<b>AĞIRLIK(W)</b>
<b>K31</b>	<b>X</b>	1,00	1,00	1,00	0,75
<b>K32</b>	0,34	<b>X</b>	1,00	0,34	0,25
<b>K33</b>	0,00	0,00	<b>X</b>	0,00	0,00
			<b>TOPLAM</b>	<b>1,34</b>	

Çizelge 6.17.'de gösterilen hesaplamalara göre her bir satırın en küçük değeri seçilerek toplamaları bulunmuştur. Her alt kriter için bulunan minimum değerler, minimumlar toplamına bölünerek önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Önem ağırlıklarının yüzdesel olarak sıralanmış gösterimi Şekil 6.6.'da verilmektedir.



Şekil 6.6. Sosyal sebeplere bağlı alt kriterlerin önem dereceleri.

En az önem değeri olan sosyal sebeplerin üç alt kriteri bulunmaktadır. Ancak bunlardan “Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması” alt kriteri, görüşleri alınan uzmanlar tarafından önemsiz olarak değerlendirilmiştir. En önemli (%74,6) sosyal sebebin ise “Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması” alt kriterine bağlı olduğu tespit edilmiştir. “Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek” alt kriterinin de demir-çelik sektöründe yenilenebilir kaynakların tercih durumunu %25,37 oranında etkilediği saptanmıştır.

Ana kriterler ve her bir ana kritere bağlı alt kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılarak önem dereceleri hesaplanmıştır. Yapılan işlemlerin tutarlı olup olmadığının hesaplanması amacıyla her bir bulanık karar matrisinin tutarlılık oranları hesaplanmıştır.

Bulanık karar matrisi tutarlılık oranı hesaplanırken öncelikle üçgen bulanık matrisin orta sayılarıyla ( $m$ ) oluşturulan  $A_m$  matrisi ile üçgen matrisin alt ve üst sınırlarının ( $l, u$ ) geometrik ortalaması alınarak oluşturulan  $A_g$  matrisi bulunmuştur. Bu matrislerden elde edilen veriler ile CI ve CR değerleri her iki matris için de ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen tutarlılık oranları Çizelge 6.18.'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.18. Kriterlerin tutarlılık oranları.

	Ana Kriterler	Teknik Sebepler	Ekonomik Sebepler	Sosyal Sebepler	Çevresel Sebepler
<b>CR<sub>m</sub></b>	0,00	0,00	0,01	0,04	0,01
<b>CR<sub>g</sub></b>	0,01	0,00	0,02	0,10	0,03

Bulanık AHP yöntemine göre hesaplanan CR<sub>m</sub> ve CR<sub>g</sub> tutarlılık oranlarının 0,10'dan küçük çıkması matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir. Hesaplanan sonuçlara göre ana kriter ve ana kriterlere ilişkin alt kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplandığı bulanık karar matrislerinin tutarlı olduğu görülmektedir.

Hesaplanan sonuçlara bağlı olarak tüm kriterlerin önemlilik derecelerine göre sıralanışı aşağıda Çizelge 6.19.'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.19. Tüm kriterlerin önem derecelerine göre sıralanması.

ANA KRİTERLER	ÖNEM DERECELERİ	ALT KRİTERLER		ÖNEM DERECELERİ
<b>K2 EKONOMİK SEBEPLER</b>	<b>0,3893</b>	K21	Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması	0,1393
		K27	Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi	0,1270
		K29	Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması	0,1143
		K23	Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağı düşünülmesi	0,1106
		K26	Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları	0,1090
		K24	Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili devlet kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması	0,1072



Çizelge 6.9. (devam ediyor)

<b>K2 EKONOMİK SEBEPLER</b>	<b>0,3893</b>	K25	Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması	0,0993
		K22	Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağını düşünülmesi	0,0977
		K28	Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi	0,0956
<b>K1 TEKNİK SEBEPLER</b>	<b>0,2689</b>	K12	AR-GE teknolojilerinin yetersizliği	0,5204
		K11	Fizibilite ve ölçüm eksikliği	0,2411
		K13	Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması	0,2385
		K14	İnsan gücü yetersizliği	0,0000
<b>K4 ÇEVRESEL SEBEPLER</b>	<b>0,2246</b>	K43	Alt yapının yetersiz olması	0,3186
		K42	Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (ör. Rüzgâr ve güneş enerjisi için)	0,2762
		K41	Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi	0,2375
		K44	Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar	0,1677
<b>K3 SOSYAL SEBEPLER</b>	<b>0,1172</b>	K31	Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması	0,7463
		K32	Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek	0,2537
		K33	Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması	0,0000

Çalışma süresince yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler toplu olarak Çizelge 6.19.'da gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe yaygın olarak tercih edilmemesinde etkili olan faktörler, önemlilik durumları ile beraber sunulmaktadır.

## BÖLÜM 7

### SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma demir-çelik sektörünün öncülerinden olan Karabük şehrinde uygulanmıştır. Karabük ilinde 13 demir-çelik işletmesinden alınan uzman görüşlerine dayanarak, bu sektörde yenilenebilir enerji kaynaklarının durumu analiz edilmiştir. Görüşleri alınan uzmanların yer aldığı işletmelerin yalnızca birinde elektrik enerjisi tek başına kullanılırken, diğer 12 işletmede elektrik enerjisine ek olarak fosil enerji (kömür, doğalgaz, petrol) kullanılmaktadır. Çoğu uzman işletmede kullanılan enerji kaynağının doğaya verdiği zarar konusunda hemfikirdir. Değerlendirme yapan uzmanlardan çoğu, enerjinin yenilenebilir kaynaklardan üretimini yararlı ve kârlı bulmakta ancak, işletmelerin yalnızca bir tanesinde yenilenebilir kaynaklardan olan güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlanmakta olduğu görülmektedir.

Karabük'teki demir-çelik işletmelerinden alınan uzman görüşlerine dayanarak yapılan analizlere göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe yeteri kadar kullanılamamasının en önemli nedeni %38,9 oranında "Ekonomik sebepler" olarak belirlenmiştir. Ekonomik sebeplere göre enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların yeteri kadar tercih edilememesinin en önemli üç nedeni, önemlilik sırasına göre "Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması" kriterinin %13,9 oranında, "Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi" kriterinin %12,7 oranında ve "Kredi ve finansman düzeneklerinin yetersiz olması" kriterinin de %11,4 oranında etkili olduğu saptanmıştır. Literatürde yapılan bir çalışmada, kaynakların elektrik üretimine kazandırılması için düşünülen destekleme politikasının olmaması, ekonomik açıdan yenilenebilir enerji kaynakları önündeki engel olduğu vurgulanmaktadır [100]. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla yararlanan ülkelerin, ekonomilerinin oldukça yüksek olduğu ve ileri teknolojik sistemlere sahip oldukları görülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'de ise, yenilenebilir kaynaklara yatırım her geçen gün artmakla birlikte henüz

yeterli seviyeye ulaşılamamıştır. Ayrıca ülkemizde bu alanda yapılan teşvik çalışmalarının artırılması da yenilenebilir kaynaklarının kullanımını arttıracaktır.

Yapılan analizler, ülkemizde demir-çelik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük oranlarda kullanımının %26,8 oranında “Teknik sebeplere” bağlı olduğunu göstermiştir. Teknik sebepler içinde “Ar-Ge teknolojilerinin yetersizliği” sektörü etkileyen en önemli (%52,4) alt kriterdir. Ülkemizde özellikle son dönemlerde üniversite-sanayi iş birlikleri artırılmış, Ar-Ge çalışmalarına hız kazandırılmış olmasına rağmen, ülkemizin bu alandaki teknolojik imkânları henüz yeterli düzeye ulaşamamıştır. Diğer bir alt kriter olarak “Fizibilite ve ölçüm eksikliği” kriterinin de teknik açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarından istenilen ölçüde yararlanılamamasında %24,1’lik bir payı olduğu saptanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça yüksek potansiyeli olan ülkemizde uygulanabilirlik çalışmalarının artması ile mevcut potansiyelden daha fazla yararlanma imkânı sağlanacaktır. “Bazı enerji kaynaklarının inşaat sürelerinin uzun olması” kriterinin de yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe düşük paya sahip olmasını %23,8 oranında etkilediği saptanmıştır. Teknik sebepler özellikle güneş ve rüzgâr enerjilerinin Dünya ve Avrupa ülkelerinde geride kalmasına önemli bir nedeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Oysaki Türkiye coğrafi konumu bakımından güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarına sahip olduğu bilinen bir ülkedir [149,150].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründe yaygın olarak kullanılamamasında “Çevresel sebepler” %22,4 oranında etki etmiştir. Karabük demir-çelik işletmelerindeki uzmanların görüşlerine dayanarak çevresel sebeplerden “Alt yapının yetersiz olması” kriteri en etkili sebep (%31,8) olarak belirlenmiştir. Özellikle fosil kaynaklı enerji yerine alternatif olarak tercih edilecek kaynaklara yönelimin üst düzeyde olduğu gelişmiş ülkelerde, sağlam alt yapı çalışmaları ile kurulu güç oranlarının artırılması son derece önemlidir. Ülkemizde “Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi” yoğun enerji gereksinimi olan demir-çelik sektörünü etkileyen, %27,6 oranında önemlilik derecesine sahip olan çevresel sebep olarak belirlenmiştir. Özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi, sonsuz enerji kaynakları olmalarına rağmen dönemsel olarak yaşanan güç kaybından dolayı, demir-çelik sektöründe çok fazla tercih edilmemiştir. %23,7 oranında etkisi bulunan “Rezerv potansiyelinin

yetersiz olduğu düşüncesi” ölkemizin kaynaklarından yeterince yararlanılmamasına sebep olmaktadır. Yenilenebilir enerji santrallerinin “Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar” yaratması da çevresel sebeplerden olmakla birlikte aslında yetersiz fizibilite çalışmasının da bir sonucu olmaktadır. Ayrıca yapılan diğerk çalışmalar da Dünyada giderek büyüyen enerji talebinin, özellikle fosil yakıtların oluşturduğu çevresel sorunlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır [151].

Bu çalışmada, “Sosyal sebepler” kriterinin %11,7 oranında demir-çelik sektörünün enerji kaynakları tercihinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. “Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması” ölkemizin yenilenebilir kaynak potansiyelinden yeterince yararlanılamamasında en önemli (%74,6) sosyal problemdir. Doğru bilgiye ulaşmadaki gerek teknolojik gerek teknik yetersizlik ve bilgisizlik, enerji sektörünü de sekteye uğratmıştır. Ayrıca ölkemizde uzman olmayan kişilerin söylemlerinden etkilenme durumu, enerji santrallerini de %25,3 oranında etkileyerek “Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek” şeklinde demir-çelik sektörüne yansımıştır.

Teknik sebeplere bağılı “İnsan gücü yetersizliğı” kriteri ile sosyal sebeplere bağılı “Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması” kriterinin BAHP yöntemi sonuçlarına göre etki değerleri olmadığı saptanmıştır. Ancak bu kriterler, yenilenebilir enerji kaynaklarının demir-çelik sektöründeki durumunu başka yöntemler kullanılarak analiz edilmesine katkı sağlaması amacıyla yine de çalışmada gösterilmiştir.

Türkiye’nin, küresel demir çelik sektöründe üst sıralarda yer alabilmesi için endüstri katma değeri ve rekabet gücüyle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırması ve yatırımların artırılması gerekmektedir. Bu çalışmada işletmelerin en sık karşılaştığı sorunlar sırasıyla ekonomik, teknik, çevresel ve sosyal sebepler olarak belirlenmiştir. Bu sorunların çözümüne yönelik; ölkemizin yasal düzenlemeler çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik rekabet gücünü artırması, yeni gelişmeleri yakından takip etmesi, idari ve teknik süreçleri kolaylaştırması, ölkede genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla yaygınlaşmasını sağlaması

gerekir. Bu sayede ÷lkemizde demir-elik işletmelerinin girdi maliyetlerinin dūřmesi, üretim miktarlarının artması, iř hacminin büyümesi beklenmektedir. Aynı zamanda ÷lkemizin kalkınma düzeylerinin de hızlanmasına katkı sağlayacaktır.

Dünyada da demir-elik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak amaçlı çalışmalar her geçen gün çoğalmaktadır. Alman elik üreticileri tarafından yapılan son çalışmalar ile sadece hidrojen kullanılarak elik yüksek fırınının çalışması sağlanmıştır. İlk kez hayata geçirilen bu çalışma, elik üretiminde kömüre olan ihtiyacın ortadan kaldırılması için büyük bir adım olarak kabul edilmektedir. Almanya’da keşfedilen bu yeni teknik ile 2030 yılına kadar emisyonların %30 daha az olacağı öngörülmektedir. ABD Enerji Bilimleri Topluluğu tarafından açıklanan bilgilere göre 1000 kg elik üretimi için 780 kg kömür gerektiren yüksek fırınlardan dolayı dünyada her yıl bir milyar ton kömür tüketilmektedir. Yüksek kullanım oranı olan kömürün henüz yerini alabilecek kadar hidrojen bulunmadığından, bilim insanları tarafından daha fazla hidrojen yapmanın yolları aranmaktadır [152]. Son dönemlerde dikkat çekmeye başlayan bu yöntem ile ilgili ÷lkemizde de henüz yapılmış bir çalışma olmadığı gör÷lmektedir.

Özellikle gelişmiş ÷lkelerde, yoğun enerji gereksinimi olan demir-elik sektöründe emisyonları düşürmeye yönelik çalışmalar çeşitli fonlarla desteklenirken, ÷lkemiz hem üretim hem de dış ticaret konusunda ilk 10 ÷lke arasında olmasına rağmen yeterince faaliyet gösterilmektedir. WWF (Avrupa’nın en büyük yenilenebilir enerji üreticisi) bu konuda; Türkiye’nin enerji sektöründe karbonsuzlaştırılmaya gidilmesi gerektiğini hem çevresel hem de sosyal bakımdan sürdürülebilir bir sistem oluşturulması gerektiğini, Türkiye’de hidroelektrik enerjiye ek olarak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının da kullanımını destekleyecek yasal düzenlemelerin gerekliliğini savunmaktadır. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları bakımından ihtiyacı karşılayabilecek güce sahip olan Türkiye’nin bu konuda atacağı adımlar ile uygun politikalar geliştirildiğinde, elektrik üretiminde bağımlılığın her geçen yıl azalacağı görüşü öngörülmektedir [153].

Ülkemizin gelecekteki vizyonunu gerçekleştirebilmesi için en önemli sektörlerden biri, demir elik sektörüdür. Yenilebilir enerji kaynaklarının demir elik sektöründe

yaygınlaştırılması için Karabük işletmelerinin de sürece dahil olması gerekir. Ancak, Karabük'te işletme kültürünün aile kültüründen etkilenmesi, kuşaklar arası çatışmaların yaşanması, yenilikçi fikirlere açık olunmaması ve ekonominin dış kaynaklara bağımlı olmaması, küresel rekabet bilincinin zayıf olması yenilenebilir enerji kaynak yatırımlarının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bu konuda işletmelerin kurumsallaşma süreci hakkında bilgilendirilmesi, yenilebilir enerji kaynaklarıyla ilgili planlamalar yapılması ve uygulamaların kısa sürede hayata geçirilmesi büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Şeker, V., “Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının ANP ile modellenmesi ve analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2010).
2. Keleş, R., Hamamcı, C. ve Çoban, A., “Çevre Politikası”, *İmge Kitabevi Yayınları*, 9. Baskı, Ankara, 2009: 149.
3. Narin, M., “Türkiye'nin enerji yapısı ve izleyeceği öncelikli politikalar”, *Asodosya Ankara Sanayi Odası Dergisi*, 50-68, Ağustos-Eylül, Ankara (2008).
4. Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D. ve Avcı, E.D., “Türkiye'nin geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması”, *Mersin Üniversitesi*, (2005).
5. Akdağ, S. ve İskenderoğlu, Ö. “Avrupa Birliğine üye ve aday ülkelerde yenilenemeyen enerji, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi”, *Turkish Studies*, 13/30 (2018).
6. Önder, S. ve Ocak, R. Ö., “Sürdürülebilir enerji kaynaklarının avantajları”, *Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi*. (2018).
7. Şahin, N., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyel ve potansiyelin değerlendirilmesine yönelik politikalar”, Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Çanakkale (2019).
8. Özgan İ. “Toplu konutlarda taşıyıcı olmayan dış duvarların yaşam döngü değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle incelenmesi, Düzce örneği”, Bitmemiş Doktora Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce (2018).
9. Mangan, S. D., “Yaşam döngüsü enerji ve maliyet etkinliği açısından konut binalarının performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak bir yaklaşım”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul (2015).
10. Koç, E. ve Şenel, M. C. “Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu- Genel Değerlendirme”, *Mühendis ve Makina*, cilt 54, sayı 639, s. 32-44 (2013).
11. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* 4(2), 33-54 (2012).
12. İnternet: International Energy Agency, “World”, <https://www.iea.org/world> (2020).

13. İnternet: International Energy Agency, “Electricity Generation by Fuel and Scenario, 2018-2040”, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-generation-by-fuel-and-scenario-2018-2040> (2020).
14. Çepik, B., “Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye’de yenilenebilir enerji politikaları”, Doktora Tezi, *Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul (2015).
15. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Dünya ve Türkiye enerji ve tabii kaynaklar görünümü”, *Strateji Geliştirme Başkanlığı*, Sayı 15 (2017).
16. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Nükleer santraller ve ülkemizde kurulacak nükleer santrale ilişkin bilgiler”, *Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı*, Yayın No:1.
17. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Enerji Diplomasisi”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Diplomasisi> (2020).
18. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, “On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)”, *Yönetim Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bilgi ve Belge Yönetimi Dairesi Başkanlığı*, Ankara (2019).
19. Arnold, N., “Enerji Canavarı”, (Çev. Elif Kıral), *Timaş Yayınları*, İstanbul (2009).
20. Ertürk, H., "Çevre Bilimlerine Giriş", *Ceylan Matbaacılık*, Bursa, 40-42 (1996).
21. Koç, E. ve Kaya, K. “Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu”, *Mühendis ve Makina*, Cilt 56, Sayı 668, s. 36-47 (2015).
22. İnternet: International Renewable Energy Agency, “Renewable Capacity Highlights”, [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/RE\\_capacity\\_highlights\\_2019.pdf?la=en&hash=BA9D38354390B001DC0CC9BE03EEE559C280013F](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Mar/RE_capacity_highlights_2019.pdf?la=en&hash=BA9D38354390B001DC0CC9BE03EEE559C280013F) (2020).
23. İnternet: Elektrik Üretim A. Ş., <https://www.euas.gov.tr/> (2020).
24. KPMG, “Enerji-Sektörel Bakış”, *kpmg.com.tr*, (2019).
25. Türkiye Taşkömürü Kurumu, “2018 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu”, Mayıs, (2019).
26. Torunoğlu Gedik, Ö., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2015).
27. İnternet: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, “Enerji ve Kömür”, <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur//enerji-ve-komur/232> (2020).



28. İnternet: International Energy Agency, “Coal”, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/coal> (2020).
29. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Kömür”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> (2020).
30. İnternet: International Energy Agency, “Turkey”, <https://www.iea.org/countries/turkey> (2020).
31. İnternet: Enerji Atlası, “Ülkelere Göre Dünya Petrol Rezervi”, <https://www.enerjiatlası.com/rezerv/dunya-petrol-rezervi.html> (2020).
32. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Petrol”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> (2020).
33. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “Petrol Rezervlerinin Ömrü”, <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=28> (2020).
34. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Doğalgaz”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> (2020).
35. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “Doğalgaz Üretimi”, <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=31> (2020).
36. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “Doğalgaz Tüketimi”, <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=33> (2020).
37. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “Doğalgaz Rezervlerinin Ömrü”, <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=32> (2020).
38. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, “Ülkeler Bazında Doğalgaz İthalatı”, <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=43> (2020).
39. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Nükleer Enerji”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> (2020).
40. Kaya, İ. S., “Nükleer enerji dünyasında çevre ve insan”, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 2012-1, Sayı: 24, (2012).
41. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Dünyada Nükleer Enerji”, <https://nukleer.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dunyada-Nukleer-Guc-Santralleri> (2020).
42. Erkin, E., “Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve Karabük ili hidroelektrik enerji potansiyelinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük (2019).
43. İnternet: Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, “Yenilenebilir Enerji”, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir.aspx> (2020).

44. Büyükikiz, Ş., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana (2019).
45. İnternet: International Energy Agency, “Data and Statistics”, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts?energy=hydropower&page=6> (2020).
46. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Müdürlüğü, **2018 Faaliyet Raporu**, Ankara, (2019).
47. Yıldız, D., “YEKDEM’e kayıtlı HES’lerin üretim verimliliği”, **Hidroenerji Raporu**, Su Politikaları Derneği, (2019).
48. İnternet: International Renewable Energy Agency, “Wind Energy”, <https://www.irena.org/wind> (2020).
49. İnternet: Global Wind Energy Council, “GWEC Windsights”, <https://gwec.net/windsights/> (2020).
50. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, “Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu”, **8. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kongresi**, Kasım, Ankara (2019).
51. Adıyaman, Ç., “Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikaları”, Yüksek Lisans Tezi, **Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Niğde (2012).
52. International Energy Agency, “Trends in photovoltaic applications”, **REPORT IEA PVPS T1-36** (2019).
53. İnternet: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Türkiye Günlük Güneşlenme Süreleri”, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Gunluk-Guneslenme-Suresi.pdf> (2020).
54. İnternet: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Türkiye Yıllık Global Güneş Radyasyonu”, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yillik-G%C3%BCnes-Radyasyonu.pdf> (2020).
55. İnternet: T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Ortalama Güneşlenme Süresi”, <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> (2020).
56. İnternet: International Renewable Energy Agency, “Solar Energy”, <https://www.irena.org/solar> (2020).
57. İnternet: U.S. Energy Information Administration, “Renewable Geothermal”, <https://www.eia.gov/kids/energy-sources/geothermal/> (2020).
58. İnternet: International Geothermal Association, “Geothermal Power Database”, <https://www.geothermal-energy.org/explore/our-databases/geothermal-power-database/> (2020).

59. İnternet: Enerji Atlası, “Geothermal Power Plant by Country”, <http://en.enerjiatlası.com/geothermal-power-plant-by-country.html> (2020).
60. İnternet: T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Jeotermal”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (2020).
61. İnternet: Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, “Biyokütle Enerjisinin Avantajları”, [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle\\_enerjisi\\_adv.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi_adv.aspx) (2020).
62. Gizlenci, Ş., Acar, M. ve Şahin, M., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının (biyodizel, biyoetanol ve biyokütle) projeksiyonu”, *Researchgate*, (2019).
63. İnternet: International Renewable Energy Agency, “Bioenergy”, <https://www.irena.org/bioenergy> (2020).
64. İnternet: International Energy Agency, “Data and Statistics”, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts?energy=bioenergy&page=6> (2020).
65. İnternet: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Elektrik”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> (2020).
66. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Ulusal enerji verimliliği eylem planı 2017-2023”, Ankara (2018).
67. Uçar, S., “Rüzgâr enerjisiyle elektrik üretimi ve Kayseri ili için çevresel etkilerin değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
68. Uysal, F., “Türkiye' de yenilenebilir enerji alternatiflerinin seçimi için GRAF teori ve matris yaklaşımı”, *Ekonometri ve İstatistik*, 13:23-40, (2011).
69. Çelik. S., “Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir (2012).
70. Sadeghi, A., Larimian, T. ve Molabashi, A., “Evaluation of renewable energy sources for generating electricity in province of Yazd: A fuzzy MCDM approach”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62 :1095 – 1099, ( 2012 ).
71. Mahmutoğlu, M., “Türkiye elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin rolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversite Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara (2013).
72. Ayan, T., ve Pabuçcu, A., “Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3):89-110, (2013).

73. Ertay, T., Kahraman, C. ve Kaya, İ., “Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: The case of Turkey”, *Technological and Economic Development of Economy*, Volume 19(1): 38–62, (2013).
74. Şengül, Ü., Tan. S., Atak, Ş. ve Şengül, A. B., “Türkiye Gökçeada’da yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli”, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 6(11):41-55, (2014).
75. Vatansever, K. ve Öncel, M., “An implementation of integrated multi-criteria decision making techniques for academic staff recruitment”, *Journal of Management, Marketing and Logistics*, Volume 1, Issue 2 (2014).
76. Eroğlu, H., “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Metodu (FAHP) Kullanılarak Rüzgâr Santralleri için En Uygun Yer Tayini”, *Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, 27 – 29 Kasım, Bursa, (2014).
77. Sağır, H. ve Doğanalp, B., “Bulanık çok-kriterli karar verme perspektifinden Türkiye için enerji kaynakları değerlendirmesi”, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1): 233- 256, (2016).
78. Damgacı, E., Boran, K., ve Boran, F. E. “Sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 20(3): 629-637, (2017).
79. Özcan, E., C., Ünlüsoy, S. ve Eren, T., “ANP ve TOPSIS yöntemleriyle Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi”, *SUJEST*, c.5, s.2, (2017).
80. Abdullah, L. ve Najib, L., “Interval type-2 fuzzy analytic hierarchy process for sustainable energy sources selection”, *International Journal of Fuzzy System Applications*, Volume 6, Issue 3, (2017).
81. Cengiz-Toklu, M. ve Taşkın, H., “A fuzzy hybrid decision model for renewable energy sources selection”, *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 6-10, Volume 4, No 1 (2018).
82. Engin, O., Sarucan, A. ve Baysal, M.E., “Türkiye için çok kriterli karar verme yöntemleri ile yenilenebilir enerji alternatiflerinin analizi”, *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, Volume 5, Issue 23, (2018).
83. Baysal, M.E. ve Çetin, N.C., “Priority ranking for energy resources in Turkey and investment planning for renewable energy resources”, *Complex & Intelligent Systems*, 4:261–269, (2018).
84. Tunç, A., Tuncay, G., Alacakanat, Z. ve Sevimli, F., S., “GIS based solar power plants site selection using analytic hierarchy process (AHP) in İstanbul, Turkey”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W13, (2019).

85. Budak, G., Chen, X., Çelik, S. ve Öztürk, B., “A systematic approach for assessment of renewable energy using analytic hierarchy process”, *Energy, Sustainability and Society*, 9:37, (2019).
86. Liu, S.-Y. ve Lee, R.-S., “Analysis of the dilemmas of solar energy application for Taiwan building with Fuzzy AHP approach”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (2019).
87. Solangi, Y. A., Tan, Q., Mirjat, N. H., Valasai, G. D., Khan, M. W. A. ve Ikram, M., “An integrated Delphi-AHP and Fuzzy TOPSIS approach toward ranking and selection of renewable energy resources in Pakistan”, *Processes*, 7, 118; doi:10.3390/pr7020118, (2019).
88. Hapsari, M. A. ve Subiyanto, S., “Fuzzy AHP based optimal design building-attached photovoltaic system for academic campus”, *International Journal of Photoenergy*, Volume 2020, Article ID 6508329, (2020).
89. Ayağ, Z. ve Samanlıoğlu, F., “Fuzzy AHP-GRA approach to evaluating energy sources: a case of Turkey”, *International Journal of Energy Sector Management*, ISSN: 1750-6220, (2020).
90. Ersöz, T., Düğenci, M., Ünver, M. ve Eyiöl, B., “Demir çelik sektörüne genel bir bakış ve beş milyon ton üstü demir çelik ihracatı yapan ülkelerin kümeleme analizi ile incelenmesi”, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt 4(2), 75-90, (2015).
91. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Alt sektörlerde enerji verimli teknolojiler”, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı.
92. La Perna, D. D., Salman, M., Komioti, N., Janssen, R., Yakut, O., Oguzoncul, E. ve Unlu, O., “Avrupa Birliği/Katılım öncesi yardım aracı (IPA), enerji sektörü teknik yardım projesi, enerji verimliliği için danışmanlık hizmetleri”, *MWH Öncülüğünde JV tarafından uygulanan proje*, (2016).
93. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, “Demir çelik sektör raporu”, *Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü*, (2019).
94. Akman, E., “Dünya’da ve Türkiye’de demir çelik sektörü ve Türk demir çelik sektörünün rekabet gücü”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Zonguldak (2007).
95. İnternet: Worldsteel Association, “Crude Steel Production Monthly”, [https://www.worldsteel.org/internet-2017/steel-by-topic/statistics/steel-data-viewer/MCSP\\_crude\\_steel\\_monthly/CHN/IND/TUR/WORLD\\_ALL](https://www.worldsteel.org/internet-2017/steel-by-topic/statistics/steel-data-viewer/MCSP_crude_steel_monthly/CHN/IND/TUR/WORLD_ALL) (2020).
96. İnternet: International Energy Agency, “Iron and Steel”, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/iron-steel> (2020).

97. İnternet: International Energy Agency, “Tracking Industry”, <https://www.iea.org/reports/tracking-industry/iron-and-steel#abstract> (2020).
98. İnternet: Worldsteel Association, “Raw Materials”, <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/raw-materials.html> (2020).
99. İnternet: Karabüknet Haber, “KARDEMİR’e AR-GE Merkezi Belgesi Verildi”, <https://www.karabuknethaber.com/kardemire-ar-ge-merkezi-belgesi-verildi-76891.html> (2020).
100. İnternet: TMMOB Maden Mühendisleri Odası, “Demir-Çelik Raporu”, [http://www.maden.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=111&tipi=5&sube=0](http://www.maden.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=111&tipi=5&sube=0) (2020).
101. Tatlıdil, F. F. ve Sayın, E. R., “Demir çelik sektörü mevcut durum analizi”, *Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı*, (2011).
102. İnternet: Karabüknet Haber, “Hava Kirliliği Açıklaması”, <https://www.karabuknethaber.com/kardemirden-hava-kirliligi-aciklamasi-47628.html> (2020).
103. Karakaşoğlu, N. “Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama” Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Denizli (2018).
104. Ulucan A., “Yöneylem Araştırması”, *Siyasal Kitabevi*, Ankara, (2004).
105. Karabıçak, Ç., Boyacı, A. İ., Kocabaş Akay, M. ve Özcan, B., “Çok kriterli karar verme yöntemleri karayolu şantiye yeri seçimine ilişkin bir uygulama”, *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13 (2016).
106. Gürün, A. “Sivil havacılık sektöründe iş jeti modeli seçimi: AHP yöntemi uygulaması” Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir (2015).
107. Ersöz, F. ve Kabak, M. “Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, Cilt 19 Sayı 1 (2010).
108. Çakın, E., “Tedarikçi seçim kararında analitik ağ süreci (ANP) ve ELECTRE yöntemlerinin kullanılması ve bir uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İzmir (2013).
109. Daşdemir, G. ve Güngör E., “Çok boyutlu karar verme metotları ve ormancılıkta uygulama alanları”, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:4, Sayı:4, (2002).

110. Bulut, B., “Tarıma dayalı alternatif yakıt kaynaklarından biyoetanol ve Türkiye için en uygun biyoetanol hammaddesi seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
111. Cengiz, M., “Türkiye’deki mevcut koşulların bulanık analitik ağ süreciyle değerlendirilerek uygun tersane yeri seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2007).
112. Başlıgil, H., Yetiz, E., Alcan, P. ve Özkır V., “Application of fuzzy AHP and methods for chemical reactions in nitrochlorobenzen formation”, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 27,177-189, (2009).
113. Gökay Çiçekli, U. ve Karaçizmeli, A., “Bulanık analitik hiyerarşi süreci ile başarılı öğrenci seçimi: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi örneği”, *Ege Strateji Araştırmalar Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1 (71-94), (2013).
114. Uygurtürk, H., “Bankaların internet şubelerinin bulanık MOORA yöntemi ile değerlendirilmesi”, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11(25), (2015).
115. Şişman, B. ve Doğan, M., “Türk bankalarının finansal performanslarının bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleri ile değerlendirilmesi”, *Yönetim ve Ekonomi*, 23(2) (2016).
116. Chang, D.Y., “Applications of the extent analysis method on Fuzzy AHP”, *European Journal of Operational Research*, Volume:95, 649-655, (1996).
117. Dağdeviren, M. ve Yüksel, İ., “A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoral competition level (SCL)”, *Expert Systems with Applications*, 37: 1005-1014, (2010).
118. Çelik, N. ve Murat, G., “Analitik ağ süreci yöntemi ile üniversite dinamik entegre strateji modeli geliştirilmesi”, *Yönetim* Yıl:21 Sayı 67, (2010).
119. Ersöz, F., Kabak, M. ve Yılmaz, Z., “Lisansüstü öğrenimde ders seçimine yönelik bir model önerisi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2):227-249, (2011).
120. Kabak, M., “Birlik hava savunma önceliklerinin tespitine bulanık bir yaklaşım”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 10(2):1-17, (2011).
121. Ersöz, F. ve Atay, A., “Çok kriterli karar verme problemlerinde MOORA yöntemi”, *YAEM2011 Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 31. Ulusal Kongresi*, Sakarya Üniversitesi, 31, s. 78-87, (2011).
122. Tayyar, N., “Pet şişe tedarikçisi seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yaklaşımı”, *Süleyman Demiral Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:17, Sayı:3, (2012).

123. Kabak, M. ve Kazançoğlu, Y., “Bulanık analitik hiyerarşi yöntemiyle öğretmen seçimi ve bir uygulama”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1):95-111, (2012).
124. Yıldız, A. ve Deveci, M., “Bulanık VIKOR yöntemine dayalı personel seçim süreci”, *Ege Akademik Bakış*, Cilt:13, Sayı:4, (2013).
125. Yavaş, M., Ersöz, T., Kabak, M. ve Ersöz, F., “Otomobil seçimine çok kriterli yaklaşım önerisi”, *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 1(4):110-118, (2014).
126. Ar, İ. M., Baki, B. ve Özdemir, F. “Kuruluş yeri seçiminde bulanık AHS-VIKOR yaklaşımının kullanımı: Otel sektöründe bir uygulama” *International Journal of Economic and Administrative Studies*, 7(13) (2014).
127. Çelik, P. ve Ustasüleyman, T., “ELECTRE I ve PROMETHEE yöntemleri ile GSM operatörlerinin hizmet kalitesinin değerlendirilmesi”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, Yıl:6, Sayı:12, (2014).
128. Uygun, Ö., Kaçamak, H. ve Kahraman, Ü. A., “An integrated DEMATEL and fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company”, *Computers and Industrial Engineering*, Volume 86, Issue C, (2015).
129. Najafinasb, F., Karbassi, A. R. ve Ghoddousi, J., “Fuzzy analytic network process approach to evaluate land and sea criteria for land use planning in coastal areas”, *Ocean and Coastal Management*, V 116, (2015).
130. Wu, Z., Ahmad, J., ve Xu, J., “A group decision making framework based on fuzzy VIKOR approach for machine tool selection with linguistic information”, *Applied Soft Computing*, (42), 314-324, (2016).
131. Uzun, S. ve Kazan, H., “Çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE karşılaştırılması: Gemi inşada ana makine seçimi uygulaması”, *Journal of Transportation and Logistics*, 1 (1), 99-113, (2016).
132. Ersöz, F., Kıncı, C. ve Ersöz, T., “Selecting a course with the fuzzy MOORA approach”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 369-377. DOI: 10.31590/ejosat.496957, (2018).
133. Şanlı, S. ve Ersöz, F., "Bulanık AHP yöntemiyle işletmelerin yeşil tedarik zinciri yönetimi değerlendirmesi", 2nd *International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, Ankara, Turkey, pp.10-16, (2018).
134. Aksakal, E. ve Dağdeviren, M., “ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt:25, No:4, 905-913, (2010).



135. Alptekin, N., “Analitik ağ süreci yaklaşımı ile Türkiye’de beyaz eşya sektörünün pazar payı tahmini”, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(“): 18-27, (2010).
136. Şevkli, M., Öztekin, A., Uysal, Ö., Torlak, G., Türkyılmaz, A. ve Delen, D., “Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey”, *Expert Systems with Applications*, Cilt:39, No:1, (2012).
137. Özbek, A. ve Eren, T., “Analitik ağ süreci yaklaşımıyla üçüncü parti lojistik (3PL) firma seçimi”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt:27, Sayı:1, (2013).
138. Vatansever, K. ve Uluköy, M., “Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: Üretim sektöründe bir uygulama”, *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:11, Sayı:2, (2013).
139. Shahabi, R. S., Basiri, M. H., Kahag, M. R. ve Zonouzi, S. A., “An ANP-SWOT approach for interdependency analysis and prioritizing the Iran’s steel scrap industry strategies”, *Resources Policy*, 42:18-26, (2014).
140. Tadic, S., S. Zecevic, ve M. Krstic., “A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMETAL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection”, *Expert Systems with Applications*, V 41:8112-8128, (2014).
141. Tepe, S. ve Görener, A., “Analitik hiyerarşi süreci ve MOORA yöntemlerinin personel seçiminde uygulanması”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:13, Sayı:19, (2014).
142. Chang, B., Kuo, C., Wu, C. H. ve Tzeng, G. H., “Using fuzzy analytic network process to assess the risks in enterprise resource planning system implementation”, *Applied Soft Computing*, 28:196-207, (2015).
143. Şimşek, A., Çatır, O. ve Ömürbek, N., “TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile tedarikçi seçimi: Turizm sektöründe bir uygulama”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:18, Sayı:33, (2015).
144. Büyüközkan, G. ve Güleriyüz, S., “An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey”, *International Journal of Production Economics*, 182, 435-448, (2016).
145. Nilashi, M., Ahmadi, H., Ahani, A., Ravangard, R. ve Ibrahim, O., “Determining the importance of hospital information system adoption factors using fuzzy Analytic Network Process (ANP)”, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 111:244-264, (2016).
146. Tunçel, N, Belbağ, S. ve Çimen, M., “Satın alma kriterleri açısından marka sıralama kararının verilmesinde bulanık ELECTRE I yöntemi: Otomobil

sektöründe bir uygulama”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 31 Sayı: 5, (2017).

147. Arroyo, P. ve Molinos-Senante, M., “Selecting appropriate wastewater treatment technologies using a choosing-by-advantages approach”, *Science of the Total Environment*, 625:819-827, (2018).
148. Ebrahimi, M., Aramesh, M. ve Khanjari, Y., “Innovative ANP model to prioritization of PV/T system based on cost and efficiency approaches: With a Case study for Asia”, *Renewable Energy*, 117:434-446, (2018).
149. İnternet: BP Global, “Statistical Review of World Energy”, <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (2020).
150. İnternet: TÜİK, “Temel İstatistikler”, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (2020).
151. Özbilgin, S., “Türkiye enerji piyasaları, doğal gaz dağıtım sektöründe sektör riskinin hesaplanması ve özellikli bir firmada kaynak maliyetinin belirlenmesi”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara, (2011).
152. İnternet: Popular Mechanics, “How to Power a Steel Blast Furnace Using Only Hydrogen”, <https://www.popularmechanics.com/science/green-tech/a29813424/steel-blast-furnace-hydrogen> (2020).
153. Abolhosseini, S., Heshmati, A. ve Altman, J., “A review of renewable energy supply and energy efficiency Technologies”, *IZA Discussion Paper*, No:8145, (2014).

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ ANKET FORMU**

<b>YENİLENEBİLİR ENERJİ ANKET FORMU</b>	
Değerli Katılımcı;	
Elinizdeki anket formu, Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği alanında yapılan Yüksek Lisans bitirme tezine veri elde etmek amacıyla hazırlanmıştır. <i>Toplanan veriler, sadece akademik amaçlı olarak kullanılacaktır.</i> Vereceğiniz bütün bilgiler YALNIZCA akademik olarak değerlendirilecek ve kişisel bilgileriniz tamamen gizli tutulacaktır. Ankete vereceğiniz cevaplar tez çalışması dışında, başka hiçbir amaç için kesinlikle kullanılmayacaktır. İlgi ve katkılarınızdan dolayı şimdiden teşekkür ederiz.	
<b>Lütfen aşağıdaki bilgileri doldurunuz.</b>	
<b>Firma Adı</b>	
<b>Firmanızda çalışan sayısı kaçtır?</b>	
<b>Firmanız büyüklüğüne göre hangi işletme sınıfına girmektedir? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Küçük işletme (1-99 çalışan)
	<input type="checkbox"/> Orta ölçekli işletme (100-499 çalışan)
	<input type="checkbox"/> Büyük işletme (500 ve üstü çalışan)
<b>Firmanızda çevre yönetim sistemine ait hangi belgelere sahipsiniz? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> ISO 14001
	<input type="checkbox"/> ISO 9000
	<input type="checkbox"/> EMAS
	<input type="checkbox"/> Diğer standart, lütfen belirtiniz .....
<b>Firmanızda hangi çeşit enerji kullanmaktasınız? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Fosil Enerji Kaynakları (Kömür, Doğalgaz, Petrol)
	<input type="checkbox"/> Nükleer Enerji
	<input type="checkbox"/> Yenilenebilir Enerji(Hidroelektrik, Rüzgâr, Güneş, Jeotermal, Biokütle, Dalga ve Gelgit Enerjileri)
	<input type="checkbox"/> Elektrik Enerjisi
	<input type="checkbox"/> Diğer, lütfen belirtiniz.....
<b>Firmanızda kullandığınız enerji çeşidinin doğaya zarar verdiğini düşünüyor musunuz? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Evet
	<input type="checkbox"/> Hayır
<b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları nedir, biliyor musunuz? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Evet
	<input type="checkbox"/> Hayır

<b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Yararlı
	<input type="checkbox"/> Yararsız
	<input type="checkbox"/> Kârlı
	<input type="checkbox"/> Kazançsız
<b>Firmanızda Yenilenebilir Enerji konusunda bir çalışma yapılmakta mıdır? Lütfen işaretleyiniz (X)</b>	<input type="checkbox"/> Evet, lütfen belirtiniz.....
	<input type="checkbox"/> Hayır

Aşağıda, ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebeplerine ait 4 ana kriter, 20 alt kriter bulunmaktadır. Kriterlerin birbirine göre önem derecelerini bulmak için ikili karşılaştırma anketi oluşturulmuştur. Her bir kriterin diğer kriterlere göre önemlilik durumuna göre ilgili kısımları lütfen işaretleyiniz (X)

**Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebepleri konusunda aşağıdaki kriterlerden hangisi önemlidir? Hangi derecede önemlidir?**

	<b>Kesinlikle önemli (KÖ)</b>	<b>Çok önemli (ÇÖ)</b>	<b>Önemli (Ö)</b>	<b>Biraz önemli (BÖ)</b>	<b>Eşit derecede önemli (E)</b>	<b>Biraz önemli (BÖ)</b>	<b>Önemli (Ö)</b>	<b>Çok önemli (ÇÖ)</b>	<b>Kesinlikle önemli (KÖ)</b>	
K1:Teknik Sebepler										K2:Ekonomik Sebepler
K1:Teknik Sebepler										K3: Sosyal Sebepler
K1:Teknik Sebepler										K4: Çevresel Sebepler
K2:Ekonomik Sebepler										K3: Sosyal Sebepler
K2:Ekonomik Sebepler										K4: Çevresel Sebepler

K3: Sosyal Sebepler												K4: Çevresel Sebepler
<p><b>Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebeplerinin K1 TEKNİK SEBEPLER'in alt kriterlerinden aşağıdaki kriterlerden hangisi önemlidir? Hangi derecede önemlidir?</b></p>												
	KÖ	ÇÖ	Ö	BÖ	E	BÖ	Ö	ÇÖ	KÖ			
K11:Fizibilite ve ölçüm eksikliği												K12: AR-GE teknolojilerinin yetersizliği
K11:Fizibilite ve ölçüm eksikliği												K13: Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması
K11:Fizibilite ve ölçüm eksikliği												K14: İnsan gücü yetersizliği
K12: AR-GE teknolojilerinin yetersizliği												K13: Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması
K12: AR-GE teknolojilerinin yetersizliği												K14: İnsan gücü yetersizliği
K13: Bazı enerji kaynaklarının (ör. Hidroelektrik enerji) inşaat sürelerinin uzun olması												K14: İnsan gücü yetersizliği
<p><b>Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebeplerinin K2 EKONOMİK SEBEPLER'in alt kriterlerinden aşağıdaki kriterlerden hangisi önemlidir? Hangi derecede önemlidir?</b></p>												
	KÖ	ÇÖ	Ö	BÖ	E	BÖ	Ö	ÇÖ	KÖ			
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması												K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması												K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması												K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması

K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması										K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması										K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K21: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve tüketim maliyetlerinin yüksek olması										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K22: Yatırımdan elde edilecek yıllık gelir miktarının yetersiz olacağının düşünülmesi										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi										K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması
K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi										K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması
K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi										K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları
K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağının düşünülmesi										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi

K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağını düşünülmesi										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K23: Yatırımın kendini ödeme süresinin uzun olacağını düşünülmesi										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması										K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması
K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması										K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları
K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi
K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K24: Enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili dev. kurumları tarafından ulusal ve uluslararası düzeyde planlamanın eksik olması										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması										K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları
K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi
K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K25: Yasal ve yönetsel düzenlemelerin yetersiz olması										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları										K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi
K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi
K26: Yatırımcıların sürdürülebilir finans sağlamadaki kısıtları										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi										K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi



K27: Teknoloji geliştirme konusunun yeterince desteklenmemesi										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
K28: Dışsal maliyetlerin dikkate alınmaması yüzünden ekonomik açıdan pahalı kabul edilmesi										K29: Kredi ve finansman düzeneklerini yetersiz olması
<b>Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebeplerinin K3 SOSYAL SEBEPLER'in alt kriterlerinden aşağıdaki kriterlerden hangisi önemlidir? Hangi derecede önemlidir?</b>										
	<b>KÖ</b>	<b>ÇÖ</b>	<b>Ö</b>	<b>BÖ</b>	<b>E</b>	<b>BÖ</b>	<b>Ö</b>	<b>ÇÖ</b>	<b>KÖ</b>	
K31: Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması										K32: Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek
K31: Teknolojilerin ekonomik ve toplumsal yararları konusunda bilgi sahibi olunmaması										K33: Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması
K32: Kurulacak yenilenebilir enerji kaynağına karşı kamuoyu görüşünden çekinmek										K33: Enerji kaynağının gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olması
<b>Ülkemizde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının yaygın kullanılmama sebeplerinin K4 ÇEVRESEL SEBEPLER'in alt kriterlerinden aşağıdaki kriterlerden hangisi önemlidir? Hangi derecede önemlidir?</b>										
	<b>KÖ</b>	<b>ÇÖ</b>	<b>Ö</b>	<b>BÖ</b>	<b>E</b>	<b>BÖ</b>	<b>Ö</b>	<b>ÇÖ</b>	<b>KÖ</b>	
K41: Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi										K42: Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (ör. Rüzgar ve güneş enerjisi için)
K41: Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi										K43: Alt yapının yetersiz olması
K41: Rezerv potansiyelinin yetersiz olduğu düşüncesi										K44: Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar
K42: Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (ör. Rüzgar ve güneş enerjisi için)										K43: Alt yapının yetersiz olması

K42: Hava koşullarından kaynaklı değişken enerji üretimi (ör. Rüzgar ve güneş enerjisi için)										K44: Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar
K43: Alt yapının yetersiz olması										K44: Yaşam merkezine yakınlıktan doğabilecek sıkıntılar

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**ETİK KURUL KARARI**



T.C.  
**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL ve BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU**  
**KARARLARI**

**TOPLANTI TARİHİ : 09.03.2020**  
**TOPLANTI NO : 2020/04**

Karabük Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu toplanmış ve aşağıdaki kararı almıştır.

**Karar 15:**

05/03/2020 tarihli Prof. Dr. Filiz ERSÖZ'ün Etik Kurul form ve ekleri görüşüldü.

Karabük Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Filiz ERSÖZ'ün danışmanlığında yürütülen **“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Demir-Çelik Sektöründe Kullanılmama Sebeplerinin Araştırılması”** konulu çalışma kapsamında uygulanmak üzere ekte sunulan çalışmasının etik kurallara uygunluğu oy birliği ile kabul edilmiştir.

**ASLI GİBİDİR**

Prof. Dr. Fatih BAYRAM  
Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurul Başkanı

## **ÖZGEÇMİŞ**

Sümeyye ŞANLI 1991’de Sakarya’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini bu şehirde tamamladı; Mithatpaşa Şükrü Ayna Anadolu Lisesi’nden mezun olduktan sonra Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne girdi. 2016 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl bahar döneminde Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen bu bölümde eğitimini sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Arabacı Alanı Mahallesi  
Şanlı Sokak, No.6 SAKARYA

Tel: (538) 268 4094

E-posta: ssumeyyesanli@gmail.com