

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ
TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI VE
YAPILAN SWOT ANALİZLER**

(Yüksek Lisans Tezi)

Gökhan AĞAÇBIÇER

2010

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE
KATKISI VE YAPILAN SWOT ANALİZLER

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
Gökhan AĞAÇBIÇER

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Meliha ENER

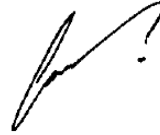
ÇANAKKALE – 2010

TAAHHÜTNAME

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan SWOT Analizler ” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

27/09/2010

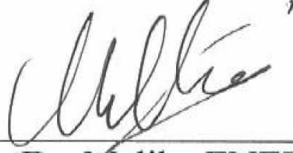
Gökhan AĞAÇBIÇER



Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Gökhan AĞAÇBIÇER'e ait Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan SWOT Analizler adlı çalışma, jürimiz tarafından İktisat Anabilim Dalı,

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.




Üye Doç. Dr. Meliha ENER

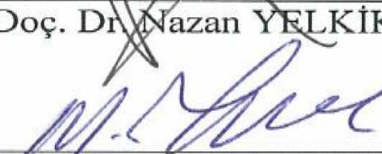
(Danışman)



Üye Doç. Dr. Sefer ŞENER



Üye Doç. Dr. Nazan YELKİKALAN



Üye Yrd. Doç. Dr. Mustafa TORUN

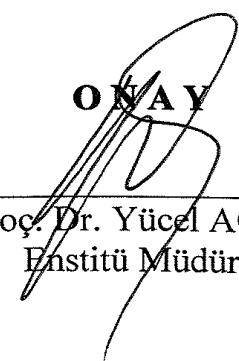


Üye Yrd. Doç. Dr. Selçuk BOZAGAÇLI

Tez No : 384489

Tez Savunma Tarihi : 27.09.2010

ONAY



Doç. Dr. Yücel ACER
Enstitü Müdürü

26.10.2010

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI VE YAPILAN SWOT ANALİZLER

ÖZET

Enerji, insanoğlunun tarihsel gelişimi boyunca ihtiyaç duyduğu temel gereksinimlerinden biri olmuştur. Doğanın sağladığı imkanlar çerçevesinde mevcut enerji kaynakları giderek artan seviyelerde tüketilmiştir. Bu durum, rezervlerle sınırlı olan konvansiyonel enerji kaynaklarının büyük oranda tükenmesine sebep olurken aynı zamanda, canlı yaşamını tehdit eden küresel iklim değişikliği ve çevre tahribatlarına yol açmıştır.

Günümüzde toplumların artan enerji ihtiyaçlarının güvenilir, kesintisiz ve temiz bir şekilde karşılanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları gündeme gelmiş bulunmaktadır. Gelişen teknolojik yenilikler ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarından verimli, düşük maliyetli ve sürekli üretim yapmak mümkündür. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde ulusal ekonomilere önemli katkılar sağlamaktadır.

Çalışmamızda, tarih öncesi çağlardan günümüze kadar uzanan konvansiyonel enerji kaynaklarının yanında yenilenebilir enerji kaynakları incelenmektedir. Bu amaçla, yenilenebilir kaynakların potansiyel, maliyet ve ekonomik etki analizleri yapılmıştır. Türkiye'nin genel enerji durumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği, "SWOT Analiz" metodu ile incelenerek ayrıca bir bölüm olarak ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Ekonomi, Türkiye, Yenilenebilir, SWOT

THE CONTRIBUTION OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES ON TURKEY'S ECONOMY AND PREPARED SWOT ANALYSIES

ABSTRACT

The energy, had been one of the main requirement that humankind needed throughout their historical development. The existing energy resources had been consumed as a graduated remaining amounts inside of nature's possibility frame. While this situation exciting to be exhausted of traditional energy resorurces that limited with reserves, at the same time caused to global climate change and environmental damage that harmful for the animating lives.

At the present time, for the purpose of meeting the remaining energy requirements of societies renewable energy resources had to become a current issue. To benefit from the renewable energy resources with developing technological innovations productive, low cost accounts and continually is possible. Seperately, the contributions of renewable energy resources on national economics are so widely.

In this study, beside of traditional energy resources, renewable energy resources that from prehistorical ages to this time are being investigated. With this aim potential, cost and economic effect analyses of renewable resources are prepared. And Turkey's general energy situation and feasibility of renewable energy resources in Turkey are investigated with "SWOT Analyses" method as a different part.

Key Words: Energy, Economy, Turkey, Renewable, SWOT

ÖNSÖZ

Enerji, tüm dünyanın olduğu kadar Türkiye'nin de üzerinde önemle durması gereken unsurlardan bir tanesidir. Ulusal refahın artırılarak, gelişmişlik düzeyinin yükseltilebilmesi ve aynı zamanda küresel rekabet alanında söz sahibi olunabilmesi açısından stratejik boyutlara sahip olan enerji konusu, güncel gelişmeler ve sektörel ihtiyaçlar doğrultusunda uzun vadeyi kapsayan politikalarla şekillendirilmelidir.

Çeşitli faktörlerin etkisiyle dünya hızla alternatif enerji kaynaklarına doğru yönelme eğilimindedir. Bu geçiş sürecinde sahip olduğu dünya ortalamasının üzerindeki alternatif enerji kaynaklarıyla Türkiye, yakaladığı fırsatı en iyi şekilde değerlendirmelidir. Bu çalışmanın hazırlanma amacı, Avrupa Birliği'ne tam üyelik süreci gibi önemli bir konumda bulunan Türkiye'nin, enerji alanındaki mevcut durumunu ortaya koymak ve dünya genelinde yaşanan yeni enerji trendinin hayata geçirilmesinde, Türkiye'nin üstlenmesi gereken rolü vurgulamaktır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki katkılarından dolayı değerli hocam Doç. Dr. Meliha ENER'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca çalışma sürecinde yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ailem ve yakınlarıma da sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR	viii
BİRİMLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
GRAFİKLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ.....	1

BÖLÜM I

DÜNYADA ENERJİ KAYNAKLARI

1. DÜNYA ENERJİ KAYNAKLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ	5
2. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI.....	7
2.1. Fosil Yakıtların Dünya Enerji Tüketimi İçerisindeki Yeri.....	9
2.1.1. Kömür Rezervleri	13
2.1.2. Petrol Rezervleri	19
2.1.3. Doğalgaz (Yer Gazı) Rezervleri.....	21
2.2. Fosil Kaynakların Çevresel Etkileri	24
3. NÜKLEER ENERJİ.....	28
3.1. Nükleer Enerjinin Tarihsel Gelişimi.....	29
3.2. Günümüzde Nükleer Enerji Durumu ve Üretim Hacmi.....	29
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	33
4.1. Yenilenebilir Enerjinin Gerekliliği.....	33
4.2. Yenilenebilir Enerjinin Tanımı ve Kapsamı.....	34
4.3. Yenilenebilir Enerji Türleri	35
4.3.1. Hidrolik Enerji.....	35
4.3.2. Güneş Enerjisi.....	37

4.3.3. Rüzgar Enerjisi	37
4.3.4. Jeotermal Enerji	39
4.3.5. Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi.....	39
4.3.6. Hidrojen Enerjisi	41

BÖLÜM II

DÜNYADA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

1. FOSİL KÖKENLİ KAYNAKLARDAN ALTERNATİF KAYNAKLARA GEÇİŞ	43
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	47
3. DÜNYADA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMI	50
3.1. Hidrolik Enerji.....	52
3.1.1. Hidroelektrik Santralleri	52
3.1.2. Dünyada Hidrolik Enerji Potansiyeli.....	53
3.1.3. Hidrolik Enerjisinin Ekonomik Etkileri	54
3.1.4. Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Etkileri.....	55
3.2. Güneş Enerjisi	56
3.2.1. Dünyada Güneş Enerjisi Potansiyeli	56
3.2.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	57
3.2.3. Güneş Enerjisinin Ekonomik Etkileri.....	59
3.2.4. Güneş Enerjisi Kullanımının Çevresel Etkileri	61
3.3. Rüzgar Enerjisi	62
3.3.1. Rüzgar Türbinleri	63
3.3.2. Dünya Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	64
3.3.3. Rüzgar Enerjisinin Ekonomik Etkileri	66
3.3.4. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri	67
3.4. Jeotermal Enerji.....	68
3.4.1. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları.....	68
3.4.2. Dünyada Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	70
3.4.3. Jeotermal Enerjinin Ekonomik Etkileri	71

3.4.4. Jeotermal Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri.....	73
3.5. Hidrojen Enerjisi	74
3.5.1. Dünyada Hidrojen Enerjisi Potansiyeli	74
3.5.2. Hidrojen Enerjisinin Kullanım Alanları	76
3.5.3. Hidrojen Enerjisinin Ekonomik Etkileri.....	78
3.5.4. Hidrojen Enerjisi Kullanımının Çevresel Etkileri	79
3.6. Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi.....	81
3.6.1. Dünyada Biyokütle Enerji Potansiyeli	81
3.6.2. Biyokütle Enerjisi Kullanım Alanları.....	83
3.6.2.1. Katı Biyokütle Enerjisi	84
3.6.2.2. Sıvı Biyokütle Enerjisi (Biyodizel ve Biyoetanol).....	84
3.6.2.3. Gaz Biyokütle Enerjisi (Biyogaz).....	85
3.6.3. Biyokütle Enerjisinin Ekonomik Etkileri	86
3.6.4. Biyokütle Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	88
3.7. Okyanus (Deniz Kökenli) Enerjileri.....	90
3.7.1. Gel-Git Enerjisi	91
3.7.2. Dalga Enerjisi	92
3.7.3. Okyanus Termik Enerjisi.....	94
3.7.4. Okyanus Enerji Sistemlerinin Çevresel Etkileri.....	95

BÖLÜM III

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI VE YAPILAN SWOT ANALİZLER

1. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ	96
2. TÜRKİYE’NİN GENEL ENERJİ DURUMU	99
3. TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU.....	102
4. TÜRKİYE’NİN FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI	105
4.1. Katı Yakıt Rezervleri.....	105
4.1.1. Kömür Rezervleri	105
4.1.2. Asfaltit, Bitümlü Şist ve Turba Rezervleri	107
4.1.3. Bor Mineralleri	108

4.2. Petrol Rezervleri	109
4.3. Doğalgaz Rezervleri	110
5. TÜRKİYE VE NÜKLEER ENERJİ	113
6. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	115
6.1. Türkiye’nin Hidrolik Enerjisi Durumu.....	118
6.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Durumu	120
6.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Durumu	123
6.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Durumu.....	125
6.5. Türkiye’de Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi Durumu.....	128
6.6. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Durumu	131
7. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI	134
8. TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ YAPILAN SWOT ANALİZLER	147
9. AVRUPA BİRLİĞİNE ÜYELİK SÜRECİNDE TÜRKİYE’NİN ENERJİ SEKTÖRÜNDE UYUM POLİTİKALARI.....	152
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	155
KAYNAKÇA.....	160

KISALTMALAR

AAET	Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AET	Avrupa Ekonomik Topluluğu
AFC	Alkali Yakıt Hücresi
AKÇT	Avrupa Kömür Çelik Topluluğu
APK	Araştırma Planlama ve Koordinasyon
AR-GE	Araştırma Geliştirme
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BP	British Petroleum
ÇED	Çevre Etkileşim Değerlendirmesi
DEK-TMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DMFC	Doğrudan Metanol Yakıt Hücresi
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
DTM	T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı
EEC	Avrupa Ekonomik Topluluğu Komisyonu
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EN-AR	Enerji Araştırmaları
EPDK	Enerji Piyasası Değerlendirme Kurumu
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
HES	Hidroelektrik Santral
HESİAD	Hidroelektrik Santralleri Sanayi ve İşadamları Derneği
IATS	Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu
ICHET	Birleş. Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
ICOLD	Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
ISES	Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu

İKV	İktisadi Kalkınma Vakfı
İMO	İnşaat Mühendisleri Odası
İTO	İstanbul Ticaret Odası
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MMO	Makina Mühendisleri Odası
MMO	Makine Mühendisleri Odası
MTA	Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	Ekonomik İşbirliği Ve Kalkınma Örgütü
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
OTEC	Okyanus Isı Enerjisi Çevrimi
ÖİK	Özel İhtisas Komisyonu
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PAFC	Fosforik Asit Yakıt Pili
PEMFC	Proton Değişim Membranlı Yakıt Hücresi
PFC	Platin Yakıt Pili
PV	Fotovoltaik
REPA	Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TASAM	Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi
TÇV	Türkiye Çevre Vakfı
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TESK	Türkiye Esnaf ve Sanatkarları Konfederasyonu
TEV	Temiz Enerji Vakfı
THEME	Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı

TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TTK	Türkiye Taşkömürü Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜBİTAK-MAM	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu/Marmara Araştırma Merkezi
TÜREB	Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TÜSİAD	Türkiye Sanayicileri ve İşadamları Derneği
UETM	Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi
UGET-TB	Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu Türkiye Bölümü
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
UTES	Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu
WEC	Dünya Enerji Konseyi
WWEA	Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği

BİRİMLER LİSTESİ

°C	Santigrat Derece
Bin TEP	Bin Ton Eşdeğer Petrol
Cent/KWh	1 Kilowattsaat'e Karşılık Gelen Cent
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattsaat
J	Joule
Kcal	Kilokalori
Kcal/cm ² -ay	Santimetrekareye Düşen Kilokalorinin Aylık Miktarı
KEP	Kilogram Eşdeğer Petrol
KW	Kilowatt
KWh	Kilowattsaat
KWh/kişi	1 Kişiye Düşen Kilowattsaat
KWh/m ² -ay	1 Metrekareye Düşen Kilowattsaatin Aylık Değeri
m ³	Metreküp
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	Megawatt
MW/yıl	1 Yıllık Megawatt
MWe	Megawatt Elektrik
MWh	Megawattsaat
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TW	Terawatt
TWh	Terawattsaat
TWh/yıl	1 Yıllık Terawattsaat
W	Watt
W/kişi	1 Kişilik Watt
W/m ²	1 Metrekareye Düşen Watt
Watt/kişi	1 Kişiye Düşen Watt
Wh	Watt-saat
YTL	Yeni Türk Lirası

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Yakıt Yüzdeler Payları (1973-2020).....	11
Tablo 1.2: Dünya İspatlanmış Kömür Rezervleri, 2009.....	15
Tablo 1.3: Dünya İspatlanmış Petrol Rezervleri, 2008	19
Tablo 1.4: Dünya Doğalgaz Rezervleri Ülkelere Göre Dağılımı, 1 Ocak 2009.....	22
Tablo 1.5: Dünya CO ₂ Emisyonu Bölgesel Dağılımı, 2007.....	27
Tablo 1.6: Dünya Nükleer Enerji Üreten Ülkeleri ve Kurulu Kapasiteleri, 2007	30
Tablo 2.1: Dünya Hidroelektrik Enerji Bölgesel Arzı, 2007.....	53
Tablo 2.2: Dünyada Güneş Pili Üretimini Gelişimi 1996-2005 (MWp).....	60
Tablo 2.3: Dünya Toplam Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü Kıtasal Dağılımı, 2008	65
Tablo 2.4: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü, 2008	66
Tablo 2.5: Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri	69
Tablo 2.6: Jeotermal Kaynakların Maliyeti (\$ / Ton).....	72
Tablo 2.7: Jeotermal Santral Elektrik Üretim Maliyetleri (Cent / kW).....	72
Tablo 2.8: Avrupa’da ve Dünya’da Farklı Yöntemlerle Üretilen Hidrojen Miktarları (Milyar Nm ³).....	76
Tablo 2.9: Dünya Toplam Biyokütle Enerjisi Potansiyeli.....	82
Tablo 2.10: Dünya Toplam Biyokütle Arzı Bölgesel Dağılımı, 2007	87
Tablo 3.1: Türkiye 2008 Yılı Genel Enerji Dengesi / Bin TEP	102
Tablo 3.2: Türkiye (2009-2018) Dönemi Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu / Yüksek Talep	104
Tablo 3.3: Türkiye (2009-2018) Dönemi Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu / Düşük Talep	104
Tablo 3.4: Türkiye’nin Uluslar Arası Alanda İmzaladığı Uzun Dönemli Gaz Alım Anlaşmaları	112
Tablo 3.5: Türkiye’de Uranyum ve Toryum Yataklarının Tenör ve Rezervleri	114
Tablo 3.6: Türkiye’nin Alternatif Enerji Kaynakları Üretimi, 2008	118
Tablo 3.7: Türkiye’nin Hidrolik Enerji Potansiyeli, 2009	120
Tablo 3.8: Türkiye’nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	121
Tablo 3.9: Türkiye’nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı	121

Tablo 3.10: Türkiye’de Güneş Kollektörlerinin Enerji Üretimi / Bin TEP.....	122
Tablo 3.11: Türkiye’deki Kurulu Rüzgar Santralleri (01.06.2008).....	124
Tablo 3.12: Türkiye’de Jeotermal Elektrik Üretimi Durumu, Mayıs 2009.....	127
Tablo 3.13: Türkiye’nin Hayvansal Atık Potansiyeline Denk Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taş Kömürü Eş Değeri	129
Tablo 3.14: Türkiye Genelinde Üretilen Hidrojenin Sektörlerde Kullanım Miktarları	133
Tablo 3.15: Türkiye’nin GSMH ve Toplam Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi	136
Tablo 3.16: Türkiye’nin 1970-2005 Döneminde Enerji Sektörünün GSMH İçerisindeki Payı	137
Tablo 3.17: Enerji İthalatının Ödemeler Dengesindeki Payı / Milyon \$.....	139
Tablo 3.18: Türkiye’deki Enerji Şirketleri Finansal Verileri	141
Tablo 3.19: Türkiye’nin Sektörel Enerji Tüketimi / 1970 - 2007	143
Tablo 3.20: Türkiye’nin İmalat Enerji ve Ulaştırma Sektörlerinde Sabit Sermaye Yatırımları, (1998 Fiyatlarıyla, Bin YTL).....	144
Tablo 3.21: Konvansiyonel ve Alternatif Enerji Kaynaklarının Yatırım ve Üretim Maliyetleri.....	146

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1: Dünya İspatlanmış Kömür Rezervleri Dağılımı / 2008	17
Grafik 1.2: Dünya İspatlanmış Petrol Rezervleri Bölgesel Dağılımı	20
Grafik 1.3: Dünya İspatlanmış Doğalgaz Rezervleri Dağılımı	23
Grafik 1.4: Dünya Nükleer Enerji Üretimi Bölgesel Dağılımı / 2007	31
Grafik 2.1: Dünya Birincil Enerji Arzı / 2007	51
Grafik 3.1: Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Üretimi (2000-2008)	100
Grafik 3.2: Türkiye'de Enerji Dışa Bağımlılık Oranları (2000-2008)	101
Grafik 3.3: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üretimi Payları	117

GİRİŞ

İnsanoğlunun gündelik yaşamını devam ettirebilmesi için gereksinim duyduğu temel ihtiyaçlarından biri olan enerji, “iş yapma kapasitesi veya kabiliyeti” olarak tanımlanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte her gün yaşamımızda biraz daha fazla yere sahip olan enerji, vazgeçilemeyecek kadar stratejik bir kavram halini almıştır. En basit ifadeyle aydınlanmadan ısınmaya, ulaşımdan rutin işlerimizi görmemizi sağlayan cihazların çalışmasına varıncaya kadar hemen hemen bütün alanlarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarihsel süreç içerisinde uygarlıklar ilkel enerji metodları geliştirerek işlerini görmeye çalışmışlardır. En yaygın olan biçimiyle odunsu bitkilerin yakılmasıyla ortaya çıkan ısı ve ışık enerjisi uzun yıllar boyunca yeterli kaynak olmuştur. Hızla artan insan nüfusu büyük oranlarda enerji gereksinimini de beraberinde getirmiştir. Büyük oranlardaki bu gereksinim üretimde yeni tekniklerin kullanılmasıyla karşılanabilmiştir. Buharlı makinelerin 1800’lü yıllarda faaliyete geçmesiyle birlikte sanayi devrimi başlamış ve yeni bir enerji çağının kapısını aralamıştır. İngiltere’nin öncülüğünde başlayan bu gelişme Kıta Avrupası’na ve oradan da tüm dünyaya yayılmıştır.

Temel olarak kömürün yanması sonucu oluşan ısı enerjisini suyu kaynatarak buhara dönüştürüp, büyük pistonları hareket ettirme prensibine dayanan buhar makineleri, günümüzde halen kullanılan bir tekniktir. Tek fark bugünkü formu itibarıyla daha büyük ölçeklerde ve elektrik enerjisi üretme amacına dayanmasıdır.

1900’lere yaklaşıldığında dünyanın kaderini tamamen değiştirecek bir keşfe imza atıldı. Petrol adını verdiğimiz ve yapısında yüksek oranda hidrokarbon bulunduran bu madde, enerji sektörünün yeni yapı taşı teşkil etmektedir. Yeryüzünde büyük miktarlarda

bulunması, kullanılacağı bölgelere kolay taşınabilirliği, enerji dönüşüm sistemine kolay adaptasyonu ve verimliliği gibi özelliklerinden dolayı kömüre ciddi bir rakip olmuştur.

Fosil kökenli yakıtlardan olan doğal gaz da aynı dönem içerisinde kullanılmaya başlanmıştır. Mevcut gelişmelerin paralelinde, enerji devirlerini odun devri, kömür devri ve petrol-gaz devri olarak sınıflandırabiliriz. Sanayi devrimiyle hız kazanan gelişmeler yeni buluşların ortaya çıkmasına vesile olmuştur. Bugün kullanmakta olduğumuz araba, kamyon, otobüs gibi kara taşıtları, deniz üzerinde yol alan vapur, yük gemileri veya uçak gibi hava taşıtlarına varıncaya kadar daha birçok alanda hayatımızı kolaylaştıran araçlarda içten yanmalı motor dediğimiz buluş gerçekleşmiştir.

Yakıt olarak petrol türevlerini kullanan bu sistem, petrole olan eğilimi arttırmış ve kömürün ikinci planda kalmasına sebep olmuştur. Değişen tercihler ışığında yapılan atılımlar hep petrole dayalı olmuş ve ileride telafisi güç, ciddi bağımlılıklar yaratmıştır. Yeni rezervlerin bulunması, mevcut olanların kapasitelerinin artırılması ve rafinasyon teknolojilerinin geliştirilmesi gibi işlemler bunlardan bazılarıdır.

2000'li yıllara gelindiğinde dünyanın giderek sanayileşme ve küresel rekabet yarışına girmesi petrole olan ihtiyacın katlanarak artmasına sebep olmuştur. Nitekim doğada sınırlı oluşu ve simetrik dağılım sergilememesi petrolü daha da stratejik hale getirmektedir. Gelişmiş ülkeler petrol üreticisi olma rolünü üstlenirken az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ise bu rekabet sürecinde sadece tüketici konumunda yer almaktadırlar.

Globalleşen dünya şartlarında enerjiye olan bakış açısı da değişim göstermiştir. Artık enerji, sadece endüstri alanında kullanılan bir ham madde değil, aynı zamanda ticari hayatta sahip olduğu büyük oranlı pay nedeniyle daha da önemli bir boyut kazanmıştır. Öyle ki, uluslar arası petrol şirketleri ciddi karlar elde eden kuruluşlar halini almış ve ülkelerin milli politikalarının belirlenmesinde söz sahibi oldukları konuma ulaşmışlardır.

Fosil kökenli yeraltı kaynakları bakımından zengin olan Ortadoğu bölgesinde son yıllarda yaşanan savaşlar, enerji ham maddesine ulaşabilmek amacı taşımaktadır. Başta ABD olmak üzere birçok batılı gelişmiş ülkeler ve Sovyetler Birliği'nin dağılmasından

sonra Orta Doğu üzerindeki hakimiyetini güçlendiren Rusya Federasyonu, Orta Asya ve Kafkasya'daki zengin petrol ve doğalgaz rezervleri üzerindeki rekabetlerini arttırmışlardır.

Enerjinin giderek bu denli popüler olma özelliği kazandığı günümüzde, refah artışı sağlanması bakımından önemli bir artışı elinde bulundurmasının yanında üretici konumunda olan ülke ekonomilerine sağladığı avantajlarda göz ardı edilemez. Bu bağlamda enerjiyi, ekonomik bir girdi, sürdürülebilir kalkınma için itici güç ve toplumsal refah seviyesini arttırıcı bir unsur olarak tanımlayabiliriz.

Son yıllarda öne çıkan bir diğer gelişme de fosil kaynaklı yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan çevre tahribatıdır. Hidrokarbon içeren yakıtların yanması (oksijenle tepkimesi) sonucu canlılar için zararlı olan CO_x ve NO_x gibi gazlar atmosfere verilmektedir. Sera etkisine sebep olan bu gazlar atmosferin etrafını kaplayarak, dünyaya gelen güneş ışınlarının yansınması ve tekrar uzay boşluğuna dönmesine engel olur. Bu kaçınılmaz gerçek sonucu küresel ısınma dediğimiz çevre felaketi meydana gelir.

Doğaya verdiği tahribat yanında direkt olarak canlı yaşamlarını da olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınma yani iklim değişikliği adını verdiğimiz hadise, dünya ortalama sıcaklık değerlerinin normalin üzerinde seyretmesine, bölgesel kuraklıklara veya aşırı yağışlar sonucu sel, donma tehlikesi gibi tabii afetlere sebep olabilmektedir. Bunun gibi durumlar insanlar için tehlike arz ettiğinden coğrafi yaşam alanlarını değiştirerek göç etmelerine sebep olabilecek sonuçlar doğururlar.

Enerji ve çevre arasında sorun yaratan bu durum yaklaşık üç yüz yıl öncesine kadar uzanmaktadır. 1698 yılında buharlı makinelerin keşfiyle başlayan çevre tahribatı önemsenecek seviyelerde değildi. İlerleyen yıllarda kentsel gelişmelere paralel olarak toplumların talep yapısında meydana gelen şekillenmeler daha büyük miktarlarda enerjiyi gerekli kılmıştır. Bu duruma çözüm bulunabilmesi hidrokarbon kaynaklı yakıtların yaygınlaşmasıyla mümkün olmuştur. XIX. Yüzyılda tüketilmeye başlanan hidrokarbon kökenli yakıtlar günümüze kadar artarak gelmiştir. Bu durum enerji talebinin karşılanmasının yanında küresel ısınma, iklim değişikliği ve hava-su kirliliği gibi diğer çevresel problemlerin artmasına sebep olmuştur.

Endüstriyel gelişimin itici gücünü oluşturan enerji bir takım problemleri beraberinde getirirse de toplumları besleyen önemli bir unsur olarak varlığını arttırarak sürdürmektedir. Teknolojik yeniliklerin ortaya koyduğu gelişmeler ışığında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme eğilimi giderek artmaktadır. Mevcut enerji stoklarının limitli oluşu ve büyük miktarlarda tüketilmesinin neden olduğu tahribat alternatif kaynakların kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Modern dünyanın gelişimini güvenli bir şekilde devam ettirebilmesi sahip olduğu fosil kökenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılarak ulusal ekonomiye katkısı ile mümkün gözükmektedir. Günümüzde oluşturulmaya çalışılan yeni enerji politikaları kapsamında, küresel iklim değişikliği ve enerji arz güvenliği temel kavramlar olarak ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde yaşanan gelişmelerin paralelinde Türkiye’de, 1990’lı yıllarda uygulamaya konulan özelleştirme, şeffaf piyasa yapısının sağlanması, yasal düzenlemeler ve 2000’lerde ağırlık verilen alternatif enerji uygulamaları, mevcut enerji politikalarının değiştiğinin göstergeleridir.

BÖLÜM I

DÜNYADA ENERJİ KAYNAKLARI

Doğada çeşitli formlarda bulunan enerji kaynakları fosil kökenli, nükleer ve yenilenebilir (alternatif) olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadırlar. Bunlardan fosil kökenli kaynakları meydana getiren kömür, petrol ve doğalgaz geleneksel enerji üretim hammaddeleri olup en yaygın kullanım alanına sahiptirler.

Nükleer enerji ve diğer alternatif kaynaklar ise, geleneksel türlere oranla daha ileri teknoloji ve maliyet unsuru gerektirdiğinden henüz yeteri kadar yaygınlık göstermemektedirler. Çalışmamızın ilk bölümünde dünya enerji kaynaklarının tarihsel süreçlerinde ortaya çıkışı ve sektörde yaşanan hızlı gelişim süreci incelenmektedir.

1. DÜNYA ENERJİ KAYNAKLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

İnsanlık medeniyetinin temelleri ne kadar eski ise enerjinin varlığı da o denli eskidir. İlk çağlarda ateşin bulunmasıyla başlayan enerji ve insanlık medeniyetinin gelişim süreci günümüze ulaşmaya kadar bir dizi yeni buluşların katkısıyla mümkün olmuştur. Isınma ve yemek pişirme gibi temel ihtiyaçların giderilmesi için kullanılan bitki kökenli kaynaklar, artan insan nüfusuna ve yeni ihtiyaçlarına cevap veremez duruma gelmiştir.

Tarih yeni icatlara ve beşeri gelişmelere sahne oldukça, enerjinin elektrik gibi farklı formlarını gerekli kılmıştır. Bu yapısal dönüşüm uzun zaman almış ve enerji değerleri bakımından daha zengin kaynakların varlığıyla sağlanabilmiştir. Hayvansal ve bitkisel

atıkların belirli sıcaklık, basınç gibi özel koşullar altında sıkışmasıyla binlerce yıl içerisinde oluşan kömür yeni kaynak olarak yerini almıştır. Yaşamakta olduğumuz 21. yüzyılda kömür ağırlıklı olarak, elektrik üretme amacıyla¹ ve ağır sanayide değerlendirilmektedir.

Ham petrol ve doğalgazın keşfi ve kısa sürede yayılarak konvansiyonel enerji kaynakları arasına girmesiyle yeni bir çağ da başlamış oldu. Bu yeni kaynakların kömüre göre en büyük avantajı kolay çıkarılması ve ulaştırılmasıdır. Ayrıca birim miktar başına içerdiği enerji değeri kömüre göre daha fazladır.

20. yüzyılda hızlı teknolojik gelişme gösteren ülkeler nükleer enerji adı verilen yeni bir buluşa imza attılar. Talep sıkıntılarını çözebilecek bir yol olarak görünse de üretim, işletim ve atıkların ortadan kaldırılması aşamalarında ortaya çıkan ve etkisi uzun yıllar boyunca devam eden sonuçlar doğurması bu enerji türüne sıcak bakılmamasına neden olmuştur.

Nükleer enerji hariç olmak üzere, bütün bu saydığımız kaynaklar aynı moleküler yapıya sahiptirler. Yanıcı özelliği bulunan hidrojen ve karbon elementlerinin oksijenle tepkimesi sonucu bağları arasındaki enerji açığa çıkar. Tabiatta serbest halde bulunan bu fosil kökenli kaynakların en büyük dezavantajı ise sınırlı olmalarıdır. Dolayısı ile kalıcı çözüm olmaktan uzaktırlar.

Bu sıkıntılı durum insanlığı alternatif enerji kaynakları arayışına itmektir. Yapılan araştırmalar su, rüzgar, güneş, jeotermal, hidrojen ve biyokütle gibi doğal kaynaklardan enerji elde etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Yenilenebilir olma özelliğine de sahip olan bu yeni kaynakların çevre üzerinde olumsuz etkileri de yok denebilecek kadar azdır.

İhtiyaç duyduğumuz enerji temel olarak geri dönüştürülüp tekrar kullanılabilen ve geri dönüşümü mümkün olmayıp bir defa kullanılabilen şekilde ikiye ayrılır. Geri dönüşümü mümkün olmayan enerji kaynakları, yani yenilenemeyen kaynaklar; petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil kökenli ve nükleer olanlardır. Geri dönüştürülerek tekrar tekrar

¹ Stan Gibilisco, *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, 2007, p.173

kullanılabilen enerji kaynakları yani yenilenebilir kaynaklar ise; suyun potansiyel gücünden elde edilen hidrolik, güneş (solar), rüzgar, jeotermal ve hidrojen gibi enerjilerdir.

2. FOSİL KÖKENLİ ENERJİ KAYNAKLARI

Dünyadaki fosil (tükenebilir) enerji kaynakları, kömür (Taş kömürü, Linyit kömürü), petrol, doğalgazdır. Yeryüzünde katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil kaynaklar, çeşitli reaksiyonlar sonucunda bünyelerinde bulundurdukları enerjiyi dışarı verirler.

Bu tür enerjiler, hayvansal ve bitkisel kökenli kalıntıların milyonlarca yıl boyunca toprak altındaki basınca ve yer kürenin içinden gelen yüksek sıcaklıklara maruz kalarak fosilleşmesinden oluşmaktadırlar. Fosil yakıtların nihai amacı ısıtma, elektrik üretimi ve hareket gücü sağlamaktır. İnsanoğlu enerji gereksinimini karşılayabilmek için kolay ulaşılabilen ve kolay dönüştürülebilen kaynaklara yönelmiştir. Bu vesile ile fosil kökenli enerji kaynakları her daim tercih sebebi olmuştur.

Fosil kaynakların yakılarak enerji elde edilmesinin ardından tekrar kullanılması söz konusu değildir. Her geçen gün artan tüketim neticesinde mevcut kaynaklar hızla azalmaktadır. Yapılan araştırmalar, 2030 yılı itibariyle tespit edilen kömür rezervlerinin % 25'i, doğalgaz rezervlerinin % 65'i ve petrol rezervlerinin % 85'inin sona ereceğini göstermektedir.² Bir başka deyişle en son istatistiksel değerlendirmeler neticesinde petrolün 41, doğalgazın 62, kömürün ise 230 yıl rezerv kullanım süresi olduğu hesaplanmıştır.³

Bir diğer enerji türü de nükleer enerjidir. Radyoaktif özelliğe sahip atom çekirdeklerinin parçalanması sonucu ortaya çıkan bu enerji “filyon” ve “füzyon” tepkimeleri neticesinde meydana gelir. Nükleer tesislerde kontrollü şekilde gerçekleştirilen bu işlemler sonucu açığa çıkan ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanıma sunulur. Nükleer enerji tabiatıta yer kabuğunun altında bulunur ve rezervlerle sınırlıdır. Bu yüzden tükenebilir (yenilenemez) enerji kaynakları arasında yer alırlar.

² Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.13

³ Filiz Karaosmanoğlu, “Dünyada Enerjiye Duyulan İhtiyaç ve Alternatif Enerji Kaynaklarına Yöneliş”, *Sempozyum: Türkiye'nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, Harp Akademileri Basımevi, Yenilevent, İstanbul, 2006, s.10

Mevcut enerji kaynaklarının giderek daha maliyetli hale gelmesi ve her geçen gün büyüyen dünya ekonomisinin enerjiye olan bağımlılığının artması nükleer kaynakları cazip hale getirmektedir. Ayrıca nükleer enerji diğer fosil kaynaklı yakıtlar gibi zararlı CO_x, SO_x, NO_x gazları salımı yapmadığı gibi yanma sonucu ortaya çıkan kirletici etkiye sahip partiküllerin yayılmasını da önler.

Buna karşın, reaktörlerde olası kaza riski sonucu meydana gelebilecek uzun vadeli çevre felaketleri, reaksiyon sonrası oluşan zararlı radyoaktif atıkların taşınması ve depolanması esnasında yaşanabilecek kirlilik ve en önemlisi tehdit amaçlı terör gibi yapılanmaların bu stratejik maddeyi kullanmaları ihtimali sorun teşkil etmektedir.⁴

Nitekim 25-26 Nisan 1986 tarihinde Ukrayna'da nükleer kaza meydana gelmiştir. Başkent Kiev'in kuzeyinde bulunan Çernobil kasabasında kurulu santralin patlaması sonucu çok sayıda kişi ölmüş, 135 bin civarında insan tahliye edilmiş ve radyoaktif serpinti yayılarak ülkemize kadar ulaşmıştır.⁵ Uzun seneler kalıcı etki yaparak, insanların hastalanmasına ve bitki örtüsünün tahrip olmasına sebebiyet veren radyasyonun verdiği hasar, tam olarak ölçülememiştir.

Nükleer enerji, birim kütle başına içerdiği verimlilik açısından da dikkat çekici özelliğe sahiptir. 500 gr kömürden 1,5 KW saat, 500 gr petrolden 2 KW saat elektrik elde edilirken, 500 gr uranyumdan 82,000 KW saat elektrik üretmek mümkündür.⁶ 2000 yılında 584,5 Mtep olan dünya nükleer enerji tüketimi 2008 yılına gelindiğinde 619,7 Mtep'e yükselmiştir. Tüketimin 515,7 Mtep gibi büyük bir kısmı OECD ülkelerinde, 212,7 Mtep'lik kısmı ise Avrupa Birliği Ülkeleri'nde gerçekleşmiştir.⁷

Nükleer enerjinin kullanım alanları oldukça geniş olmakla birlikte, doğrudan ticari amaçlı sivil tüketime uygun üretimi ağırlık kazanmış durumdadır. Bu durumu açıklayan en önemli veriler, nükleer enerji üretiminin gelişmiş ülkelerde elektrik tüketimindeki

⁴ Stan Gibilisco, *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, 2007, pp.224-225

⁵ Neşe Deriş, *Geleceğin Yakıtı Hidrojen*, Birsen Basım Yayın, İstanbul, 2006, ss.10-11

⁶ Meral Eral, Mahmoud A.A. Aslan, Sema Akyıl, "Nükleer Enerji ve Çevre", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Temmuz-Ağustos-Eylül, 1997, Sayı:24, s.27

⁷ BP-*Statistical Review of World Energy* June 2009, Consumption, s.36

paylarının giderek artmasıdır. Fransa’da elektrik üretiminin yaklaşık % 80’i, ABD’nin ise % 20’si nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Nükleer enerjiden yararlanan diğer alanlar ise, askeri taşıtlar (uçak gemileri ve denizaltılar), endüstriyel tesisler, tarım ve hayvancılık, genetik (tıp) çalışmaları ve bazı ticari gemilerdir.

Nükleer çalışmalardan ekonomik anlamda en büyük katkı ise, enerji sektöründen sağlanmaktadır. Nitekim gelişen küresel ticaret ile birlikte pek çok gelişmiş ülke, fosil enerji kaynaklarına sahip olsa dahi, nükleer enerji üretimi ile iç taleplerini karşılarken fosil kökenli enerjileri ihraç etme yoluna gitmektedirler. Bu durumun başlıca sebebi ise, aynı miktar enerjinin nükleer yolla daha ucuza üretilmesidir⁸.

Nükleer teknolojiye sahip olan ülkeler genellikle askeri ve diğer sivil alanlarda da geniş çaplı araştırmalar yürütmektedirler. Bu durum yeni endüstriyel ve bilimsel sektörlerin ortaya çıkmasına yol açtığından, dolaylı olarak yeni yatırımların finanse edilmesine ve çeşitli nitelikteki işgücünün istihdam edilerek ulusal ekonomiye getireceği katkıya imkan tanımaktadır.

Geçtiğimiz yüzyılda insan popülasyonu önemli değişimler yaşamıştır. Hızla artan nüfusa sanayileşme ve kentleşmenin getirdiği yükte eklenince, enerji tüketim dengesini zorlayıcı bir durum ortaya çıkmıştır. Ayrıca küreselleşme ve sosyal refah anlayışının daha çok enerji ile mümkün olması da dikkati çeken bir diğer unsurdur. Ayrıca küreselleşme ve bunun yanında kalkınmışlığın bir göstergesi sayılan kişi başına düşen elektrik enerjisi üretiminin de, enerji politikalarının yeniden gözden geçirilmesinde ve genel enerji dengesinin belirlenmesinde etkili olduğu kabul edilen diğer unsurlardır.

2.1. Fosil Yakıtların Dünya Enerji Tüketimi İçerisindeki Yeri

Günümüzde kullanılan toplam enerjinin çok büyük miktarı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. 2008 yılı verilerine göre primer enerji kaynağı olarak da kullanılan fosil

⁸ NÜKTE - Nükleer Teknoloji Bilgi Platformu, “Nükleer Enerji Kullanım Oran ve Alanları”, <http://www.nukte.org/node/97>, (Erişim: 08.08.2010)

yakıtlar en büyük enerji tüketicilerinden biri olan Çin'in toplam enerji ihtiyacının % 93'ünü, Rusya Federasyonu'nun % 94'ünü ve ABD'nin % 91'ini karşılamaktadır⁹.

1900 yılında dünya nüfusu 1,6 milyar iken, birincil enerji tüketimi yaklaşık 1000 Mtep idi. 2000 yılına gelindiğinde ise dünya nüfusu 3,8 kat artarak 6 milyar seviyesine çıkarken, birincil enerji tüketimi 9,2 kat artarak 9285 Mtep olmuştur. Tüketilen bu enerjinin 8089 Mtep gibi büyük bir kısmını petrol, doğalgaz ve kömürden oluşan fosil kaynaklar oluştururken geriye kalan 610 Mtep'i hidrolik enerjiden 584 Mtep'i ise nükleer enerjiden karşılanmıştır¹⁰.

Buna rağmen nüfus artış oranı ile enerji talebindeki artış oranı arasında doğrusal bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir. Çünkü enerji ihtiyacı son 100 yılda 9,2 kat artarken nüfus ise 3,8 kat ile sınırlı kalmıştır. Bu durumu gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında görülen yapısal farklılıklarla izah etmek mümkündür. Gelişmiş olan OECD ülkeleri, dünya nüfusunun % 20'sine, toplam enerji tüketiminin ise % 50'sine sahip olup gelişmekte olan ülkeler, toplam nüfusun % 75'ine, toplam tüketimin ise % 20'sine hakimdirler. Ayrıca endüstrileşmiş OECD ülkelerinde nüfus artışı yavaşlamış ve enerjiye dayalı ağır sanayinin payının azaldığı gözlemlenirken, gelişmekte olan ülkelerde ise tam tersi durum söz konusudur¹¹.

2008 yılı itibariyle dünya birincil enerji tüketimi önceki yıla göre % 1,4 oranında artarak son on yılın ortalamasının altında, 11,294 Mtep olarak gerçekleşmiştir. 2001 yılından bu yana en zayıf büyümenin yaşanması, dünya ekonomik gelişmesinde görülen yavaşlama ve petrol varil fiyatlarının ortalamanın üzerinde seyretmesinden kaynaklanmaktadır.

Dünya ekonomisinde yaşanan resesyona rağmen petrol varil fiyatlarının devamlı artış göstermesi ise, mevcut yer altı petrol kaynaklarının rezervlerle sınırlı oluşu ve hızla tükenmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca yeni keşfedilen kaynakların daha zorlu coğrafi

⁹ BP-“*Statistical Review of...*”, June 2009, Consumption, s.41

¹⁰ Engin Ural (Proj. Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.19

¹¹ Dünya Nüfusu ve Enerji Tüketimi, <http://www.site.mynet.com/nukleerguc/nukleerenerji/id5.htm>, (Erişim: 09.08.2010)

bölgelerde yer alması da, maliyetleri arttırıcı bir diğer unsur olduğundan fiyatlara doğrudan yansımaktadır.

Son yıllarda dünya toplam enerji tüketiminde kömür ve doğalgazın payları artarken petrolün payı azalmaktadır. Buna rağmen 2008 yılında serbestleşen enerji piyasalarında, fosil yakıtlar içerisinde kömür kullanımı en çok artış gösteren enerji çeşidi olmuştur. Ayrıca 2008 yılında serbestleşen enerji piyasalarında, fosil yakıtlar içerisinde kömür kullanımı en çok artış gösteren enerji çeşidi olmuştur. Petrol kullanım oranı düşerken, yerine kömür tercih edilmesinin temel sebebi, mevcut kömür kaynaklarının tatmin edici seviyelerde bulunması sebebiyle düşük maliyetli oluşudur.

2007 yılı verilerine göre doğalgaz kullanımı % 2,5 ve kömür kullanımı % 3,1 oranlarında artarken, petrol % -0,6 ve nükleer enerji ise % -0,7 oranında azalma göstererek beklenenin altında kalmıştır. Son on yılda petrolün birincil enerji kaynakları arasındaki kullanım oranı da % 38,7'den % 34,8'e kadar gerilemiştir¹²

Tablo 1.1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi Yakıt Yüzdeler Payları (1973-2020)

KAYNAKLAR	1973	2004	2008	2010	2020
PETROL	53	37	35	39	38
DOĞALGAZ	16	24	24	24	25
KÖMÜR	18	27	29	28	29
FOSİL YAKITLAR	87	88	88	91	92
NÜKLEER	10	6	5	6	4
HİDRO ENERJİ	2	6	6	3	3
DİĞER YENİLENEBİLİRLER*	1	0	1	1	1

Kaynak: Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açından Türkiye ve Dünya Üzerindeki Etkileri, (İTO), s.70

*Hidrolik hariç, güneş, rüzgar, gel-git, jeotermal, geleneksel ve modern biyolojik yakıtları içermektedir.

2004 yılı sonu itibariyle 10,6 milyar TPE'ye ulaşan dünya enerji tüketiminin, nüfus artış oranının üzerinde seyrederek yıllık ortalama % 1,7'lik bir artışla 2010 yılında 13,2

¹² BP-Statistical Review of World Energy, June 2009, Consumption, s.41

milyar TPE'ye, 2020'de 13,4 milyar TPE'ye ve 2030 yılında ise 16,5 milyar TPE'ye ulaşması beklenmektedir¹³.

Tablo-1'e göre fosil yakıtların toplam enerji tüketimi içerisinde en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. 1973 yılında % 87 olan bu oran 2004 yılına gelindiğinde % 88'e çıkmıştır. 2010 ve 2020 yılları için yapılan tahminler ise fosil kaynak kullanımının pek değişmeyerek % 90 dolaylarında olacağını göstermektedir.

1900'lü yıllarda kullanımı ivmelenerek artan petrolün birincil enerji kaynakları arasında en çok talep edilen olma özelliğini 2010 ve 2020 yıllarında da koruyacağı yaygın bir kanıdır. Mevcut enerji sistemine yönelik alt yapının petrole uygun dizayn edilmiş olması diğer fosil kaynaklı yakıtların rahatlıkla ikamesine olanak tanımamaktadır. Bu nedenle de önümüzdeki on ile yirmi yıllık süreçte petrole olan talep devam edecektir.

Altyapı konusunda petrole en yakın enerji türü olarak doğalgaz ön plana çıkmaktadır. Düşük maliyetli düzenlemelerle petrole uyumlu donanımların doğalgaza uyumlu hale getirilebilmesi mümkündür. Petrol boru hatları ile nakil işleminin gerçekleştirilebiliyor olması ve belki de en önemlisi çevreye daha duyarlı bir yakıt olması gibi avantajları, tüketicileri doğalgaza yönlendirmektedir.

Dünyada doğalgaz tüketimi 2008 yılında % 2,5 miktarında artış göstererek 3018,7 milyar metreküp olarak gerçekleşti. Bu artış, son on yılın ortalamasının gerisinde kalmıştır. Ülke bazında tüketimde en büyük artış ise, yıllık % 15,8'lik oran ile 80,7 milyar metreküp olan Çin'de gerçekleşti.¹⁴ Küresel rekabet alanında liderlik için yarışan ülkelerden biri konumundaki Çin'in gelişen sanayisi ve buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacı doğalgaz gibi diğer kaynaklarda da talep artışına sebep olmuştur.

Günümüzde petrol kullanımından doğalgaz kullanımına doğru gözlemlenen geçiş süreci, sadece çevresel faktörlerden kaynaklanmamaktadır. Enerji üretmekle yükümlü özel ve kamu şirketleri bir takım ekonomik maliyet unsurlarını da hesaba katmaktadırlar. Doğalgaz bugün için daha ucuz bir enerji kaynağı olmakla birlikte, Kyoto Protokolü'nün

¹³ Kerem Aklın ve Sabit Atman, *Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik açıdan Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) yayınları, İstanbul, 2006, ss.69-70

¹⁴ BP, *Statistical Review of World Energy* June 2009, Consumption, s.27

tarafllara sağladığı bir takım avantajlar da, Şirketlerin ilgisini çekerek mevcut geçiş sürecinin bir parçasını oluşturmaktadır.

Kyoto Protokolü, sera gazı salınımlarının azaltılmasını gerektiren bir sözleşme olup, taraf ölkelere hedeflerin yakalanabilmesi hususunda çeşitli finansal teşvikler sunmaktadır. Kyoto Protokolü, alternatif enerji kaynaklarının geleneksel kaynakların yerine ikame edilmesini hedeflerken, bu sürecin sağlıklı iŐleyebilmesi amacıyla bölgesel ekonomik entegrasyon ve buna bağlı mali bir mekanizma kurulmasını öngörmüŐtür. Emisyon ticareti olarak bilinen sistem uyarınca üye ölkeler taahhütlerini yerine getirme ölçüleri ile orantılı olarak finansal destek alabildikleri gibi, tersi bir durumda salınımlarının artması ile birlikte borçlandırılabilirler.

Kyoto Protokolü'nün 2, 3, 11, 12, 17 ve 24. maddeleri üye ölkelerin birbirlerine ödemekle yükümlü olduğu emisyon azaltım pirimlerini düzenlemekte olup bu sözleşme, Şirketlerin finansal avantajlar yakalamasını sağlayan önemli bir fırsattır. İŞte bu sebeple günümüzde enerji üreten kurum ve kuruluşlar enerji sektörünü çevresel etkilerin ötesinde bir adım daha ileri taşıyarak, ‘‘Karbon Ticareti’’ (Carbon Trade) sistemine dönüŐtürmüşlerdir.

2.1.1. Kömür Rezervleri

Dünya enerji ihtiyacının büyük bir bölümü fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanmaktadır. Fakat fosil kaynaklar sınırsız değildir ve bir gün sona erecektir. Her geçen gün hayatımızda daha çok yere sahip olan kaynakların yenilenemiyor olması ölkeleri yeni rezervlerin keŐfne mecbur bırakmaktadır.

Tüm enerji kaynakları arasında kömür, ‘‘sürdürülebilir enerji’’ ve ona bağlı olarak sürdürülebilir kalkınma’’ ve enerji güvenliğini sağlayan önemli bir kaynaktır. Bunun nedenleri, kömür rezervlerinin ömrünün Şu anki kullanım değerlerine göre diğer fosil yakıtlarinkinden yaklaşık üç kat fazla oluşu, coğrafi olarak 50'den fazla öлкеye yayılmış

olması, kolay taşınması, depolanması, düşük maliyeti ve siyasi dalgalanmalardan etkilenmemesi gibi özellikleridir¹⁵.

Kömür kaynaklarının kullanımındaki kolaylığı ve güvenilirliği nedeniyle enerji üretilmesinde tercih edilen bir kaynak olma özelliğini korumaktadır. Dünya Enerji Ajansı'nın verilerine göre günümüzde dünya enerji ihtiyacının yaklaşık % 25'i kömür kaynaklarından karşılanmaktadır. Dünyada bilinen mevcut kömür kaynaklarının bugünkü kullanımını göz önüne alındığında yaklaşık olarak 60 yıl kadar ömür biçilmektedir¹⁶.

Günümüz itibarıyla dünya kullanılabilir kömür rezervleri 929 milyar ton civarlarındadır. Bu miktarın 2009 yılı verilerine göre 826 milyar tonu ispatlanmış rezervlerdir.¹⁷ Dünya kömür rezervleri ile ilgili yapılan tahminler genellikle güvenilir olmakla birlikte mevcut kaynakların miktarı azalma göstermektedir. Toplam dünya kullanılabilir kömür rezervleri 1991 yılında 1,145 milyar ton iken bu rakam 2000 yılında 1,083 milyar tona ve 2006 ölçümlerinde ise 929 milyar tona düşmüştür¹⁸.

Dünya görünür kömür rezervlerinin % 51'i antrasit ve bitümlü, % 32'si alt-bitümlü ve geriye kalan % 18'lik kısmı ise linyitten oluşmaktadır. Kömür rezervleri farklı derecelerde kaliteye sahiptir. İçerdikleri enerji (Btu) miktarıyla orantılı olarak değerleri artar. Düşük değerli bir kömür çeşidi olan ve ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanılan linyit Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2006 yılında ortaya koymuş olduğu istatistikler neticesinde, Yunanistan'da ton başına 4,5 milyon Btu içerirken, Kanada'da ise ton başına 12,4 milyon Btu içermektedir.¹⁹

Kullanılabilir kömür rezervleri dünyanın her yerine yayılmış olmakla birlikte % 80'i beş bölgede toplanmıştır. Bunlar, Birleşik Devletler (yüzde 28), Rusya Federasyonu (yüzde 19), Çin (yüzde 14), diğer OECD'ye üye olmayan Avrupa ülkeleri ve Avrasya'da (yüzde 10) ve Avustralya-Yeni Zelanda'da (yüzde 9) dağılım göstermiştir. Bu beş bölge aynı

¹⁵ Nevin Selçuk, "Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji İhtiyacı Açısından İzleyeceği Politika Ne Olmalıdır?", *Sempozyum: Türkiye'nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, 26-27 Ocak 2006, İstanbul, s.155

¹⁶ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.13-14

¹⁷ BP, *Statistical Review of World Energy*, Coal Section, Proved Reserves, June 2009, s.32

¹⁸ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, *International Energy Outlook, 2009, Coal Reserves*, s.59

¹⁹ EIA-'Energy Information Adm...', *IEO 2009, Coal Reserves*, s.60

zamanda 2006 yılında dünya toplam kömür üretiminin % 71'ini (4,9 milyar ton veya 95,8 katrilyon Btu) gerçekleştirmiştir²⁰.

Tablo 1.2: Dünya İspatlanmış Kömür Rezervleri, 2009

BÖLGE / ÜLKE	DÜNYA İSPATLANMIŞ KÖMÜR REZERVLERİ 1 OCAK 2009		
	ANTRASİT VE BİTÜMLÜ	ALT-BİTÜMLÜ VE LİNYİT	TOPLAM / MİLYAR TON
KUZEY AMERİKA	113281	132816	246097
ORTA VE GÜNEY AMERİKA	6964	8042	15006
AVRUPA- AVRASYA	102042	170204	272246
ORTA DOĞU	1386	-----	1386
AFRİKA	31869	174	32043
ASYA-PASİFİK	155809	103444	259253
DÜNYA TOPLAMI	411321	414680	826001
AVRUPA BİRLİĞİ	8427	21143	29570
OECD	159012	193083	352095
ESKİ SOVYET CUMHURİYETLERİ	93609	132386	225995
DİĞER	158700	89211	247911

Kaynak: BP-Statistical Review of World Energy, June 2009, s.33

Son yapılan tahminlere göre, mevcut kömür kaynakları büyük miktarlarda bir tüketici olan Hindistan için 2003 yılında 102 milyar ton iken, 2006 yılı etütlerine göre 62 milyar tona kadar gerilemiştir. 2003 yılında OECD'ye üye Avrupa Ülkeleri'nin sahip olduğu 43 milyar ton görünür rezerv ise 2006 yılında yapılan son değerlendirmelere göre düşük kullanımla birlikte 32 milyar tona inmiştir²¹.

OECD ülkelerinde 2006 yılında 49,9 katrilyon Btu olan kömür tüketiminin 2015 yılında 47,8 katrilyon Btu, 2030 yılında ise 50,7 katrilyon Btu olması öngörülüyor. Birleşik Devletlerde halen tatmin edici miktarlarda kömür rezervi vardır ve ağırlıklı olarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Isınma, endüstri ve ticari amaçlı elektrik üretiminde ise kömürün kullanım payı % 49'larda seyretmektedir.

²⁰ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, *International Energy Outlook, 2009*, Coal Reserves, s.60

²¹ EIA-“Energy Information Adm...”, IEO-2009, s.59

OECD'ye üye olmayan Asya ülkelerinde yaşanan ciddi ekonomik gelişme ve enerji talebinin 2030'a kadar 139,6 katrilyon Btu'ya ulaşacağı tahmin edilmektedir. 59 katrilyon Btu'luk bu artış, dünya enerji kaynakları içerisinde kömürün önemini koruduğunu göstermektedir²².

Avrupa Birliği, 1952 yılında yapmış olduğu Avrupa Kömür Çelik Topluluğu (AKÇT) Antlaşması neticesinde kömür iç pazarı kurmuş ve katı yakıt politikalarını 2002 yılına dek bu antlaşma doğrultusunda yürütmüştür. AB elektrik üretiminin % 30'a yakın bir bölümünü katkı yakıtlardan karşılamaktadır²³. 2008 sonu itibariyle AB, 29,570 milyar ton ispatlanmış kömür rezervine sahiptir²⁴. Buna rağmen ithal kömürün daha ucuz olması AB'ni ithalata mecbur bırakmaktadır.

Halen doğalgaz ve kömür küresel elektrik üretim kapasitesinden % 60'ın üzerinde pay almaktadır. Yapılan tahminlere göre 2030 yılında da dünya elektrik üretim arzında % 64 gibi büyük bir paya sahip olacaktır. Özellikle zengin kömür rezervlerine sahip Asya'da yüksek maliyetli petrol ve doğalgaz yerine elektrik üretiminde daha ekonomik olan kömür kullanımı yaygınlaşması beklenmektedir.²⁵

Alternatif enerji kaynaklarına dayalı üretim kömüre dayalı üretim ile karşılaştırıldığında, ilk yatırım maliyetleri açısından daha yüksek bir tablo ortaya çıkarmaktadır. Buna karşın enerji üretimi aşamasında herhangi bir yakıt girdisi gerektirmediğinden orta ve uzun vadede ilk yatırım maliyetlerini amorti ederek kömüre oranla daha karlı hale gelmektedir. Bunun yanında günümüzde devletlerin sera gazı salınımı politikaları çerçevesinde alternatif enerji üreticilerine sağlamış olduğu bir takım teşvikler de göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir kaynaklardan gerçekleştirilen üretim daha avantajlı bir konuma sahip olmaktadır.

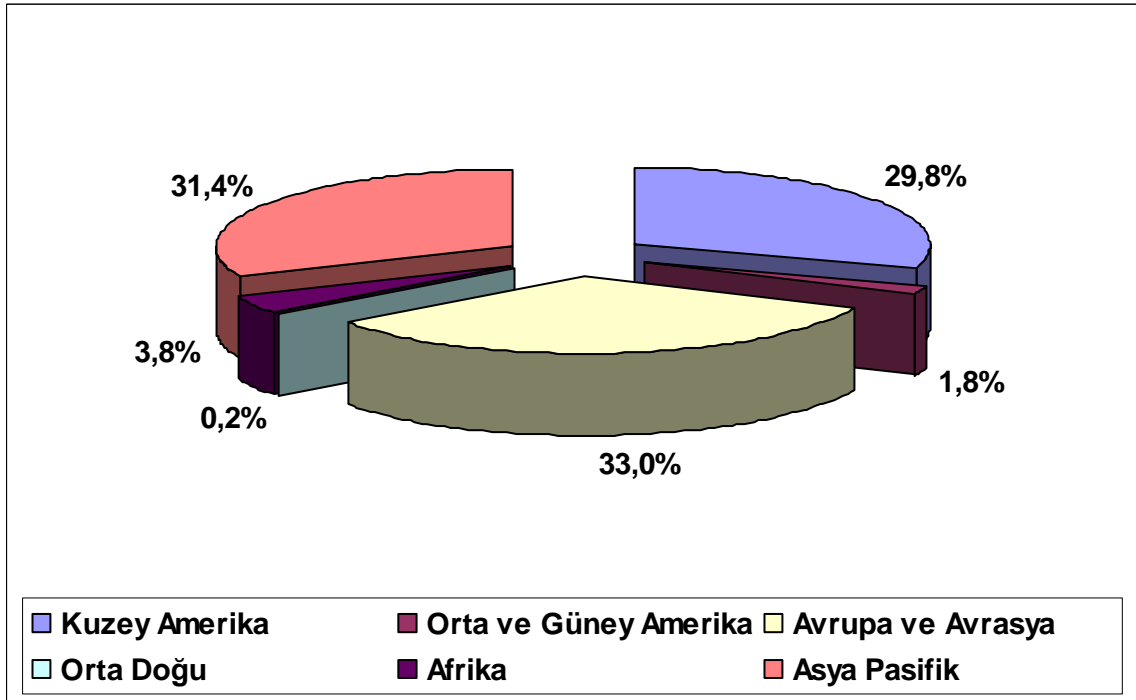
²² EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, *International Energy Outlook, 2009*, Consumption, s.51

²³ Hürrem Cansevdi (Ed.), *Avrupa Birliği'nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye'nin Uyumu*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayınları, İstanbul, Aralık 2004, s.18

²⁴ BP, *Statistical Review of World Energy*, Coal Section, Proved Reserves, June 2009, s.32

²⁵ EIA- 'Energy Information Adm...', *IEO 2009*, s:

Grafik 1.1: Dünya İspatlanmış Kömür Rezervleri Dağılımı / 2008



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, June 2009, s.32

2009 yılı istatistiksel verilerine göre, dünya kömür rezervlerinin % 33'ü Avrupa-Avrasya bölgesinde bulunmaktadır. 157 milyar tonluk ispatlanmış rezerve sahip olan Rusya Federasyonu bölgenin en önemli aktörü iken aynı zamanda dünya toplam kömür rezervinin de % 19'unu elinde bulundurmaktadır.

Asya-Pasifik bölgesi ise % 31,4'le dünyanın en geniş ikinci ispatlanmış rezervlerini barındırmaktadır. Sırası ile Çin, Avustralya ve Hindistan en büyük rezerve sahip ülkeler olmakla birlikte bu üç ülke bölge rezervlerinin % 96'sını oluşturmaktadır. Kuzey Amerika bölgesinde ise Birleşik Devletler dünya toplam ispatlanmış rezervlerinin % 29,8'ini ve Kuzey Amerika'nın % 97'sini oluşturmaktadır.

IEO 2009 referans değerlerine göre, dünya kömür tüketimi 2006 yılından 2009 yılına kadar % 49 oranında artmıştır. Aynı zamanda dünya enerji tüketimi içerisinde 2006 yılında % 27 orana sahip olan kömürün, 2030 yılında % 28'e çıkacağı öngörülmektedir. Önümüzdeki zaman periyodunda kömür tüketiminin büyük çapta bölgesel farklılıklar

göstererek yaklaşık % 94 oranında OECD'ye üye olmayan ülkelerde gerçekleşeceğini altı çizilmektedir²⁶.

Üretimin coğrafyasında meydana gelmesi öngörülen bu değişikliğin temel sebebi, gelişmiş OECD ülkelerinin enerji üretiminde daha temiz ve güvenilir kaynaklara yönelme eğilimidir. Kyoto Protokolü sözleşmesi çerçevesinde endüstrileşmiş ülkelerin ortaya koymuş olduğu taahhütler gereği, yüksek karbon içeren kömür yakıtı kullanımının minimum düzeye indirilmesi hedeflenmektedir. Buna karşın endüstrileşmesini henüz tamamlamamış yani gelişmekte olan ülkeler, geçirmekte olduğu hızlı kalkınma ve sanayileşme sürecini hızlandırma eğilimindedirler. Dolayısıyla kömür gibi karbon içerikli yakıtlara daha fazla ihtiyaç duymaktadırlar. Bu durum kömür yakıt kullanımını gelişmiş ülkelere az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere doğru kaydıran bir etki yaratmaktadır.

2.1.2. Petrol Rezervleri

Petrol üretim ve tüketim dengesinde, arz ve talep arasındaki karşılanabilirlik oranlarının sağlanabilmesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda gün geçtikçe artan tüketim miktarlarına bağlı olarak yeni petrol rezervlerinin keşfi ve hizmete sunulması gerekmektedir. Aynı zamanda petrolün rezerv, üretim ve tüketim unsurları iç içe bulunmakta ve kaynaklarda yaşanabilecek bir kesinti üretim ve tüketimi de olumsuz etkileyebilecektir²⁷.

BP'nin verilerine göre dünya ispatlanmış petrol rezervi 1 Ocak 2009 tarihi itibarıyla 1,258 milyar varildir. Yine BP referans kaynağına göre dünya ispatlanmış petrol rezervlerinin % 59,9'u Orta Doğu'dadır²⁸.

Dünya ham petrol rezervleri bugün için tatmin edici miktarlarda olmakla birlikte, jeolojik ve mühendislik verileri gelecekte yeni kaynakların keşfedilebilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. İspatlanmış rezervler, görünür kaynakların tahminini gösterirken, aslında alt tabakada keşfedilmemiş rezervlerinde olduğu bilinmektedir.

²⁶ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, *International Energy Outlook, 2009*, Coal Section, Consumption, s.49

²⁷ Kerem Akin ve Sabit Atman, *Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açından Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2006, s.59

²⁸ BP, *Statistical Review of World Energy, 2009*, Proved Reserves, s.6

Teknolojik gelişmelerle yakın bir gelecekte potansiyel rezervlerin fiziksel ölçümü daha kesin bir şekilde yapılabilecektir.²⁹

Ham petrol, fosil kaynaklar içerisinde dünya birincil enerji kullanımında % 37 ile en yüksek paya sahip kaynaktır.³⁰ Dünya çapında günlük 84,5 milyon varil tüketildiği göz önüne alındığında rezervlerin ömrünün yaklaşık 41 yıl kadar olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 1.3: Dünya İspatlanmış Petrol Rezervleri, 2008

ÜLKE	PETROL REZERVİ	ÜLKE	PETROL REZERVİ
SUUDİ ARAB.	266,7	ABD	21,3
KANADA	178,1	ÇİN	16,0
İRAN	136,2	KATAR	15,2
IRAK	115,0	BREZİLYA	12,6
KUVEYT	104,0	CEZAYİR	12,2
VENEZUELA	99,4	MEKSİKA	10,5
BİR. ARAP EMİR.	97,8	ANGOLA	9,0
RUSYA	60,0	AZERBAYCAN	7,0
LİBYA	43,7	NORVEÇ	6,7
NİJERYA	36,2	DİĞER	64,6
KAZAKİSTAN	30,0	DÜNYA TOPLAMI	1,342.2

Kaynak: EIA-Energy Information Administration, International Energy Outlook, 2009, s.31

Mevcut 1,350 milyar varil petrolün yaklaşık değerlerle % 25 kadarı Suudi Arabistan'da, % 10 oranında Irak, Birleşik Arap Emirlikleri, Kuveyt ve İran'da, daha düşük oranda ise, Venezüella, Rusya, ABD, Libya, Nijerya ve diğer ülkelerde bulunmaktadır.³¹

Tek tek ülkelerin yanı sıra, Suudi Arabistan, İran, Irak, Kuveyt, Libya, Katar, Nijerya, Endonezya, Cezayir, Birleşik Arap Emirlikleri ve Venezüella'nın oluşturduğu, üye ülkelerin petrol politikalarının koordinasyonunu sağlamak amacıyla kurulan "Petrol

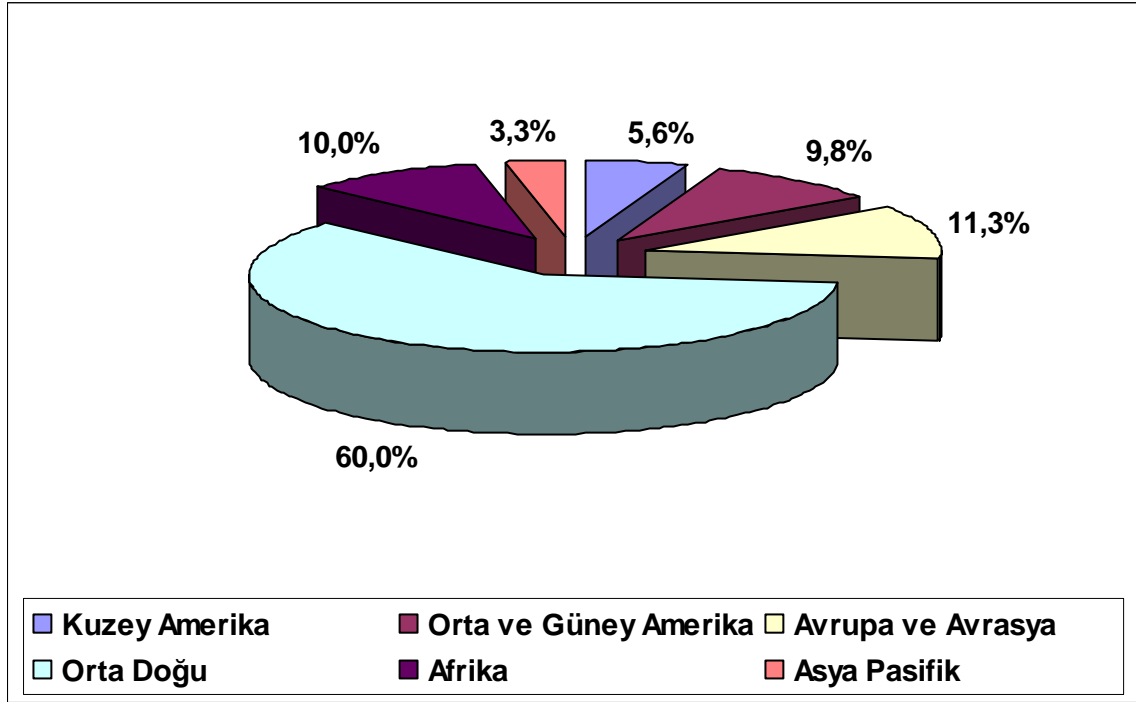
²⁹ EIA-“Energy Information Adm...”, *IEO 2009*, s.31

³⁰ Fatih Aydoğan, “Enerji Kaynakları ve Ulaştırmasının Güvenliği”, *Sempozyum: Türkiye'nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, Harp Akademileri Basımevi, 26-27 Ocak 2006, İstanbul, s.25

³¹ Abdurrahman Satman, “Dünyada Enerji Kaynakları”, *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, Atilla Sandıklı, Hasret Dikici Bilgin (Ed.), TASAM Yayınları, 26 Nisan, 2006, İstanbul, s.51

İhraç eden Ülkeler Topluluğu'' (OPEC) da, dünya petrol rezervlerinin % 76'sını (955 milyar varil) kontrol eden önemli bir oyuncudur.³²

Grafik 1.2: Dünya İspatlanmış Petrol Rezervleri Bölgesel Dağılımı



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, 2009, s.7

Petrol rezervlerinin bölgesel dağılımında % 59'luk oranla Ortadoğu ilk sırada yer almaktadır. Dünya toplam rezervlerinin yaklaşık üçte ikisini barındıran bu bölgede yer alan Suudi Arabistan, OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries)' te en büyük etkinliğe sahip ülkedir. Aynı zamanda dünyada en düşük yeni rezerv keşif maliyetini ve petrol üretim maliyetini de elinde bulundurmaktadır³³.

Avrupa-Avrasya, Ortadoğu'dan sonra % 11.3'lük oranla en çok petrol rezervini bünyesinde bulunduran bölgedir. Rusya Federasyonu 79 milyar varil ve Kazakistan 40 milyar varillik rezervleriyle Avrupa-Avrasya bölgesinde önemli konuma sahiptirler³⁴. Libya, Nijerya ve Cezayir başta olmak üzere Afrika petrol rezervlerinin % 10'una sahiptir.

³² Kerem Aklin ve Sabit Atman, *Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açından Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2006, ss.60; OPEC, Annual Statistical Bulletin, 2005

³³ Kerem Aklin ve Sabit Atman, *Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açından Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2006, s.59

³⁴ BP, *Statistical Review of World Energy*, Oil Section, Proved Reserves, June 2009, s.6

Orta ve Güney Amerika bölgesi ise, % 9,8'lik oranla dünyanın en büyük dördüncü bölgesi durumundadır.

1988 yılında dünya petrol rezervleri 998 milyar varil iken yeni keşiflerle birlikte 1998 yılında 1068 milyar varile ve 2009 yılı verilerine göre 1258 milyar varil seviyesine ulaşmış durumdadır. 1988'den bugüne kadar geçen 20 senede bilinen mevcut rezervler % 26 artmıştır. Rezervlerin en büyük bölümü olan yaklaşık % 76'lık kısmı OPEC'e üye ülkelerde, % 13,9'u OPEC'e üye olmayan ülkelerde, % 10,2'si eski Sovyetler Birliği'nde ve % 7,1'i OECD ülkelerinde bulunmaktadır. Avrupa Birliği ise rezervlerin % 0,5 gibi küçük bir bölümüne sahiptir³⁵.

Bilinen rezervlerin dışında var olan alıılmamış türden fosil kaynaklar da mevcuttur. Bu kaynaklardan başlıcaları ağır petrol, petrollü kumlar, petrollü şeyler ve metan hidratlardır. Önemli oranlarda rezervlere sahip olan bu kaynaklardan da petrol üretmek mümkündür.³⁶

2.1.3. Doğalgaz (Yer Gazı) Rezervleri

Enerji üretiminde kullanılan bir diğer fosil kökenli kaynak da doğalgazdır. 2008 yılı sonu itibariyle dünya ispatlanmış doğalgaz rezervleri 185 trilyon metreküp (veya 6584,0 feet küp³⁷) civarlarındadır³⁸. Günümüzde enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılamak için kullanılan doğalgazın büyük bir bölümü (yaklaşık % 80) on ülkede bulunmaktadır. Bunlardan en büyük doğalgaz rezervine sahip olanlar Rusya Federasyonu, İran, Türkmenistan, Nijerya, Ukrayna ve Bağımsız Devletler Topluluğu, bazı Avrupa ülkeleridir³⁹.

Yeni keşiflerle birlikte 2009 yılında görünür rezervleri en çok artan ülkeler Birleşik Devletler ve İran olmuştur. Birleşik Devletler'deki artış (2008 yılı verilerine göre) % 13

³⁵ BP, “*Statistical Review of ...*”, Proved Reserves, June 2009, s.6

³⁶ Abdurrahman Satman, “Dünyada Enerji Kaynakları”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, Atilla Sandıklı, Hasret Dikici Bilgin (Ed.), TASAM Yayınları, 26 Nisan, 2006, İstanbul, s.51

³⁷ Feet küp (Hacim birimi), 1 Feet küp = 0,28 metreküp.

³⁸ BP, *Statistical Review of World Energy*, Naturalgas Section, Proved Reserves, June 2009, s.22

³⁹ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.14

iken, İran rezervlerindeki artış % 5 olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte Endonezya, Kuveyt, Venezuela ve Libya gibi ülkelerin rezervlerinde daha az, fakat tatmin edici miktarlarda artış yaşanmıştır. Birleşik Devletler'in doğalgaz rezervlerinde gerçekleşen büyük miktardaki artış, killi kaynakların keşfiyle mümkün olmuştur. Birleşik Devletler'in sahip olduğu yeni teknoloji, killi rezervlerin ekonomik olarak kullanımına fırsat verirken bazı Amerikan enerji şirketleri Orta ve Batı Avrupa'da potansiyel killi rezervleri keşif çalışmalarına başlamıştır⁴⁰.

Birleşik Devletler 2009 yılında 240 trilyon feet küp ispatlanmış doğalgaz rezervine ve teknik olarak yaklaşık 500 trilyon feet küp kadar da killi rezerve sahiptir. Ayrıca Alaska'da ispatlanmamış konvansiyonel 1500 trilyon feet küpün üzerinde kaynak olduğu düşünülmektedir⁴¹. Artan doğalgaz ihtiyacı, rezervlerin tüketilecekleri bölgelere iletilmesinin karmaşık sistemler gerektirdiğini bu yüzden önümüzdeki 30 yıl içerisinde doğalgaz yatırımlarının yarısının LNG⁴² tanker limanları ve tekrar gazlaştırma terminalleri gibi alt yapıya ayrılacağını göstermektedir⁴³.

Tablo 1.4: Dünya Doğalgaz Rezervleri Ükelere Göre Dağılımı, 1 Ocak 2009

ÜLKE	REZERV TRİLYON FEET KÜP	DÜNYA TOPLAMI YÜZDESİ	ÜLKE	REZERV TRİLYON FEET KÜP	DÜNYA TOPLAMI YÜZDESİ
RUSYA	1,680	26,9	KAZAKİSTAN	85	1,4
İRAN	992	15,9	MALEZYA	83	1,3
KATAR	892	14,3	NORVEÇ	82	1,3
SUUDİ ARAB.	258	4,1	ÇİN	80	1,3
BİRL. DEV.	238	3,8	ÖZBEKİSTAN	65	1,0
BİR.ARP.EMR.	214	3,4	KUVEYT	63	1,0
NİJERYA	184	2,9	MISIR	59	0,9
VENEZUELLA	171	2,7	KANADA	58	0,9
CEZAYİR	159	2,5	20, ÜLKE TOP	5,674	90,7
IRAK	112	1,8	DİĞER	581	9,3
ENDONEZYA	106	1,7	DÜNYA TOP.	6,254	100,0
TÜRKMENİS.	94	1,5			

Kaynak: IEA, International Energy Outlook, May 2009, s.46

⁴⁰ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, s.44

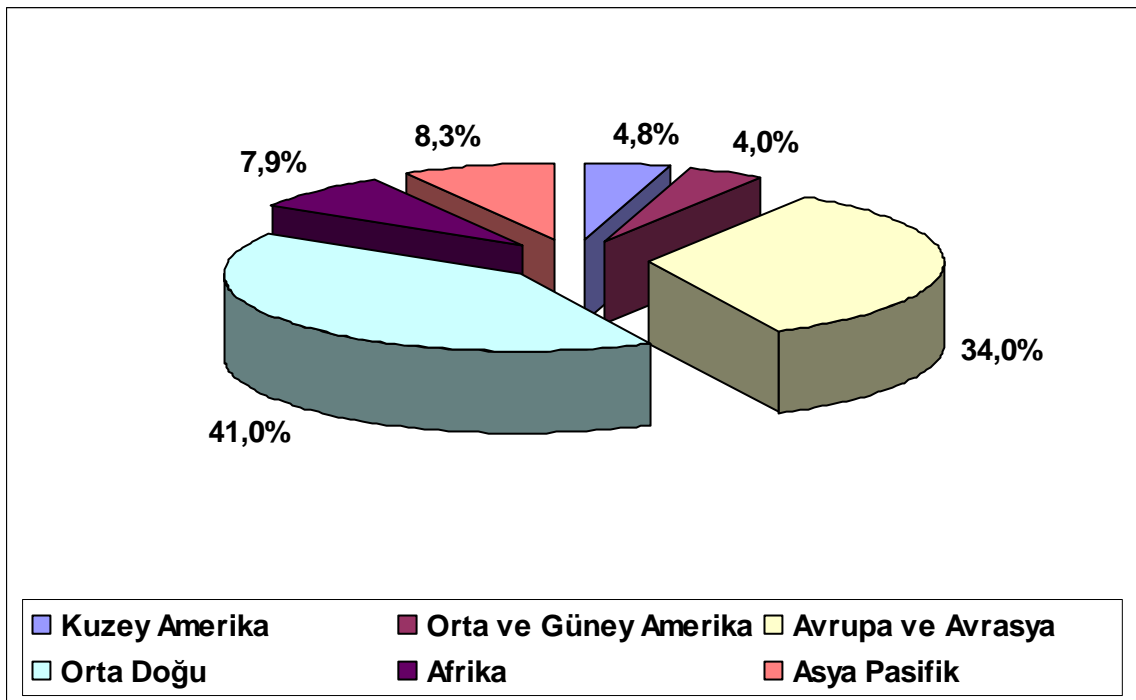
⁴¹ EIA-“Energy Information Adm...”, Shale Gas Reserves, s.16

⁴² LNG (Liquefied Naturel Gas), Sıvılaştırılmış Doğalgaz

⁴³ Abdurrahman Satman, “Dünyada Enerji Kaynakları”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, (Ed. Atilla Sandıklı, Hasret Dikici Bilgin), 26 Nisan 2006, İstanbul, s.55

2009 yılı verilerine göre Kazakistan ve Katar'da, geniş çaplı doğalgaz rezervi düşüğü saptanmıştır. Özellikle Kazakistan'ın rezervleri % 15 oranında azalış göstermesine rağmen, halen 85 trilyon feet küp ispatlanmış doğalgaz kaynağına sahiptir. Ülke bazında en çok rezerve sahip ülke Rusya Federasyonu'dur. 2009 yılı ile birlikte 1,680 trilyon feet küp ispatlanmış rezerve sahip olan Rusya, bugünkü doğalgaz tüketim miktarına göre yaklaşık 72 yıl yetecek ömrü vardır. İkinci en geniş rezervi bulunan ülke olan İran'ın ise, sahip olduğu 992 feet küplük rezervi 100 yılın üzerinde kullanabilmesi mümkündür⁴⁴.

Grafik 1.3: Dünya İspatlanmış Doğalgaz Rezervleri Dağılımı



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy, June 2009, s.23

Dünya doğalgaz ispatlanmış rezervleri dağılımında % 41 oranıyla Ortadoğu en çok paya sahip bölgedir. Ortadoğu'da İran ve Katar sırasıyla dünya toplam rezervlerinin % 16 ve % 13,8'ine sahiplerdir. Ortadoğu'dan sonra en büyük rezervlere sahip olan bölge Avrupa- Avrasya'dır. 2009 yılı itibariyle 62,89 trilyon metreküp rezerve sahip olan bölgenin en önemli ülkesi ise Rusya'dır.

⁴⁴ BP, Statistical Review of World Energy, Natural Gas Proved Reserves, s.22

Asya-Pasifik bölgesi ise, dünya doğalgaz rezerv dağılımından % 8,3 oranında pay almaktadır. 15,39 trilyon metreküp doğalgazın önemli miktarda bir bölümü Çin, Endonezya ve Avustralya'da bulunmaktadır. Geriye kalan % 16,7'lik dünya doğalgaz rezervini Afrika, Kuzey Amerika ve Güney Amerika aralarında paylaşmaktadır. Afrika'nın % 7,9 oranındaki rezervi ağırlıklı olarak Nijerya ve Cezayir'de depolanmıştır. Kuzey Amerika'da ise Birleşik Devletler sahip olduğu 6,73 trilyon metreküp doğalgazla dünya toplam rezervlerinin % 3,6'sını oluşturmaktadır. Orta ve Güney Amerika bölgesinde de Venezüella 4,84 trilyon metreküp doğalgaza sahip olup, dünya toplam doğalgazının % 2,6'sını barındırmaktadır.

Avrupa Birliği'nin doğalgaz rezervleri itibariyle, Almanya ve Birleşik Krallık'ta daha düşük oranlı gerileme görülmektedir. Almanya % 31 oranında 3 trilyon feet küp, Birleşik Krallık ise % 17 oranında yaklaşık 2 trilyon feet küp kadar rezerv kaybı yaşamıştır⁴⁵.

Son on sene içerisinde artan tüketim ile birlikte rezervlerin üretimi karşılama oranları bugün itibariyle yeterli düzeydedir. Dünya genelinde rezervlerin üretimi karşılama oranı tahmini olarak 63 yıl civarlarındadır. Bölgesel olarak ise Orta ve Güney Amerika için 48 yıl, Rusya için 78 yıl, Afrika için 79 yıl ve Ortadoğu için 100 yılın üzerindedir⁴⁶.

2.2. Fosil Kaynakların Çevresel Etkileri

Hayatımızın neredeyse her alanında ihtiyacımızı karşılayan fosil yakıtlar yararlı oldukları kadar zararlı da olabilmektedirler. Gelişen dünya ile birlikte artan enerji ihtiyacı büyük miktarlarda fosil kaynak tüketimine ve ciddi ölçülerde de çevre tahribatına sebep olmaktadır. 1800'lü yılların sonlarında dünyada yaşanan hızlı sanayileşme ve yeni formlarıyla kent yaşamında gelişmeye başlayan enerji kültürü, çevre ile olan sorunlarında başlangıcını oluşturmuştur⁴⁷.

Ekolojik dengenin bozulmasına sebep olan fosil yakıtlar temel olarak yanma reaksiyonu sonucu oluşan zararlı yan ürünleri çevreye verirler. Bu da canlıların yaşaması

⁴⁵ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, s.45

⁴⁶ EIA-“ Energy Information Adm...”, s.46

⁴⁷ Earl Finbar Murphy, *Energy and Environmental Balance*, Pergamon Press, USA, 1980, s.10

için gerekli olan havanın, suyun ve toprağın kirlenmesine yol açar. Karbondioksit zararlı gazlardan biri olup uzmanların en çok üzerinde durdukları konulardandır. Fosil kaynak kullanımı sonucu salınan karbondioksit yeşil bitkiler tarafından tutulur fakat bu miktar çok fazla olduğu zaman atmosfere yerleşir, yeryüzüne gelen güneş ışınlarının geri yansımaya engel olarak dünyanın ısınmasına sebep olur. Sera etkisi olarak bilinen bu olay uzun vadede küresel ısınmaya, iklim değişikliklerine yol açar.

Son 50 yıl içerisinde dünya ortalama sıcaklıkları küresel ısınma sebebiyle 1,5 °C ile 4,5 °C arasında artış göstererek tehlikeli boyutlara ulaşmıştır⁴⁸. Bu durum bölgesel olarak kuraklıklara veya normalden fazla yağış alarak sel taşkınlarına ve kutuplardaki buzulların eriyerek okyanusların seviyesini yükseltmesi sonucu deniz kenarına kurulu birçok şehrin sular altında kalma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına sebebiyet vermektedir.

Bu çevresel felaketler yiyecek kıtlıklarını ve bulaşıcı hastalıkları da beraberinde getirerek insanların kitleler halinde göç etmelerine ve sosyo-politik problemlerin artmasına neden olabilirler⁴⁹. Fosil kaynakların yakılması sonucu oluşan sera gazlarının bir diğer etkili olduğu alan ise ozon tabakasıdır. Özellikle azot oksitler atmosferin üst tabakasında bulunan ve dünyayı yüksek şiddetteki radyasyonlardan koruyan ozon tabakasında geri dönüşümü olmayan zararlar vermiştir⁵⁰.

Bu duruma çözüm yolu bulabilmek amacıyla 1985 yılında ‘‘Ozon Tabakasının Korunması Sözleşmesi⁵¹’’ ve 1987 yılında ‘‘Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü⁵²’’ imzalanmıştır. Ayrıca küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları kapsamında 21 Mart 1994 tarihinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kabul edilmiştir. 1997 yılında bu çerçeve sözleşmenin ilkelerine dayanarak Japonya’nın Kyoto Kenti’nde bir protokol imzalanarak yürürlüğe konulmuştur.

⁴⁸ Mükerrerem Şahin, ‘‘Hidrojen Enerjisi Tek...’’, s.12

⁴⁹ Sema Z. Baykara, ‘‘İklim Değişikliği, Alternatif Enerji Seçenekleri ve Nükleer Enerji’’, *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi*, Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin (Ed.), Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM) Yayınları, İstanbul, Haziran, 2006, s.131

⁵⁰ Neşe Deriş, *Geleceğin Yakıtı Hidrojen*, Birsen Basım Yayın, İstanbul, 2006, s.12

⁵¹ Ozon Tabakasının Korunması Sözleşmesi, 1985 yılında imzaya açılmış ve 08.09.1990 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Sözleşme Viyana’da yapıldığı için Viyana Sözleşmesi olarak da anılır.

⁵² Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü, 1987 yılında imzaya açılmış olup, 8 Eylül 1990 tarihinde resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Kyoto Protokolü'ne ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve sözleşmesi'ne imza atan sanayileşmiş ülkelerin amacı 1990 yılında salınımını yaptıkları sera etkisine sebep olan zararlı gazları 2008-2012 yılları arasında % 5 oranında azaltmaktır⁵³.

İsviçre'nin Cenevre kentinde 2009 yılında üçüncüsü düzenlenen Dünya İklim Değişikliği Konferansı da küresel ısınmaya sebep olan faktörlere dikkat çekerek tehlikenin boyutlarını üst düzey katılımcıların huzurunda dünyaya ifade etmek ve uygulanması gereken politikalara hız kazandırmak amacını taşımaktadır.

Bu amaçla Kyoto Protokolü'ne 2000 yılında imzasını koyan Avrupa Birliği, 2008-2012 yılları arasında CO₂ gazı emisyonlarını % 8 oranında azaltarak 1990'lardaki seviyeye çekeceğini beyan etmiştir⁵⁴. Enerji kaynaklı çevre kirliliğinin önüne geçebilmek amacıyla Avrupa Birliği enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir kaynakların payını arttırmayı hedef politika olarak belirlemiştir⁵⁵. Birlik 2001 yılında yayımlanmış olduğu Yenilenebilir Enerji Direktifi kapsamında elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların oranını 2010 yılında % 21'e çıkarmayı amaçlamaktadır⁵⁶.

Sera etkisi yapan ve en büyük emisyon hacmine sahip gaz olan CO₂, 1970-2004 yılları arasında % 80 oranında artış göstermiştir. Dünya Enerji Konseyi'nin verilerine göre 2005 yılında 379 ppm olan CO₂ emisyonu 2007 yılında diğer sera etkisine sahip olan gazlarla birlikte 450 ppm seviyesine kadar yükselmiştir⁵⁷.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2009 yılında yapmış olduğu tahminler doğrultusunda, dünya toplam enerji tüketiminin 2006 yılından 2030 yılına kadar % 44 oranında artacağı beklenmektedir⁵⁸. Bu durum CO₂ emisyonlarının da artmasına ve dolayısıyla 2100 yılına

⁵³ <http://bianet.org/bianet/cevre-ekoloji/54452-kyoto-protokolu> (Erişim: 12.02.2010)

⁵⁴ Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM), "Avrupa Birliği ve Enerji Güvenliği: Siyaset Ekonomi ve Çevre", (Haz. Bülent Aras ve Arzu Yorkan), *Stratejik Rapor No:13*, Aralık, 2005, İstanbul, s.21

⁵⁵ Armağan Candan, *Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayını, Ağustos, 2005, İstanbul, ss.7-23

⁵⁶ Cecilia Baker (Ed.), *Energy Revolution: A Sustainable Pathway To A Clean Energy Future For Europe, Report For EU-25*, Green Peace International, September, 2005, p.7

⁵⁷ WEC-World Energy Council, *World Energy and Climate Policy: 2009 Assessment*, p.44

⁵⁸ International Energy Outlook 2009, World Energy Demand and Economic Outlook, p.7

kadar dünya ortalama sıcaklık değerlerinin 2,4 °C ile 6,4 °C arasında artmasına sebep olacaktır⁵⁹.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre 2007 yılında salınımı yapılan yaklaşık 29 milyar tonluk CO₂'in % 42,2'si kömür, % 37,6'sı petrol, % 19,8'i doğalgaz kullanımından ve geriye kalan % 0,4'lük kısmı ise endüstriyel atıklardan ve yerel belediyelere ait yenilenemeyen atıklardan kaynaklanmıştır⁶⁰.

Dünya yaşamını giderek etkisi altına alan bu durumun çözümü öncelikli olarak geleneksel hidrokarbon kökenli yakıtların yerine daha temiz kaynakların tercih edilmesi ile mümkün görülmektedir. Geleneksel enerji kaynaklarından alternatif enerji kaynaklarına yönelme süreci uzun soluklu olup, kamu sektörünün yanı sıra özel enerji üretim şirketlerinin de iştiraki ile hayata geçirilebilir. Özel girişimi desteklemek amacıyla karbon ticareti mekanizması oluşturulmuştur. Bu mekanizmaya göre enerji üreten şirketler, azalttıkları karbon miktarı kadar karbon kredisi satmaya hak kazanmaktadırlar. Yasal yükümlülüklerini yerine getirmek isteyen veya gönüllü kuruluşlarca alınmak istenen bu kredi, önemli bir ekonomik kazanç meydana getirdiği için teşvik edici bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1.5: Dünya CO₂ Emisyonu Bölgesel Dağılımı 2007

ÜLKE / BÖLGE	EMİSYON (%)
E. SOVYET CUM	8,3
OECD ÜYE OLM. AVRUPA ÜLK.	0,9
ORTADOĞU	4,8
ÇİN	21
ASYA*	10
LATİN AMERİKA	3,5
OECD ÜYE ÜLKELER	44,9
AFRİKA	3,1
DİĞER**	3,5
DÜNYA TOPLAM	100,0

Kaynak: IEA-International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2009, s.44

* Asya, Çin Hariç

** Diğer, Uluslararası Havacılık ve Gemi Ulaşımının Sebep Olduğu Emisyon

⁵⁹ IEA-Statistics, International Energy Agency, *CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights 2009* Edition, p.9

⁶⁰ IEA-International Energy Agency, *Key World Energy Statistics*, 2009, p.44

Dünya sera gazları salınımının büyük bir bölümü sanayileşmiş olan OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Özellikle hızlı gelişme gösteren Asya'da son yıllarda yüksek oranlarda CO₂ emisyonu artışı gözlenmiştir. Birleşik Devletler, Rusya, Çin, Japonya ve Hindistan'dan oluşan beş ülke 2007 yılında dünya CO₂ emisyonunun % 55'ini meydana getirmiştir⁶¹.

2006-2030 yılları arasında gelişmekte olan ülkelerde CO₂ emisyonlarının yaklaşık olarak iki katına çıkacağı fakat 2006 yılında dünya sera gazı salınımının % 14'ünü oluşturan Avrupa Birliği'nin payının ise 2030 itibarıyla % 9'a düşeceği tahmin edilmektedir⁶².

Dünya Enerji Konseyi, 2009 yılı değerlendirmesinde güncel hayattaki ekonomik sorunların yoğun olduğu dönemlerde hükümetler ve politika yapıcılar tarafından iklim değişikliği gibi uzun dönem hedeflerinin göz ardı edildiğine dikkati çekmektedir. Bu noktada uluslararası iş birliği ve düşük-karbon teknolojilerinin yaygınlaştırılması gerekliliği önem taşımaktadır⁶³.

3. NÜKLEER ENERJİ

Azalan fosil yakıtlara alternatif olması düşünülen bir kaynak olan nükleer enerji, günümüzde gelişmiş birçok ülkenin başvurduğu yöntemdir. Nükleer enerji diğer kaynaklara nazaran daha kompleks bir dönüşüm sistemine sahip olup, yüksek risk unsurları içermektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte risk unsurlarını minimum düzeye indirgeyerek maksimum fayda sağlanması için çalışmalar yürütülmektedir.

Fosil kaynakların her geçen gün daha pahalı hale gelmesi, enerji arz güvenliği ve sera etkisine yol açan zararlı gaz emisyonlarının azaltılması gibi sebepler nükleer enerji kullanımını arttırıcı etki yapmaktadır⁶⁴.

⁶¹ IEA-Statistics, International Energy Agency, *CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights 2009*, Edition, p.11

⁶² WEC-World Energy Council 2009, *European Climate Change Policy Beyond 2012*, s.15

⁶³ WEC-World Energy Council, WEC Statement 2009, *Building the New World Energy Order*, ss.3-4

⁶⁴ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, Chapter 1, *World Energy Demand and Economic Outlook, Report:DOE/EIA-0484 (2009)*

3.1. Nükleer Enerjinin Tarihsel Gelişimi

Dünya’da ilk nükleer enerji ihtiyacı 1950-1960 yılları arasındaki dönemde hızlı gelişmeyle birlikte ortaya çıkmıştır. 1970’lerde yaşanan petrol krizleri ise enerji arz güvenliği konusunu gündeme taşımış ve nükleer enerjinin önemi bir kez daha vurgulanmıştır. 1980’lerin sonlarına gelindiğinde nükleer enerji üretimi 30’dan fazla ülkeye yayılmış ve dünya toplam elektrik üretiminin % 6’sını karşılamıştır. Bununla birlikte 1979 yılında ‘‘Three Mile’’ adasında ve 1986 yılında Çernobil’de meydana gelen reaktör kazaları sonucu ortaya çıkan tahribatlar, nükleer atıkların taşınması ve saklanması, santral maliyetleri ve fosil yakıtların fiyatlarının tekrardan düşüşe geçmesi gibi bir takım gelişmeler neticesinde nükleer enerji kullanımı yavaşlama evresine girmiştir⁶⁵.

3.2. Günümüzde Nükleer Enerji Durumu ve Üretim Hacmi

Günümüzde dünya çapında 442 adet⁶⁶ (Ocak, 2006 tarihi itibarıyla) nükleer reaktör bulunup⁶⁷ bu reaktörlerde senelik 70 bin ton kadar nükleer yakıt tüketilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın verilerine göre bilinen 4,3 milyon ton (NEA, 1997) nükleer yakıt rezervleri 60 yıl kadar yeterlidir. Henüz keşfedilmemiş, spekülasyon 11 milyon ton kadar daha nükleer rezerv olduğu göz önüne alındığında 220 yıl yetecek kadar yakıt üretmek mümkün gözükmektedir⁶⁸.

Enerji Bilgileri Yönetimi’nin 2009 yılı verilerine göre 2006 yılında 2,7 trilyon KWh olan nükleer enerjiye dayalı elektrik üretiminin 2015 yılında artarak 3,0 trilyon KWh’e, 2030 yılında ise 3,8 trilyon KWh’e ulaşması öngörülmektedir. Önümüzdeki dönemde nükleer enerji sektörüne yapılması beklenen yeni yatırımlar ağırlıklı olarak OECD’ye üye olmayan ülkelerde gerçekleşecektir. 2006 ile 2030 yılları arasında Çin’in ek olarak 47 gigawatt, Hindistan’ın 17 gigawatt ve Rusya’nın 21 gigawatt kapasite artışı yaratması

⁶⁵ Malcolm Grimston, ‘‘Nuclear Energy’’, *The New Energy Paradigm*, Dieter Helm (Ed.), Oxford Review of Economic Policy and Oxford University Press, Great Britain, 2007, p.372

⁶⁶ Ocak, 2006 tarihi itibarıyla 442 adet olarak belirlenen nükleer reaktörler ticari amaçlı olup 31 ülkede faaliyet göstermektedirler. Ayrıca dünya çapında 56 ülkede nükleer enerji üretimi konusunda 284 adet Araştırma Reaktörü çalıştırılmaktadır.

⁶⁷ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.20

⁶⁸ IEA-International Energy Agency, *Nuclear Power*, p.15

tahmin edilmektedir. OECD'ye üye ülkelerden de Güney Kore 13 gigawatt, Japonya 8 gigawatt ve Birleşik Devletler 12 gigawatt ek kapasite oluşturmayı planlamaktadır⁶⁹.

Tablo 1.6: Dünya Nükleer Enerji Üreten Ülkeleri ve Kurulu Kapasiteleri, 2007

ÜRETİCİ ÜLKE	TWh	DÜNYA TOPLAM YÜZDESİ (%)	KURULU KAPASİTESİ / GW
BİRL. DEVLETLER	837	30,8	106
FRANSA	440	16,2	63
JAPONYA	264	9,7	49
RUSYA FED.	160	5,9	22
KORE	143	5,3	18
ALMAYA	141	5,2	20
KANADA	93	3,4	13
UKRAYNA	93	3,4	13
İSVEÇ	67	2,5	9
BİRL. KRALLIK	63	2,3	11
DİĞER	418	15,3	48
DÜNYA TOPLAM	2719	100,0	372

Kaynak: IEA-International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2009, s.17

Günümüzde dünya toplam nükleer enerji üretiminde Birleşik Devletler ilk sırada yer almaktadır. 2007 yılı verilerine göre 106 GW kurulu güce sahip olan Birleşik Devletler aynı zamanda ihtiyacı olan toplam elektrik enerjisinin % 19,4'ünü nükleer kaynaklardan elde etmektedir. Ayrıca 837 TWh'lık kapasitesiyle üretim yaparak dünya nükleer enerji üretiminden % 30,8 pay almaktadır.

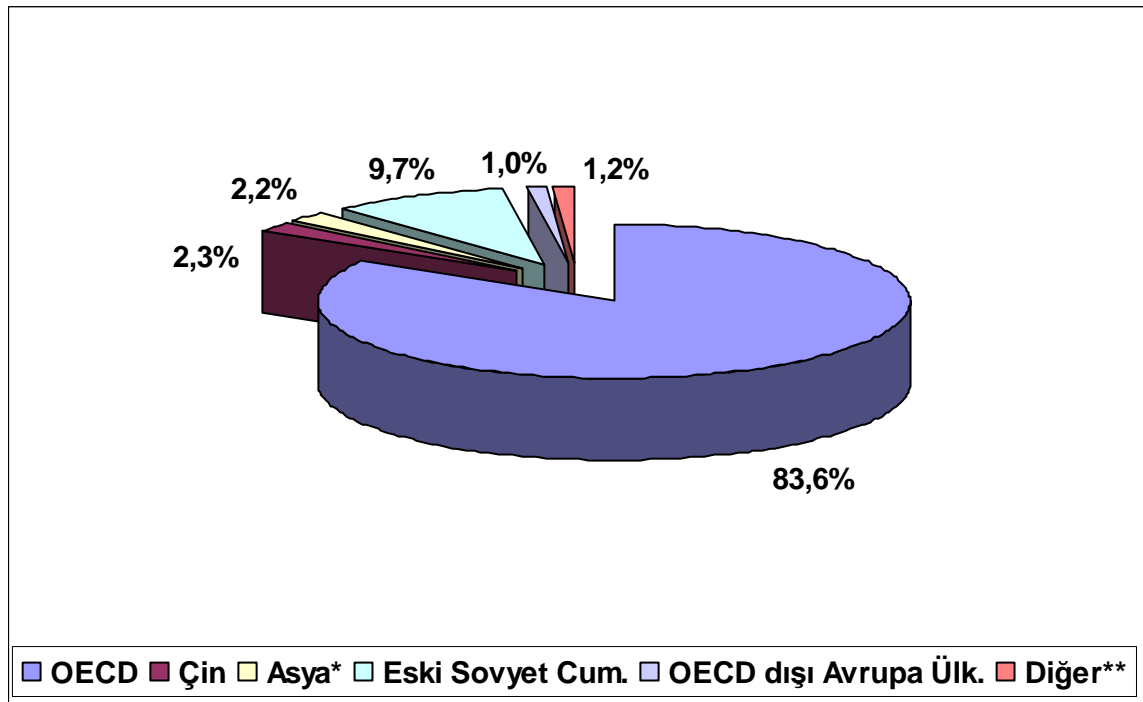
Avrupa Birliği kurucu ülkelerinden olan Fransa ise, Birleşik Devletlerin ardından 440 TWh'lık üretimle dünya üretiminden 16,2'lik pay alarak ikinciliği üstlenmektedir. Fransa iç elektrik talebinin de % 77,9'unu nükleer yolla sağlamaktadır. Böylece ihtiyacı olan elektriği, yüksek oranda nükleer yakıtlardan elde eden ülke olma avantajını da elinde bulundurmaktadır. Diğer büyük nükleer enerji üreticileri ise Japonya, Rusya Federasyonu, Kore ve Almanya'dır. 2007 yılı verilerine göre toplam 708 TWh güce sahip bu dört ülke dünya nükleer enerji üretiminin 26,1'ini oluşturmaktadır.

⁶⁹ EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, Chapter 1, *World Energy Demand and Economic Outlook, Report:DOE/EIA-0484 (2009)*

Avrupa Birliği 1957 yılında imzalamış olduğu Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (AAET) Antlaşması⁷⁰ çerçevesinde nükleer enerjiye dayalı politikalarını yürütmekte olup üye ülkeler kendi ulusal politikalarını benimsemekte serbesttirler. Nitekim Avrupa Birliği'nin farklı üye ülkelerinde farklı uygulamalar görölmektedir.

İngiltere ve Fransa ömrünü tamamlayan nükleer santrallerin yerine yenilerini kurarken İsveç, Belçika ve Almanya son nükleer reaktörlerini 2025 yılına kadar kapatma kararı almışlardır. Aynı şekilde İtalya (1987) ve Finlandiya'da (1993) yapılan referandumlardan nükleer enerji aleyhine çıkan sonuçlar neticesinde nükleer santral yapımından vazgeçilmiştir⁷¹.

Grafik 1.4: Dünya Nükleer Enerji Üretimi Bölgesel Dağılımı / 2007



Kaynak: IEA-International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2009, s.16

* Çin Hariç Asya

** Diğer-Afrika, Latin Amerika ve Orta Doğu

⁷⁰ Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (AAET), 25 Mart 1957 tarihinde imzalanıp 1958 yılında yürürlüğe giren EURATOM Antlaşması ile kurulmuştur. Bu yüzden EURATOM olarak da anılmaktadır. Avrupa Birliği'nin temel kurucu Antlaşmaları'ndan biri olma niteliğini taşımaktadır.

⁷¹ Aylin Ege, "Avrupa Birliği'nde Nükleer Enerji ve Türkiye", Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye, Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı, Çankaya / Ankara, Mayıs 2004, ss.133-134.

Dünyada nükleer enerji üreten ülkeler ağırlıklı olarak OECD'ye üye olan ülkelerdir. Nükleer enerji üretimi belirli bir teknolojiyi gerektirdiğinden nükleer elementlere sahip olan her ülkede nükleer enerji üretimi gerçekleştirilememektedir. Özellikle enerji üretiminde yararlanılan uranyum, plütonyum ve toryum gibi rezervler dünya üzerinde birçok ülkede bulunmasına karşın, üretim sayılı ülkelerde mevcuttur.

Nükleer enerjiden elektrik üretimi OECD'ye üye ülkelerden sonra Eski Sovyet Cumhuriyetleri'nde en geniş kullanım alanı bulmaktadır. 2008 yılı verilerine göre Rusya Federasyonu 36,9 Mtep nükleer enerji tüketimi yaparken Ukrayna 20,3 Mtep⁷² tüketim gerçekleştirmiştir. 2007 yılında 2719 TWh olarak ölçülen dünya toplam nükleer enerji tüketiminden Eski Sovyet Cumhuriyetleri'nden sonra en büyük payları sırasıyla Çin, Asya, diğer ülkeler ve OECD'ye üye olmayan Avrupa Ülkeleri'nde % 2,3, % 2,2, % 1,2 ve % 1,0 olarak belirlenmiştir.

Nükleer enerji üretimi, elektriksel enerji talebinin karşılanmasının yanı sıra, ülkelerin milli gelirlerine yapmış olduğu katkı açısından da önem taşımaktadır. Gelişmişlik düzeyinin kıyaslanmasında kullanılan bir ölçüt olarak kabul edilen kişi başına düşen enerji tüketimi değerleri, nükleer enerji kullanılan ülkelerde yüksek olmakla birlikte milli gelirlerin de yüksek olmasını sağlamaktadır.

2007 yılı verilerine göre, dünya üzerinde en çok nükleer santrale sahip olan ilk üç ülke sırasıyla ABD, Fransa ve Japonya'dır. ABD, 104 adet nükleer santrale ve kişi başına 45,594 dolar milli gelire, Fransa 59 adet nükleer santralle kişi başına 40,782 dolar milli gelire ve Japonya ise, 55 adet nükleer santralle 34,023 dolar kişi başına milli gelire sahiptir. Ayrıca Fransa, senelik ortalama 3 milyar euroluk elektrik enerjisi ihraç eden ülke konumuna sahiptir⁷³.

Nükleer enerji üretiminin ülke ekonomilerine yapmış olduğu katkı, sadece yurtiçi talebi karşılamak amacıyla gerçekleştirilen üretimle sınırlı değildir. Nükleer enerjiye sahip pek çok ülke elektrik enerjisinin yanı sıra, nükleer teknoloji ve zenginleştirilmiş radyoaktif

⁷² BP, *Statistical Review of World Energy*, p.36.

⁷³ Ekonomik Gelişim için Nükleer Santral Şart, ATO-Ankara Ticaret Odası, <http://www.atonet.org.tr/yeni/index.php?p=1441&l=1>, (Erişim: 11.08.2010)

yakıt ihracatıyla da uluslar arası nükleer enerji piyasasından pay alarak milli gelirlerine katkı yapabilmektedirler.

4. YENİLENEBİLİR (ALTERNATİF) ENERJİ KAYNAKLARI

Doğada serbest halde bulunan ve bir kez kullanıldıktan sonra tükenmeyen enerjileri meydana getiren yenilenebilir (alternatif) kaynaklar, günümüz enerji darboğazının ve diğer çevresel sorunların çözümünde önemli rol üstlenebilecek potansiyele sahiptirler.

4.1. Yenilenebilir Enerjinin Gerekliliği

Günümüzde fosil kökenli konvansiyonel enerji sistemlerinden yenilenebilir enerji sistemlerine doğru hızla kayan bir eğilim gözlenmektedir. Fosil rezervlerin doğada sınırlı oluşu ve kaçınılmaz olarak bir gün tükenecek olması alternatif kaynak arayışını zorunlu hale getirmiştir.

Diğer yandan fosil kaynak kullanımının çevre üzerinde yarattığı olumsuz şartların giderek artması, insanlar için tehlikeli bir hal almış ve zararsız kaynakların gerekliliğini ortaya koymuştur. Küresel ısınmanın son yıllarda hat safhalara ulaşması ve iklim değişikliğinin tabi afetlere zemin hazırlaması çevre tahribatının somut örneklerindedir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2020 yılı için oluşturduğu senaryoda enerji kaynaklı CO₂ emisyon değerlerinin % 6 oranında artacağı, bunun önüne geçebilmek için ise enerji verimliliği ve düşük karbon teknolojisi alanlarında 2020 yılında kadar yaklaşık 430 milyar dolar ek yatırım yapılması gerekmektedir⁷⁴.

Fosil yakıt kullanımının artması giderek daha maliyetli olmaktadır. Bunun yanında Avrupa Birliği gibi yerel fosil kaynakları bakımından zengin olmayan ülkeler için büyük oranda enerji ithalatı yapmak, bütçeye ayrıca yük getirmektedir.

⁷⁴ International Energy Agency (IEA), *How The Energy Sector Can Deliver On A Climate Agreement In Copenhagen*, October, 2009, p.17

Küreselleşen dünya bu ağır şartlar altında gelişimini sürdürebilmek için alternatif enerjilere ihtiyaç duymaktadır. Artan insan nüfusunun enerji talebine, ekolojik dengeyi bozmadan ve arz güvenliğini sağlayacak şekilde cevap verebilecek bir kaynak olarak yenilenebilir enerji çeşitleri gösterilmektedir.

4.2. Yenilenebilir Enerjinin Tanımı ve Kapsamı

Yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil kaynakları birbirinden ayıran temel fark fosil yakıtların bir kez kullanıldıktan sonra bir daha dönüştürülemez oluşudur. Fakat yenilenebilir enerji kaynakları neredeyse sınırsız sayılabilecek düzeydedir ve tekrardan enerjiye dönüştürülebilir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın tanımına göre yenilenebilir enerji; “doğal yollarla elde edilebilen ve sayısız olarak kendini yenileyebilen kaynaklar⁷⁵” olarak tanımlanmaktadır. Doğada serbest halde bulunan havadan elde edilen rüzgar enerjisi, nehirlerde akan veya barajlarda depolanan suyun potansiyel enerjisi ve yerkürenin derinliklerinde bulunan sıcak sular birer yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Bunların dışında dünyamızı ısıtan ve aynı zamanda aydınlatan güneşten elde edilen enerji, bitkisel, endüstriyel ve evsel kökenli atıklardan üretilen biyokütle enerjisi ve yeryüzünde en çok bulunan element olan hidrojenin elde edilen enerjilerin hepsi yenilenebilir kaynaklardır. Yenilenebilir enerji türlerinin önündeki en önemli engel maliyetlerin geleneksel enerji kaynaklarına nazaran yüksek oluşudur. Özellikle ilk yatırım, AR-GE masrafları ve ileri teknoloji ürünü ekipmanların sağlanması başlıca girdi maliyetlerini meydana getirmektedir.

Günümüzde alternatif enerji türleri arayışına yenilenebilir kaynakların çözüm olabileceği düşünülmektedir. Önemli olan nokta yenilenebilir teknolojinin yaygınlaşarak teknolojik gelişmeler ışığında maliyetlerin düşürülmesi gerektiğidir. Böylece konvansiyonel kaynakların yerini uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynakları alabilir.

⁷⁵ International Energy Agency, *Energy Statistics Manual*, OECD / IEA and EUROSTAT Publications, 2005, p.15

4.3. Yenilenebilir Enerji Türleri

Günümüzde ticari sektörde kullanım alanı bulan alternatif enerji kaynakları, hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle (canlıkütle) enerjisi, ve hidrojen enerjisidir. Bunların dışında teknik olarak enerji üretilmesi mümkün olup, ekonomik boyutu zayıf olan denizsel enerji türleri de mevcuttur.

4.3.1. Hidrolik Enerji

Çevremize baktığımızda doğal bir şekilde enerji elde etmenin pratik yollarının olduğunu görmekteyiz. Bunun en belirgin yolu ülkemizde de yaygın kullanım alanı bulan ve tarihte bilinen en eski enerji kaynaklarından olan hidrolik enerjidir.

Prensip olarak hidrolik enerji gücünü sudan almaktadır. Yüksek bir noktadan daha alçakta bulunan bir noktaya doğru akış yapan suyun hareketinden yararlanılarak enerji üretilmektedir. Daha teknik ifadeyle suyun sahip olduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilen enerji türüdür.

Yenilenebilir bir kaynak olan hidrolik enerjiyi meydana getiren su, döngüsel bir şekilde hareket ederek devamlı yenilenmektedir. Güneş ısısı yardımıyla buharlaşan su, soğuk hava dalgasıyla yoğunlaşarak yağmura ve kara dönüşür. Bu sayede yüksek noktalara kadar taşınan su kütlesi ırmak, dere ve nehirler vasıtasıyla daha alçak seviyede bulunan denizlere doğru akış gösterir⁷⁶.

Hareket kazanan suyun sahip olduğu enerji çeşitli sistemlerle kullanılabilir formlara dönüştürülerek insanların yararlanması sağlanır. Tarih boyunca işletimindeki kolaylık ve verimlilik sayesinde toplumlar tarafından tercih edilen bir kaynak olmuştur. Yüzyıllar önce küçük derelerin üzerine kurulan su değirmenleri ilk örneklerini teşkil etmektedir. Hareket halinde olan su gücünün çarkları döndürmesiyle açığa çıkan mekanik hareket ilkesine dayanmaktadır.

⁷⁶ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.23

Gıda maddelerinin üretiminden su saatlerine ve hatta küçük tekstil atölyelerinin işletilmesine varıncaya kadar pek çok alanda yardımına başvurulmuş su değirmenleri on dokuzuncu yüzyıla kadar işlevini sürdürmüştür. Ağırlıklı olarak İngiltere ve daha sonraları Amerika'da modern iş hayatının simgesi sayılan su gücüne dayalı üretim nehir gibi su yataklarına sahip dünyanın birçok coğrafi bölgesinde kullanılmıştır.

Mevcut sistemin avantajlarının yanında bazı eksiklikleri de bulunmaktaydı. Bunlardan en çok hissedileni üretilen enerjinin daha sonra kullanılmak amacıyla depolanamaması olmuştur. Bir diğer dezavantajlı yönü ise enerjinin üretildiği yerde tüketilmek zorunda olmasıdır. Bu durum enerjinin ihtiyaç duyulan yerlere iletimine imkan tanımamaktaydı. On dokuzuncu yüzyılda endüstriyel devrimle birlikte fosil kökenli enerjinin tercih edilen kaynak olması sudan karşılanan üretimi azaltmıştır⁷⁷.

Günümüzde ise modern dünyanın tanıdığı imkanlar ve teknolojik yeniliklerin ışığında su gücünün eksik kalan yönleri büyük ölçüde giderilebilmiştir. Akarsu ve nehirlerin önlerine çekilen setler ile oluşturulan barajlar suyu tutarak depolamakta ve ihtiyaç duyulan dönemlerde gerekli miktarlarda enerji üretimine yönelik olarak kullanabilmektedir. Ayrıca artan enerji talebini karşılamak gelişmiş ve verimli çalışma özelliğine sahip türbin sistemleriyle mümkün olabilmektedir.

Hidrolik güç artık geçmişte olduğu gibi insanlığın ihtiyaçlarını gidermek üzere başvurulmuş bir kaynaktır. Elektrik üretimi amacıyla kullanılan kaynaklar arasında önemli bir yere sahip olan hidrolik güç Birleşik Devletlerin toplam elektrik üretiminin % 7'sini dünyanın en büyük üreticisi konumunda olan Kanada'nın ise % 21'ini karşılamaktadır⁷⁸.

Kanada'ya benzer şekilde Çin de artan elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bir bölümünü hidrolik güçten sağlamaktadır. Tahmini 18 GW kurulu potansiyele sahip olmasına rağmen planladığı yeni baraj ve hidroelektrik santrallerle mevcut kapasitesini daha da arttırarak yenilenebilir enerjinin payını genişletmeyi hedeflemektedir⁷⁹.

⁷⁷ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, pp.262-263

⁷⁸ Dan Chiras, *The Homeowner's Guide to Renewable Energy*, New Society Publishers, Canada, 2006, p.233

⁷⁹ Robert L. Evans, *Fueling Our Future*, An Introduction to Sustainable Energy, Cambridge University Press, UK, 2007, p.104

4.3.2. Güneş Enerjisi

Canlı yaşamının temel taşı olan güneş aynı zamanda muazzam bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyamızdan 1,3 milyon kez daha büyük olan güneş nükleer güç hariç olmak üzere diğer enerji çeşitlerinin de esas kaynağını oluşturmaktadır. Güneş enerjisi ile beslenerek milyonlarca yılda fosilleşen canlıların oluşturduğu birincil enerji kaynakları, dolaylı olarak güneş enerjisi içermektedirler. Ayrıca rüzgar, deniz ve okyanus dalgaları gibi alternatif olarak nitelendirilen bir çok enerji türü de güneşin dünya yüzeyini ısıtması sonucu meydana gelirler.

Güneş enerjisi eski çağlardan itibaren başvurulan bir kaynak olmuştur. Giysilerin ve topraktan elde edilen mahsullerin kurutulması amacıyla kullanılmasının yanı sıra Antik Yunanlı'larda herhangi bir aygıt olmaksızın pasif bir şekilde güneş ışınlarından yararlanılarak, evlerinin ısıtılması ve serinletilmesi sağlanmıştır. Yüzyıllar boyunca çöllerde yaşayan toplumlar evlerini inşa ederken kullandıkları kerpiç tuğlaları güneşin yaydığı ısı ile kalıplaştırmışlardır.⁸⁰ 1860'lı yıllara gelindiğinde ise, bir adım daha ileri gidilerek bakır ve çinko eritmek amacıyla yüksek sıcaklıklarda çalışan güneş fırını ve "1870'lerde Kuzey Şili'de tuzlu suların damıtılması amacıyla güneş destilasyon ünitesi kurulmuştur"⁸¹.

4.3.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar esasen güneş enerjisinin bir başka formudur. Güneş enerjisinin atmosferde sebep olduğu ısı değişiklikleri, yeryüzünün coğrafi şekilleri ve dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinin de etkisiyle büyük bir hava akımı oluşturur. Bir başka deyişle güneş tarafından ısınan hava yoğunluğunun azalması nedeniyle yükselirken geriye bıraktığı boşluk soğuk hava tarafından doldurulur. İşte bu hava hareketlerine rüzgar denilmektedir.

Rüzgardan enerji üretilmesi yüzyıllardır insanların kullanmış olduğu bir tekniktir. Ağırıklı olarak tarımsal ürünlerin (buğday, arpa ve mısır) öğütülmesi ve çiftlik hayvanları

⁸⁰ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Two*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.210

⁸¹ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.40

için kuyulardan yeryüzüne su pompalanması amacıyla yararlanılan rüzgar enerjisinin tarihsel incelemeler sonucunda ilk olarak M.Ö 3000 yıllarında yelkenli gemilerde kullanıldığı keşfedilmiştir. Ulaşım ve ticari amaçlı yelkenli gemilerin yaygınlaşmasının ardından M.Ö 200 yılında İran'da ilk rüzgar değirmeni yapılarak Ortadoğu ekseninde gelişme göstermiştir⁸².

Ortadoğu bölgesinde geniş kullanım alanı bulan rüzgar değirmenleri teknolojisinin Avrupa'ya ulaşması 12. yüzyıla kadar sarkmıştır. Avrupa'nın hemen ardından ise Kuzey Amerika'da tercih edilen enerji kaynağı olma özelliğini uzun süre korumuştur. 1800'lü yıllarda başta Hollanda olmak üzere Avrupa ve Kuzey Amerika'da binlerce yel değirmeni işletilirken 1900'lerin başlarına gelindiğinde bu sayı 8 milyonun üzerine çıkmıştır.

Günümüzde ise rüzgar enerjisi daha önemli bir amaca hizmet etmektedir. Modern toplumların ihtiyacı olan elektrik enerjisi teknolojik olarak büyük gelişme gösteren ve verimliliği arttırılmış olan rüzgar gücünden elde edilebilmektedir. Bilinen ilk rüzgar enerjisine dayalı elektrik üretimi fikri İngiliz asıllı J. Semeaton tarafından ortaya atılmış ve 1890 yılında Danimarka'da elektrik üreten bir tesis kurulmuştur⁸³.

1930'larda çok sayıda batılı üretici firma tarafından küçük çaplı rüzgar türbinleri imal edilerek kırsal kesimlerde ve özellikle de çiftçilikle uğraşan bölgelerde yaygınlaşması sağlandı. 1940-50 döneminde çökme tehlikesiyle karşılaşan türbin endüstrisi 1970'lerde yaşanan petrol krizleri ve enerji darboğazı sebebiyle tekrardan ilgi çekici bir hale geldi. 1980'lerde Amerika merkezli teknolojik yeniliklerin ışığında gelişme kaydeden rüzgar türbinleri, ticari amaçla şehir şebekelerine bağlanmıştır. 1990'larda ise çevre bilinci enerji politikalarını etkileyen bir unsur olarak ortaya çıkmıştır. Başta Danimarka, Almanya ve Hollanda olmak üzere Avrupa'da iklim değişikliği ile mücadelede rüzgar türbinlerinin önemi vurgulanmıştır⁸⁴.

⁸² Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.75

⁸³ http://www.alternaturk.org/ruzgar_yer.php, (24.02.2010)

⁸⁴ Paul Gipe, *Wind Energy Basics, A Guide to Small and Micro Wind Systems*, Chelsea Green Publishing Company, USA, 1999, p.3

4.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Latince’de toprak anlamına gelen ‘‘geo’’ ve ısı anlamına gelen ‘‘therme’’ kelimelerinin birleşmesinden türetilmiştir. Jeotermal enerji yer içi ısı olarak ta bilinmektedir. Jeotermal kaynaklar yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde yüzeyden sızarak birikmiş suların, dünyanın derinliklerinde bulunan magma tabakasından aldığı ısı ile enerji kazanan sıvılar veya buharlardır. Bu kaynaklar, normal sulardan farklı olarak yapısında çeşitli mineraller, tuz ve gazlar içermekle birlikte genellikle 20 °C’ nin üzerindedirler.

Dünyanın merkezine doğru inildikçe sıcaklık yüzeye yakın yerlerde her 100m’de bir 3 °C (yaklaşık 5,4 °F) magma tabakasına yaklaştıkça ise daha yüksek derecelerde artış gösterir. Bazı bölgelerde yaklaşık 3 km kadar derinlikte mevcut olan sıcaklık suyun kaynaması için yeterli seviyelere ulaşabilmektedir⁸⁵. Jeotermal sular derin tabakalarda ısıdıktan sonra yer yüzeyine kendileri boşluklar bularak yükseldikleri gibi sondaj yöntemiyle de çıkarılabilirler. Günümüzde mevcut olan teknoloji sayesinde 4000’ m (13,000 ft) kadar derinlere ulaşarak elde edilen jeotermal kaynaklardan ekonomik olarak yararlanılabilmektedir⁸⁶.

Jeotermal enerji hakkında elde edilen tarihsel veriler binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Antik Çinliler ve Japonlar doğal jeotermal kaynak sularından banyo yapmak ve yemek pişirmek için yararlanmışlardır. Antik Romalılar ise cilt sağlığı ve konutlarını ısıtmada yeraltı sularını kullanmışlardır. Orta çağlara gelindiğinde Avrupa’da yaşayan insanlar jeotermal kaynaklara ticari boyut kazandırarak Almanya ve Fransa’da çok sayıda kaplıca inşa edip işletmişlerdir⁸⁷.

4.3.5. Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi

Biyokütle, kaynağını bitkisel, hayvansal ürünlerden, evsel ve endüstriyel atıklardan alan bir enerji türüdür. Biyokütle enerjisinin esas dayanağı organik canlılardır. Fosil

⁸⁵ Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, p.432

⁸⁶ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.190

⁸⁷ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.98

yakıtlar da olduğu gibi bitkisel ve hayvansal ürünlerin ve atıklarının çeşitli tekniklerle çürütülerek enerjiye dönüştürülmesi işlemidir. Fosil kökenli kaynakların bu noktada farkı kendiliğinden uzun yıllar boyunca süren basınç ve sıcaklık altında doğal parçalanma sürecine maruz kalmalarıdır.

Günümüzün sanayileşen dünyasında biyokütle enerjisinin anlamı doğal organik kaynakların konvansiyonel sistemlerde çalışan yakıt türüne dönüştürülmesi amacıyla işlenmesidir⁸⁸. Bu sebeple dünyanın birçok yerinde odun, tarım ve orman ürünleri, organik atıklar, deniz bitkileri, kamusal, evsel ve endüstriyel atıklar tesislerde toplandıktan sonra gerekli prosedürlere tabi tutulmaktadır.

Canlı materyalden elde edilen biyokütlesel enerji, bilimsel metotlara uygun bir şekilde işlenmediği ve gerekli sınırlamalara uyulmadığı takdirde istenmeyen sonuçlar doğurabilmektedir. Özellikle odun ve diğer orman ürünlerinin sınırsız bir şekilde enerji amacıyla tahrip edilmesi, başta iklimler olmak üzere pek çok doğal kaynağın zarar görmesine sebep olabilmektedir.

Biyokütle enerjisi temel olarak bitkisel ve hayvansal olmak üzere iki ana kaynaktan meydana gelir. Bunlardan bitkisel kökenli olan biyokütle, yeşil bitkilerin fotosentez yöntemi ile güneşten aldığı enerjiyi kimyasal enerjiye çevirmesi ile gerçekleşir. Klorofil güneş ışınlarını absorbe ederek havadaki karbondioksit ile birleştirip karbon ve hidrojen açısından zengin bileşikler meydana getirir. Hayvansal kökenli biyokütlelerin kaynağını ise ağırlıklı olarak dışkılar (tezek) oluşturmaktadır.

Kaynağını bitkisel ve hayvansal atıkların oluşturduğu biyokütleler yakıldıklarında ortaya büyük miktarlarda ‘‘biyokütlesel enerji’’ çıkmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan karbondioksit tekrardan güneş enerjisi yardımıyla bitkiler tarafından karbondioksit besinlere dönüştürülerek depolanmakta ve böylece döngüsel sistem içerisinde yenilenebilir enerji ortaya çıkmaktadır. Kısaca birçok kaynağın olduğu gibi biyokütle enerjisinin de

⁸⁸ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.67

temelini güneş enerjisi oluşturmaktadır. Güneşten doğarak canlı organizmalara dönüşen ve yakılmalarıyla birlikte enerji açığa çıkaran zincirleme reaksiyonlar dizisidir⁸⁹.

Biyokütleden elde edilen enerji yenilenebilir bir kaynak olduğu gibi gelecekte fosil yakıtların tükenmesi halinde alternatif olarak düşünülebilecek potansiyele de sahiptir. Biyokütleyi oluşturan kaynakların yanması sonucu oluşan karbondioksit, fotosentez reaksiyonu sürecinde bitkiler tarafından tutulduğu için çevreci bir kaynak olarak mevcut sorunların çözümünde de rol alabilir⁹⁰.

Bilinen ilk enerji kaynaklarından olan biyokütle, insanlar tarafından direkt olarak yiyecek, ısınma, hayvan yemi ve evlerde yemek pişirme gibi kompleks yapıda olmayan işlerde kullanılmıştır. Ardından sanayileşme ile birlikte ormancılık ve tarımsal alanlarda yaşanan yeniliklerle elektrik üretiminden modern yakıtlara varıncaya kadar pek çok alanda etkili olmaya başlamıştır⁹¹.

4.3.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen evrenin ve üzerinde yaşadığımız dünyanın yapı taşını oluşturan elementlerden biridir. Sahip olduğu kimyasal ve fiziksel nitelikler sayesinde insanoğlunun yararlanabileceği bir potansiyel oluşturmaktadır. En basit şekli ile oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu suyu oluştururken aynı zamanda dışarıya enerji verir. Makul düzeylerde olan bu enerjiden ekonomik anlamda verimli bir şekilde istifade etmek mümkündür.

Pek çok üretim şekline sahip olan hidrojen genellikle fosil kökenli kaynaklardan veya sudan elde edilmektedir. Özellikle su kaynaklarından üretilebilmesi imkanı hidrojen enerjisini dünyanın hemen her yerinde ulaşılabilir ve güvenilir kılmaktadır. Hidrojen sudan elde edilmesi ve enerji üretimi esnasında tekrardan suya dönüşmesi nedeniyle süreklilik arz etmektedir. Böylece yenilenebilir enerji kaynağı olma özelliğine de sahip olan hidrojen daha pek çok özelliği ile geleceğin yakıtı olarak görülmektedir.

⁸⁹ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.225

⁹⁰ Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass, Technological Status Costs and Environmental Impacts, The National Academies Press, USA, 2009, p.50

⁹¹ J. C. McVeigh, *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Press, UK, 1984, p.118

Hidrojen tarihte ilk defa İngiliz kimyacı Robert Boyle (1627-1691) tarafından 1671 yılında asit çözeltisi içerisinde demir parçası eritmeye çalışılırken bulundu. Robert Boyle ve beraberindeki bilim adamları tarafından tesadüfen bulunan hidrojen elementinin üzerinde fazla durulmamıştır. Bir başka İngiliz bilim adamı olan Henry Cavendish (1731-1810) gazların fiziksel özellikleri üzerinde bir takım çalışmalar yürütürken hidrojenin benzersiz özelliklerini ortaya çıkarmıştır. Henry Cavendish'in elde ettiği tecrübelerden yola çıkarak Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) adlı Fransız bilim adamı 1785 yılında hidrojene Latince'de su anlamına gelen "hydro" ve şekil veren anlamına gelen "genes" kelimelerinden türetilen "hydrogenes" ismini vermiştir. Böylece on yedinci yüzyılda hidrojen resmîyet kazanan bir gaz çeşidi olmuştur⁹².

Günümüzde rezervlerin hızla azalma göstermesine karşılık enerji ihtiyacı artmaktadır. Bu durum hidrojen enerjisinden yararlanma fikrini ortaya koymuştur. Bu konuda somut olarak ilk adım 1970'lerde Amerikan General Motors (GM) firması mühendisleri tarafından atılmıştır⁹³. Fosil kaynakların büyük bir bölümünü kullanan otomotiv sektörü için hidrojen enerjisinin uygulanabilirliği üzerine yürütülen çalışmalar gelecek açısından umut verici olarak yorumlanmaktadır.

⁹² Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Two*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.134

⁹³ John Tabak and Ph. D., *Natural Gas and Hydrogen, Energy and the Environment*, Facts on File Inc. An Imprint of Infobase Publishing, USA, 2009, p.144

BÖLÜM II

DÜNYADA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

XXI. Yüzyıla girerken artan enerji talebinin doğurduğu gereksinimler, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Uzun bir dönem boyunca hidrolik ve rüzgar enerjisi kullanılıyor olmasına rağmen, bunun yanında güneş, biyokütle, ve hidrojen gibi daha modern enerji kaynakları tercih edilir hale gelmiştir.

1. FOSİL KÖKENLİ KAYNAKLARDAN ALTERNATİF KAYNAKLARA GEÇİŞ

Modern dünyanın işlevselliğini sağlayan enerji giderek artan bir şekilde talep edilmektedir. Bugün için ihtiyaç duyulan miktarlarda kaynak bulunmasına rağmen mevcut rezervler azalma eğilimi göstermektedir. Yakın bir gelecekte enerji arzı enerji talebini karşılayamaz duruma gelecektir.

Endüstrileşmiş ülkelerde nüfus artışı duraklama eğilimi gösterirken, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise tam tersi durum söz konusudur. Gelişmekte olan ülkelerin demografik yapısından kaynaklanan hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmenin gerektirdiği enerji hammaddesi ihtiyacı, enerji arz ve talebi arasındaki hassas dengenin talep lehine kaymasına yol açmaktadır. Mevcut talep farkının sağlıklı bir biçimde karşılanabilmesi, alternatif olarak nitelendirilen kaynakların üretime dahil edilmesiyle mümkün görülmektedir.

Bu sıkıntılı sürecin etkisini mümkün olabildiğince hafifletebilmek için alternatif kaynakların kullanımına vakit kaybedilmeden geçilmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalar mevcut alternatif kaynakların verimli bir şekilde kullanılması halinde fosil kökenli kaynakların yerini doldurabileceğini göstermiştir.

Alternatif kaynakların kullanımı aynı zamanda insan yaşamının da kalitesini arttırabilme özelliğine sahiptir. Çevre üzerinde fosil kaynaklara göre oldukça kısıtlı etkisinin olması ve yeryüzünün neredeyse tamamına dağılım sergilemesi alternatif enerjiyi kolay ulaşılabilir ve yararlanılabilir yapmaktadır.

Yenilenebilir kaynaklara geçilmesiyle birlikte zararlı sera gazlarının emisyonları makul düzeylere kadar indirilebilecek ve petrol, doğalgaz gibi belirli bölgelerde bulunan rezervlerden kaynaklanan arz güvenliği sorunları ortadan kalkarak enerjide dışa bağımlılık oranları düşecektir.

Bu bağlamda Kyoto Protokolü'nün işlevselliği ön plana çıkmaktadır. Yüksek karbon salınımına neden olan ülkelerin karşılamak zorunda olduğu finansal yükümlülükler caydırıcı rol oynamaktadır. Çevresel sorunların asgari düzeye indirgenebilmesi amacıyla hayata geçirilen “karbon emisyonu ticareti” kapsamında, yeni alternatif enerji üretim yatırımları gerçekleştirilmekte ve bu durum da, ekonomik kalkınma üzerinde olumlu etki yapmaktadır.

Çağımızın sorunlarından olan işsizliğin, alternatif enerji kaynaklarına yeni yatırımların yapılmasıyla birlikte düşüş göstereceğine de inanılmaktadır⁹⁴. Başarılı bir şekilde alternatif enerjiye geçişle üretimde yerli kaynakların kullanılacak olması ekonominin canlanmasını sağlayabilir ve yeni oluşturulacak enerji projelerinde nüfusun önemli bir kısmı için istihdam yaratılabilir.

Alternatif enerji kaynaklarından rüzgar enerjisini ele aldığımızda, Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği'nin verilerine göre⁹⁵, 2008 yılı itibariyle 40 milyar euroluk pazar payına sahip olmakla birlikte en hızlı istihdam yaratan enerji sektörlerinden biri

⁹⁴ Van Jones, *The Green Collar Economy*, Harper Collins Publishers, USA, 2008, p.116

⁹⁵ World Wind Energy Association (WWEA), *World Wind Energy Report 2008*, WWEA Publication, Germany, 2009, p.7

konumundadır. Sadece 2005 yılından 2008 yılına kadar geçen süreçte istihdam oranı 2 katına çıkarak 235 bin kişiden 440 bin kişiye yükselmiştir.

Tanım olarak yenilenebilir enerji, ‘‘doğada tükenmez sayılabilecek miktarlarda mevcut olan ve kaynağı güneşten yayılarak dünyamıza ulaşan enerjiye dayanan bir türdür⁹⁶’’. Bir başka tanımda ise ‘‘doğal yollarla makul ölçülerde kendini yenileyebilen bir enerji türü⁹⁷’’ olarak ifade edilebilir.

Enerji alanında gelinen son nokta yeni reformların eşliğinde hızlı bir dönüşüm yaşandığıdır. Özellikle, ciddi bir tehdit unsuru olan küresel ısınmayla başa çıkabilmek ve azalan kaynaklara olan bağımlılığın minimuma indirilebilmesi amacıyla başta Avrupa Birliği olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde çalışmalar yürütülmektedir.

Dünya Enerji Konseyi (WEC)’ nin Avrupa Birliği’ nin İklim Değişikliği Politikası’na yönelik olarak 2009 yılında hazırladığı raporda⁹⁸ orta ve uzun vadede uygulanması düşünülen politikalar şu şekilde belirlenmiştir; Kısa ve orta vadede karbon salınımına sebep olan fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanımını sınırlamak amacıyla vergilerin artırılmasına, uzun vadede ise düşük karbon teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların desteklenmesine karar verilmiştir.

Gündelik yaşamımızda evlerimizin ısıtılmasından aydınlatılmasına, ulaşım ve taşıma araçlarının kullandığı yakıt çeşitlerine ve hatta endüstriyi ayakta tutan önemli bir girdi olmasına varıncaya kadar sayısız yararlanabilme alanına sahip olduğumuz enerji % 80 gibi büyük oranlarda halen fosil kaynaklardan karşılanmaktadır.

Bu durum yeni enerji perspektifiyle yaklaşıldığında, geleneksel kaynakların alternatifler ile ikame edilmeye çalışıldığını göstermektedir. Mevcut fosil kaynaklara dayalı altyapı sisteminin tamamen değiştirilerek yenilenebilir kaynaklara uyarlanması

⁹⁶ Robert L. Evans, *Fueling Our Future*, An Introduction to Sustainable Energy, Cambridge University Press, UK, 2007, p.81

⁹⁷ Dan Chiras, *The Homeowner’s Guide to Renewable Energy*, New Society Publishers, Canada, 2006, s.27

⁹⁸ World Energy Council (WEC) 2009, *European Climate Change Policy Beyond 2012*, p.96

oldukça maliyetli bir proje olmakla birlikte kısa vadede gerçekleştirilebilmesi teknik olarak mümkün gözükmemektedir.

Dünya enerji tüketimindeki artış temel olarak küresel ekonomik gelişmelere ve insan popülasyonunun çoğalmasına bağlıdır. 2004 yılında 6,4 milyar olan dünya nüfusunun yapılan tahminler neticesinde senelik % 10'luk ortalama bir artışla 2030 yılına gelindiğinde 8,1 milyar olması beklenmektedir. Ekonomik büyümesinin önemli bir kısmını tamamlamış yani gelişmiş olarak bilinen ülkelerde nüfus artışının yavaşlaması beklenirken az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ise, bu artışın yüksek oranlarda gerçekleşeceği düşünülüyor⁹⁹.

Tüketimi arttırıcı bir diğer önemli etkende küresel ekonomik gelişmelerdir. 2004-2015 yılları aralığında gelişmiş ülkelerin ekonomisindeki senelik ortalama büyümenin % 4, 2015-2030 aralığında ise % 2,9 oranına gerileyerek artması beklenirken; Çin, Hindistan ve diğer birçok Asya ülkesinde ise, tersine, makro ekonomik gelişmeler ve teknolojik yeniliklerin de etkisiyle aynı dönemdeki ekonomik büyümenin artarak devam edeceği tahmin ediliyor¹⁰⁰.

TÜBİTAK'ın 2003 yılında yapmış olduğu bir araştırma¹⁰¹, bu hızla devam eden bir dünya gelişimi neticesinde enerji talebinin 2023 senesine gelindiğinde % 54 oranında artış kaydedeceği yönündedir. Energy Information Administration¹⁰² tarafından ortaya konulmuş olan bir diğer senaryoya göre ise, dünya toplam enerji tüketiminin 2006 yılından 2030 yılına kadar geçen sürede % 44 oranında artacağına işaret edilmektedir.

Gerçek olan şu ki, ihtiyaçlar devamlı olarak artmaktadır ve karşılanmadığında ise bireylerin refah seviyesi düşer, iktisadi faaliyetler yavaşlar. Enerjinin mümkün olan en hesaplı ve pratik yöntemlerle elde edilerek dağıtımının sağlanması öncelikli hedeftir.

⁹⁹ Dieter Helm, *The New Energy Paradigm*, Oxford Review of Economic Policy and Oxford University Press, Great Britain, 2007, ss.412-413

¹⁰⁰ Dieter Helm, *The New Energy Paradigm*, Oxford Review of Economic Policy and Oxford University Press, Great Britain, 2007, s.413

¹⁰¹ Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu, *Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), 24 Temmuz 2003 Ankara, s.21

¹⁰² Energy Information Administration (EIA), *International Energy Outlook 2009*, U.S Department of Energy, DOE/IEA Publications, May 2009, s.3

Alternatif kaynaklar bu noktada kolay elde edilebilmeleri ve ulaştırılabilmeleri açısından önem kazanmaktadır.

Güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen gibi bir çok forma sahip olan alternatif enerji yakın gelecekte kullanılabilmesi mümkün kaynakları oluşturmaktadır. Bilim adamları ve mühendislerin yeni teknolojiler üreterek maliyetleri düşürmeye çalışma yönündeki çabaları olumlu sonuçlar doğurduğu takdirde alternatif enerjiden yararlanma potansiyelimizde artacaktır.

Nükleer enerji, diğer fosil kökenli enerji kaynaklarına göre daha uzun ömürlü olması sebebiyle bazı çevrelerce yenilenebilir kaynaklar arasında gösterilmesine karşın¹⁰³ aslında tabiatta rezervlerle sınırlıdır. Bu durum nükleer enerjiyi yenilenemez bir kaynak yapmaktadır. Nükleer enerji, yenilenebilir kaynakların yaygınlık göstermesine kadar geçen süre zarfında alternatif bir enerji çeşidi olarak düşünülebilir.

2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Bugün için enerji ihtiyacımızı ağırlıklı olarak fosil kaynaklardan karşılayabilmekteyiz. Fakat yakın bir gelecek için aynı durum söz konusu değildir. Ulaşılabilir ve büyük miktarlarda enerji ancak alternatif kaynakların kullanılmasıyla mümkün olabilir. Ayrıca alternatif kaynakları fosil kökenlilerle karşılaştırdığımızda birçok yönden avantajlı olduğunu da söyleyebiliriz.

Değişen gereksinimler sonucu ön plana çıkan alternatif kaynaklar bazı özellikleri de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu özelliklerden en belirgin olanı doğadan yeterli miktarlarda elde edilebilmesidir. Ayrıca çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin de minimum düzeyde olması beklenmektedir.

¹⁰³ Robert L. Evans, Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy, Cambridge University Press, UK, 2007, s.81

Dan Chiras, ‘‘The Homeowner’s Guide to Renewable Energy’’ isimli kitabında¹⁰⁴ alternatif kaynakların avantajlı olduğu yönleri Şu Şekilde sıralamıŐtır.

Avantajlı Yönleri:

- Yenilenebilir enerji, bir kez kullanıldıktan sonra doğal yollarla eski haline dönüşerek, tekrardan yararlanılabilir hale gelmektedir. Fosil kaynaklar olan petrol, kömür, doğalgaz veya nükleer enerji gibi limitli değildir. Bu özelliği yenilenebilir enerjiden neredeyse sınırsız olarak faydalanma imkanı sunar.
- Yenilenebilir enerji bazı istisnalar haricinde bedelsiz bir yakıt olarak düşünülebilir. Çünkü petrol kartellerinin veya çok uluslu Şirketlerin kontrolüne tabi değildir. Bağımsız olarak ölkelerce hedeflenen düzeylerde üretimi mümkündür.
- Temiz bir enerji türüdür. İmalat ve kurulum aşamalarında makul seviyelerde tahribatlara yol açıyor olsa da, enerji üretim safhasında genel olarak çevreye duyarlı, kirliliğe sebep olmayan bir yapı sergiler. Sera etkisinin azaltılmasına yönelik mücadelede emisyonların azaltılabilmesi açısından büyük önem taşır.
- Yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etmek için gerekli olan teknolojinin önemli bir kısmı günümüz dünyasında mevcuttur. Bazı sahalarda yeterli yatırımlar yapıldığı takdirde maliyetler düşecek ve daha pratik bir Şekilde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi sağlanabilecektir.
- Bazı yenilenebilir enerji teknolojileri, geleneksel olarak kullanılan kaynaklarla başarılı bir Şekilde rekabet edebilir düzeydedir. Özellikle rüzgar gücü, pasif güneş ısıtması ve soğutması, güneş ısıtıcıları ve güneşten elektrik üretimi gibi alanlarda maliyetler oldukça aşağı çekilmiŐtir. Bu tür sistemler daha çok kırsal bölgelerde yaygınlık göstermektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir bölümü merkezileŐmemiŐ durumdadır. Genellikle küçük enerji Şirketleri tarafından kontrol edilirler. Bu yüzden sabotaj benzeri tehditlerden uzaktırlar.

Teorik olarak tükenmez kabul edilen alternatif enerji kaynaklarından maksimum seviyede faydalanmak öncelikli hedeflerden biridir. Nitekim rüzgar, güneş, jeotermal,

¹⁰⁴ Dan Chiras, The Homeowner’s Guide to Renewable Energy, New Society Publishers, Canada, 2006, ss.31-32

okyanus enerjisi ve diğer kaynaklar coğrafi, finansal ve güvenlik gibi sebeplerden ötürü üretim aşamasında bir takım sınırlamalara maruz kalmaktadır. Dezavantaj olarak kabul edilen diğer başlıca eksik yönleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Alternatif enerji kaynaklarının en büyük dezavantajlarından bir tanesi, büyük miktarlardaki talebi karşılamak için gerekli altyapı yatırımlarının pahalı olmasıdır. Özellikle hidroelektrik ve dalga enerjisi gibi santrallerin barajları yüksek maliyetli inşa yatırımları gerektirmektedir¹⁰⁵.
- Alternatif kaynakların kullanımı gelişme aşamasında olduğundan uzmanlaşma yeterli seviyelerde değildir. Teknik yenilikler çerçevesinde yapılabilirlik, dayanıklılık ve emisyonların azaltılması gibi konularda potansiyel sorunlar mevcuttur.
- Yenilenebilir enerji teknolojileri ve kaynakları bugün için mevcut olan üretim ve tüketim potansiyeli içerisinde küçük bir paya sahiptir. Fakat idareciler, büyük enerji şirketleri ve yasa yapmakla görevli kurum ve kuruluşlar alternatif kaynakların yaygınlaşması için çalışmalar yürütmektedirler¹⁰⁶.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının bir diğer dezavantajı da maliyetleridir. Kullanılan bazı teknolojiler pahalı olmakla birlikte geleneksel yakıtlarla rekabet edebilecek düzeylerde değildir. Ancak biyoyakıtların fiyatının uluslararası piyasalarda petrol fiyatları ile eşitlenmesi halinde rekabetçi bir kaynak olma konumu yakalanabilir¹⁰⁷.
- Alternatif kaynakların geliştirilmesi süreci, zaman içerisinde geniş yer edinmiş olan fosil kökenli endüstrilerin etkisi altında olduğu için yeterli destek elde edememektedir. Bu durum da yenilenebilir enerjiye geçişi zorlaştırmaktadır. Buna rağmen Avrupa'nın bazı ülkelerinde, (Almanya, İngiltere ve Hollanda gibi) fon sıkıntısı yaşanmamaktadır.
- Güneş ve rüzgar gibi bazı alternatif enerji kaynakları günün 24 saati ulaşılabilir değildir. Birçok alternatif kaynak daha sonra kullanılmak üzere depolanmaya

105 Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, s.381

106 Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, ss.4, 23

107 Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, s.225

gereksinim duyar. Yenilenebilir kaynakların depolanması işlemi ise maliyetli olduğu kadar zorluklara da sahiptir¹⁰⁸.

3. DÜNYADA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMI

Dünyada enerji sektörünün gelişimine yönelik yapılan çalışmalar yenilenebilir kaynakların diğer fosil kökenli ve yenilenemeyen kaynaklara oranla daha hızlı geliştiğini göstermektedir. Fosil kökenli kaynakların çevre üzerindeki etkilerinin ciddi boyutlara ulaşması ve azalan rezervlerin spekülörlerin de etkisiyle yüksek mertebelerde fiyatlara yansması yenilenebilir kaynaklara yönelimin başlıca nedenlerini oluşturmaktadır.

Enerji arz ve talep dengesinin alternatif kaynaklar lehine artış göstermesinin bir diğer nedeni de bilinçlenen hükümetlerin ve öncü şirket liderlerinin izledikleri ulusal ve bölgesel politikaları değiştirmeleri ile mümkün olmuştur.

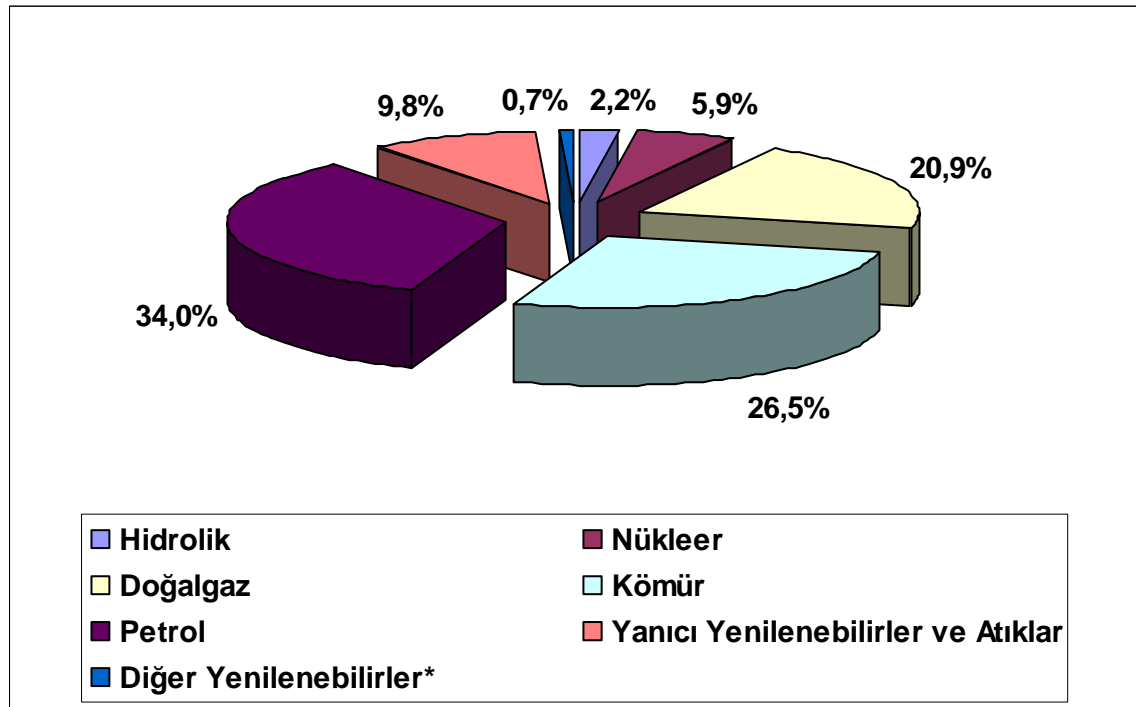
Alternatif enerji tüketiminin IEO 2009¹⁰⁹ referans kaynağına göre 2006 ile 2030 yılları arasında senelik ortalama % 3 oranında artış göstereceği beklenmektedir. Mevcut 3.3 trilyon kWh alternatif enerji üretiminin büyük bir kısmını hidrolik ve rüzgar enerjileri karşılamaktadır. Suyun potansiyel enerjisinden kaynaklanan hidrolik güç % 54'ile en büyük paya sahip iken ikinci sırada % 33'lük oranla rüzgar enerjisi yer almaktadır. Kalan % 17'lik kısım ise diğer yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaktadır.

Fosil kökenli, yenilenebilir ve nükleer güçten oluşan birincil enerji tüketimi 2007 yılında 12,029 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Alternatif enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içerisindeki payı ise % 12,7 yani yaklaşık olarak 1,528 Mtep'dür.

108 Dan Chiras, The Homeowner's Guide to Renewable Energy, New Society Publishers, Canada, 2006, s.32

109 EIA-Energy Information Administration, United States Department of Energy, International Energy Outlook, 2009, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html>, (Erişim: 11.02.2010)

Grafik 2.1: Dünya Birincil Enerji Arzı / 2007



Kaynak: IEA-International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2009, s.6

*Diğer Yenilenebilirler, Jeotermal, Güneş, Rüzgar vb.

Yanıcı özelliğe sahip alternatif kaynaklar olan biyokütle (biyodizel, biyoetanol, biyogaz vb.) enerjisi, hidrojen enerjisi ve atıklardan elde edilen enerji toplam tüketimin % 9,8'ini oluşturmaktadır. Diğer yenilenebilir kaynaklar olan jeotermal (yer içi ısı), güneş ve rüzgar enerjileri dünya toplam tüketimin % 0,7'sini alternatif kaynakların ise % 5,5'ini meydana getirmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre¹¹⁰ birincil enerji arzında yenilenebilir kaynakların yarısından fazlası elektrik üretimine yönelik olarak değerlendirilirken dünya genelinde yenilenebilir kaynakların büyük bir bölümü konutlarda, ticaret ve kamu sektörlerinde kullanılmaktadır. Dünya çapında elektrik üretimi için ayrılan yenilenebilir kaynakların oranı % 24,4 iken ticari-kamu sektörleri ve konutlarda ise % 52,3'tür.

Enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan fosil kökenli kaynaklardan alternatif kaynaklara doğru geçiş günümüzde büyük önem taşımaktadır. Bunu sağlamak adına petrol ürünleri kullanan ulaşım ve taşıma sektörlerinden makul düzeylerde bir

110 IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, Renewables Information 2009, p.32

değişim başlatılabilir. Bugün için birincil enerji kaynaklarının % 25'inden fazlası taşıma ve ulaşım sektörlerinde kullanılmaktadır. Alternatif enerji sistemleri kullanılarak üretilen elektrik enerjisiyle taşıma ve ulaşım sisteminin büyük bir bölümünü karşılamak mümkündür. Böylelikle günümüzde geçerli olan hidrokarbon ekonomisini elektrik ekonomisine dönüştürebiliriz¹¹¹.

3.1. Hidrolik Enerji

Teknik ve ekonomik açıdan enerji üretimine uygun kaynaklar arasında yer alan hidroelektrik güç, süreklilik göstermesi, güvenilir olması ve yabancı ülkelere bağımlılığının bulunmaması nedeniyle uzun yıllardır tercih edilen alternatif bir enerji türü olmuştur.

3.1.1. Hidroelektrik Santralleri

Suyun sahip olduğu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere hidroelektrik santraller denilmektedir. Dünyada ilk hidroelektrik santral (HES), 1882 yılında Amerika'da kurulmuştur¹¹². Bu tarihten itibaren geçen zaman içerisinde santral teknolojisinde yaşanan gelişmelere paralel olarak akan suyun gücünden artan oranlarda faydalanılmış ve dünya geneline yayılmıştır.

Günümüzde modern hidroelektrik santralleri, barajlarda biriktirilen büyük miktarlardaki suyun kontrollü bir şekilde aşağı yönde düşürülerek türbinleri döndürmesi ilkesine göre çalışır. Hidroelektrik santralleri kapasitelerine göre büyük, küçük, mini ve mikro olarak sınıflandırılmaktadırlar. Büyük santraller ulusal şebekeleri beslerken, mini ve mikro ölçekli santraller ise enerjinin ulaştırılmadığı kırsal kesimlerde ve bazı çiftliklerde kullanılmaktadır.

Avrupa Birliği ülkelerinde kabul gören şekli ile, 50 MW ve üstü güce sahip santraller büyük ölçekli, 10 ile 50 MW arasındakiler küçük ölçekli, 10 MW ile 100 kW aralığında

111 Robert L. Evans, *Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy*, Cambridge University Press, UK, 2007, p.168

112 Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, p.24

olanlar mini ve 100 kW'ın altındaki hidroelektrik santraller ise mikro ölçeklidir¹¹³. Ayrıca bazı şehirlerin atık sularından belirli miktarlarda hidrolik güç elde edilebilmektedir¹¹⁴.

3.1.2. Dünyada Hidrolik Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik santrallerin çalışmasını sağlayan temel madde sudur. Bu yüzden yeryüzünde bulunan su kaynakları potansiyel olarak hidroelektrik enerjisi üretiminde kullanılabilir. Mevcut suyun büyük miktarını okyanuslar ve denizler oluşturduğu için teknik ve ekonomik olarak kısıtlıdır.

Dünyada yıllık yağışlar neticesinde denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşabilen su miktarı 119,000 km³'tür. Teknik ve ekonomik açıdan kullanılması mümkün olan miktar ise sadece 9,000 km³'tür. Yapılan araştırmalar brüt hidroelektrik potansiyelinin 40,150 TWh/yıl olup bu miktarın 8,100 TWh/yıl olan kısmının ekonomik olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir¹¹⁵.

Tablo 2.1: Dünya Hidroelektrik Enerji Bölgesel Arzı / 2007

BÖLGE	ORAN %	BÖLGE	ORAN %
ORTADOĞU	0,7	ASYA	8,3
OECD ÜLKELERİ	40,9	ÇİN	15,8
AFRİKA	3,1	ESKİ SOVYET C.	8,0
LATİN AMERİKA	21,7	OECD ÜYE OLM. AVRUPA ÜLK	1,4

Kaynak: IEA, International Energy Agency, Renewables Information 2009, s.32

Merkezi Birleşik Devletler'de bulunan Enerji Bilgi Yönetimi'nin 2008 yılı verilerine göre¹¹⁶ dünya hidroelektrik enerji tüketimi 717 Mtep olarak hesaplanmıştır. Elektrik üretimine yönelik olarak kullanılan yenilenebilir kaynaklar arasında hidroelektrik enerjisi açık farkla en büyük paya sahip olup yaklaşık % 78'ini meydana getirmektedir. 2030 yılına

¹¹³ Hayati Olgun, "Küçük Hidroelektrik Santralleri", *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.51

¹¹⁴ OECD / IEA-International Energy Agency, *Cities Towns and Renewable Energy*, 2009, s.71

¹¹⁵ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.187

¹¹⁶ EIA, Energy Information Administration, *International Energy Outlook 2009*, DOE/EIA Publication, s.67

ilişkin yapılan değerlendirmeler neticesinde hidroelektrik enerji tüketiminin senelik ortalama % 2'lik bir artışla sahip olduğu oranı koruyacağı beklenmektedir.

OECD'ye üye ülkelerin ve OECD'ye üye olmayan ülkelerin her ikisinde de hidroelektrik enerjisinin yenilenebilir kaynaklar arasında öne çıktığı görülürken bölgesel değerlendirmede en geniş kullanım % 30'la Asya-Pasifik'te mevcut olup ardından sırasıyla Avrupa-Avrasya, Orta ve Güney Amerika, Kuzey Amerika, Afrika ve Orta Doğu bölgeleri gelmektedir¹¹⁷.

3.1.3. Hidrolik Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Dünya toplam elektrik ihtiyacının yaklaşık % 20'sini karşılayan hidroelektrik enerjinin ekonomi üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin hemen hepsinde hidrolik güçten yararlanılmaktadır. Özellikle Norveç ve Kanada ulusal elektrik enerjisi ihtiyacının büyük bölümünü bu yolla elde etmektedirler.

Büyük ölçekli hidrolik enerji üreten santrallerin ilk kurulum aşaması maliyetli olmasına rağmen yakıt ihtiyacına gereksinim duymamasından dolayı işletim aşamasına geçilmesiyle birlikte kısa sürede maliyetini telafi edebilmekte ve ucuz enerji sağlayarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

Yirminci yüzyıl boyunca dünya genelinde yaklaşık 48,000 adet baraj inşa edilmiş olup halen nehirlerin neredeyse yarısının üzerinde büyük ölçekli barajlar yer almaktadır¹¹⁸. Ulusal enerji nakil hatlarından yararlanamayan kırsal kesimlerde kullanılan mini ve mikro ölçekli hidroelektrik güç üreteçlerinden ekonomik olarak konvansiyonel kaynaklardan daha ucuz şekilde yararlanılabilmektedir. Ağırlıklı olarak Çin'de yaygınlık gösteren bu uygulamaya yönelik olarak 1980 yılına kadar yaklaşık 100,000 adet küçük hidroelektrik santral kurulmuştur¹¹⁹.

¹¹⁷ BP, *Statistical Review Of World Energy*, June 2009, Consumption, s.38

¹¹⁸ Gaye Yılmaz, *Suyun Metalaşması*, Sosyal Araştırmalar Vakfı (SAV) Yayını, İstanbul, Eylül 2009, s.278

¹¹⁹ J. C. McVeigh, *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Pres, UK, 1984, p.116

Hidroelektrik gücün bir diğer özelliği de üretilen enerjinin diğer pek çok kaynak gibi küresel pazarlarda değerlendirilebilir olmasıdır. *Alternative Energy* isimli kitapta¹²⁰ verilen örneğe göre 1997 yılında Kanada 600 milyon dolarlık elektrik enerjisini Birleşik Devletlere satmış olup 2002 yılına gelindiğinde ise bu rakamı 3,5 milyar dolara çıkarmayı başarmıştır. Söz konusu enerjinin ise % 93'ü hidroelektrik güçten karşılanmıştır.

Yapılan analizler uzun dönemde enerji satışlarının yurtiçine yönelik olması halinde dahi kurulum maliyetleri amacıyla ayrılan sermayenin yüksek dereceli risk unsuru taşımadığını göstermiştir¹²¹.

3.1.4. Hidroelektrik Santrallerinin Çevresel Etkileri

Hidroelektrik enerji üreten santraller geleneksel fosil kaynaklarla çalışan termik santraller gibi hava kirliliğine ve sera etkisine sebep olan emisyonları oluşturmazlar. Ayrıca reaksiyon çıktısı gibi atık ürünler ve partiküler maddeler ortaya çıkmadığı için çevreye duyarlı temiz enerji çeşidi olarak kabul edilmektedirler.

Hidroelektrik santraller enerji üretimine yönelik olarak kullanıldığı gibi aynı zamanda sulama amacıyla çevre ziraatini geliştirmede, aşırı yağışlı geçen yıllarda sel taşkınlarını önlemede, ağaçlandırmayla estetik açıdan görünüm kazandırmakta ve su kalitesini yükseltmekte yararlanılmaktadır¹²². Ayrıca yerleşim birimlerini ihtiyacı olan suyu depolarlar.

Hidroelektrik kaynakların olumsuz bazı yönleri günümüzde bilim adamları ve mühendisler tarafından keşfedilmiş durumdadır. Enerji üretmek amacıyla inşa edilen büyük barajlar ve diğer ekipmanların bir araya gelmesiyle geniş sistemler ortaya çıkmakta ve bu durum çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır¹²³. Santrallerin kurulacağı bölgede yer alan ağaçların ve diğer doğal çevrenin tahrip edilmesi kaçınılmazdır.

¹²⁰ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, s.288

¹²¹ Donnel and C.K. Johnston, "Hydro, UK's Dependable Renewable", IEEE, *International Conferance on Renewable Energy Clean Power*, Conferance Publication No:385, 2001, p.110

¹²² Atilla Akkoyunlu, "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri", *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, İstanbul, 26 Nisan 2006, s.141

¹²³ John Twidell and Tony Weir, *Renewable Energy Sources*, British Library Cataloguing in Publication Data, UK, 2005, p.183

Büyük miktarlarda suyu depolayan santraller, bölgenin mikroklimatik sisteminde bozulmalara yol açarak ekolojik dengeyi ve canlı yaşamlarını olumsuz yönde etkiler. Ekolojik dengenin bozulması ise, doğada çevrim halinde bulunan mevcut su kaynaklarının tahrip olarak enerji üretim verimliliğinin düşmesine ve uzun vadede alternatif kaynaklar arasında payı büyük olan hidrolik gücün yenilenebilirlik özelliğini kaybetmesine yol açabilir. Besleyici özelliğe sahip nehir ve akarsularının tutulması tarım alanlarının verimliliğini düşürür ve nehir kıyılarında erozyonlara sebep olur.

Baraj gölleri doğal su kanallarının akışını engellediği için balıkların yaşam alanlarını daraltarak sayılarının azalmasına ve balıkçılık endüstrilerinin zarar görmesine neden olurlar. Bazı hidroelektrik santraller geniş su yüzeyine sahip olduğundan suda üreyen bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasına vesile olurlar¹²⁴. Benzer çevresel etkiler kamuoyunun hidroelektrik santrallere olan tepkisini her geçen gün arttırmaktadır. Bu nedenle Dünya Bankası hidroelektrik santraller için yaptığı yardımları azaltma kararı almıştır.

3.2. Güneş Enerjisi

Isıtma ve kurutma gibi basit işlemlerin görülmesi amacıyla başvuru alan güneş enerjisi, günümüzde modern tekniklerle yeniden işlevsellik kazanmıştır. Özellikle elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalarda önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

3.2.1. Dünyada Güneş Enerjisi Potansiyeli

Yeryüzünden yaklaşık 150 milyon km kadar uzaklıkta bulunan ve 6000 °K yüzey sıcaklığına sahip olan güneş, sıkışmış halde bulunan gazların oluşturduğu bir kütedir. Güneş, yapısında bulunan hidrojeni nükleer füzyon reaksiyonları ile helyuma dönüştürür. Bu reaksiyon sonucu ortaya çıkan kütle kaybı, ısı enerjisine dönüşerek uzay boşluğuna yayılmaktadır. Radyasyon şeklinde gerçekleşen bu ışınım sonucu açığa çıkan enerjinin çok küçük bir bölümü yeryüzüne ulaşabilmektedir.

¹²⁴ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.286

Güneş nükleer reaksiyonlar sonucu her saniye 4,2 milyon ton kütle kaybına uğrayarak karşılığında $3,8 \times 10^{26}$ jul enerji verir¹²⁵. Canlı yaşamı için tehlikeli unsuru olan radyasyon atmosfer tabakasında bulunan karbondioksit, ozon ve su buharı tarafından tutularak zararsız hale getirilir. Böylece dünyaya ulaşabilen enerjinin % 30'luk bölümü atmosfer tarafından uzay boşluğuna geri yansıtılmış olur. Geriye kalan ışınımın % 50'si kara parçaları ve okyanuslar tarafından emilip % 20'lik kısmı buharlaşma ve yağışa dönüşmekte ve % 1'i de bitkiler tarafından fotosentez yolu ile besin üretiminde kullanılmaktadır¹²⁶.

Atmosfere ulaşan radyasyon ışınımının enerji değeri 1,36 KW/m'dir. Bu değer aynı zamanda "güneş sabiti" olarak kabul edilmektedir¹²⁷. Yeryüzü bir yılda ortalama 1500 KW/m güneş ışınımına maruz kalmaktadır. Bu değer Afrika gibi geniş kıtalarda 2200 KW/m'ye kadar çıkabilmektedir¹²⁸. Ekonomik olarak ideal güneş enerjisi elde edilebilen bölge "Güneş Kuşağı" olarak anılan ekvatorun 45° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan kısımdır.

3.2.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinden aktif ve pasif olmak üzere iki şekilde yararlanmak mümkündür. Pasif sistem gündelik yaşantımızda evlerimizde kullandığımız sıcak su ısıtması olup basit bir düzenek yardımıyla elde edilebilmektedir. Çatılara yerleştirilen güneş panelleri doğrudan havada bulunan suyun sıcaklığını artırır ve konutlarda kullanılacak şekle getirir. Bu tür uygulamalara verilebilecek bir başka örnekte güneş evleridir. Yıl içerisinde uzun süre yeterli miktarda güneş alan coğrafi bölgelerde uygun mimari yapıda konutlar inşa edilerek direk güneş ışınlarının etkisiyle ısınma sağlanabilmektedir.

Aktif sistemde ise günümüzde enerjinin en çok ihtiyaç duyulan boyutlarından biri olan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Odaklayıcı aynalar yardımıyla güneş ışınları bir

¹²⁵ David G. Fisher and Richard R. Erickson (Ed.), *The Solar System*, Salem Press, USA, 2010, p.763

¹²⁶ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.35

¹²⁷ Adolf Goetzberger, Joachim Knobloch, Bernhard Voss, *Crystalline Silicon Solar Cells*, Rachel Waddington (İng. Çevr.), UK, 1998, p.5

¹²⁸ R. A. Aburas, "Economic Aspects of Solar Technologies for Power Generation", IEEE, *International Conference on Renewable Energy Clean Power*, Conference Publication No:385, 2001, p.134

noktada toplanarak yüksek dereceli sıcaklıklar elde edilir. Kollektörlerde toplanan sıcaklıkla ısınan sıvı daha sonra su ile dolu kazanlardan geçirilerek buhar üretilir ve türbinler vasıtasıyla jeneratöre mekanik hareket sağlanır. Böylece aktif sistemle elektrik enerjisi elde edilmiş olur. Bu yöntemle güneş enerjisinden yararlanılmasına ısıl uygulamalar da denilmektedir.

Güneş ışınlarından elektrik elde edilmesi tarihte ilk defa 1954 yılında Bell Laboratuvarı'nda Pearson Chapman ve Fuller tarafından gerçekleştirilmiştir¹²⁹. Elektrik üretiminde yönelik olarak güneş ışığını toplayan kollektörlerin yanı sıra fotovoltaiik (PV) güneş pilleri de kullanılmaktadır. Fotovoltaiik güneş pilleri güneş ışınlarının enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürmeye yarayan aygıtlardır. Yaklaşık olarak son 40 yıldır ekonomik anlamda hizmet vermektedirler.

Teknolojik yenilikler çerçevesinde geliştirilen güneş pillerinin halen dezavantajlı olduğu noktalar mevcuttur. Bunlar, direkt dönüşümle üretilen büyük miktarlardaki elektrik enerjisinin mevcut sistemle depolanamaması ve maliyetlerinin diğer kaynaklara oranla halen yüksek oluşudur. Güneş pillerinin temel maddesini teşkil eden kristal silikon sistemlerinin geliştirilerek yakın bir dönemde maliyetlerin azaltılması ve daha verimli çalışır hale gelmesi beklenmektedir¹³⁰.

Güneş pilleri daha çok şehir şebekelerinin ulaşamadığı bölgelerde enerji ihtiyacını karşılamak veya herhangi bir konvansiyonel sisteme destek vermek amacıyla kullanılırlar. Fotovoltaiik pillerden yararlanılan bazı alanlar Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları isimli kitapta şu şekilde sıralanmaktadır¹³¹.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri,
- Petrol boru hatlarının katodik koruması,
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb.) korozyondan korunması,

¹²⁹ John O'M. Bockris, T. Nejat Veziroğlu ve Debbi Smith, *Güneş Enerjisi*, Cep Üniversitesi İletişim Yayınları, 1993, s.55

¹³⁰ J. Richard Williams, *Solar Energy Technology and Applications*, Ann Arbor Science Publishers, 1974, USA, pp.54-55

¹³¹ Engin Ural (Proj. Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.53

- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları,
- Binaların iç ve dış aydınlatmaları,
- Dağ evleri veya yerleşim merkezlerinden uzaktaki evlerde televizyon, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılmasında,
- Tarımsal sulama veya ev kullanımı amacıyla su pompajı,
- Orman gözetleme kuleleri ve deniz fenerlerinde,
- İlkyardım, alarm ve güvenlikle ilgili sistemlerde,
- Deprem ve hava gözlem istasyonları,
- İlaç ve aşı soğutmada kullanılmaktadır.

3.2.3. Güneş Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Güneş enerjisinden temel olarak üç farklı sıcaklık katagorisinde yararlanılabilir. Bunlar düşük sıcaklık kabul edilen 100 °C ve altı uygulamalar, orta sıcaklık olan 100 °C - 350 °C aralığı ve yüksek sıcaklık olan 350 °C ve üstü uygulamalardır. Her sıcaklık değerleri aralığında ekonomik yönden verimli şekilde istifade edilebilmek mümkündür.

Düşük sıcaklık uygulamaları kullanma suyunun arıtılmasında, pasif yöntemle binaların ısıtılmasında, tarım ürünlerinin kurutulmasında ve seracılıkta yararlanılmaktadır. Orta sıcaklık uygulamalarında bina ısıtma - soğutmada ve küçük su pompalarının çalıştırılmasında kullanılırken yüksek sıcaklık uygulamalarında ise toplayıcı ve odaklayıcı kollektörler yardımıyla elektrik üretilmesinde ve güneş fırınları gibi yüksek sıcaklık gerektiren diğer alanlarda kullanılırlar.

Güneş enerjisinden en çok yararlanan ülkeler, Birleşik Devletler, Almanya, Japonya, Avustralya, Fransa ve İspanya'dır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın istatistiklerine göre¹³² 2007 yılında OECD'ye üye ülkelerde toplam güneş enerjisi üretimi 4,6 TW/h olarak gerçekleşmiş ve bu miktarın % 85'i fotovoltaik pillerden geriye kalan % 15'i ise güneş kollektörlerinden elde edilmiştir. 2000 yılından beri fotovoltaik pillerden elektrik üretimi senelik % 50 oranında düzenli artış göstermektedir.

¹³² IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, *Renewables Information* 2009, s.18

Tablo 2.2: Dünyada Güneş Pili Üretimini Gelişimi 1996-2005 (MWp)

ÜLKE	1996	2000	2003	2005
Japonya	21,20	128,60	363,91	635
Avrupa	18,80	60,66	193,35	397
ABD	38,85	74,97	103,02	119
Çin	---	---	---	116
Diğer Ülk.	9,75	23,42	83,80	133
Toplam	88,60	287,65	744,08	1400

Kaynak: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, (TÇV) Yayını, 2006, s.52

Yapılan tahminler dünya fotovoltaik (PV) kurulu gücünün 2025 yılına gelindiğinde 433,000 MW düzeyine ulaşacağını bu sayede üretilen güneş enerjisinden şebeke sistemlerine bağlantılı olarak yaklaşık 290 milyon insanın, şebeke bağlantısı olmaksızın ise 1,6 milyon insanın yararlanması beklenmektedir. Güneş ışınlarından elde edilen enerji 2025 yılında toplam elektrik tüketimini % 2,5-3,5 oranlarında karşılayabilecek ve maliyetleri 2 Euro/W seviyesine kadar düşürebilecektir¹³³. Bugün için güneş çiftliklerinde üretilen elektrik nükleer santrallerde üretilene göre 2,5 kat daha pahalıdır¹³⁴.

Dünya genelinde güneş enerjisine yönelik yatırımlar artarak devam etmektedir. Yakın bir gelecekte Avustralya'nın Victoria eyaletinde 154 MW'lık enerji ünitesi kurulması ve İsrail'in Neva Çölü'nde 100 MW gücünde bir güneş enerjisi santrali inşa edilmesi planlanmaktadır. Bugün için küçük bir bölümünden yararlanabildiğimiz güneş enerjisi 2005 yılında küresel ekonomiye 7,5 milyar dolarlık katkı sağlamıştır. Bu miktar bir önceki yıla göre % 40 oranında daha fazla olup güneş enerjisinin oldukça hızlı geliştiğini göstermektedir¹³⁵.

Yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan yatırımlar arasında güneş enerjisi önemli bir yere sahiptir. Green Peace'in 2007 yılında hazırladığı yenilenebilir enerjiye yönelik gelecek yatırımları raporunda¹³⁶ 2004 yılında dünyadaki mevcut fotovoltaik elektrik üretiminin 1,150 MW olup bu değer 2005 yılında 1,700 MW'a kadar ulaştığına ve güneş

¹³³ Engin Ural (Proj. Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.52

¹³⁴ Robert L. Evans, *Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy*, Cambridge University Press, UK, 2007, s.93

¹³⁵ Anne Rooney, *Solar Power*, Gareth Stevens Publishing, USA, 2008, pp.20-22

¹³⁶ Future Investment, *A Sustainable Investment Plan For The Power Sector To Save The Climate*, *Report Global Financial Energy Investment*, Green Peace, EREC, European Renewable Energy Council, 2007, p.21

enerjisinden yararlanılarak elde edilen su ısıtma kapasitesinin de 77 GW'tan 2005 yılında 88 GW'a yükseldiğine değinilmektedir.

Bazı dönemlerde yaşanan ekonomik problemler ve hükümetlerin izlediği politikalar güneş enerjisinden yararlanma konusunda olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde kısa dönemde ilk yatırım maliyetleri, düşük gelirler ve akademik yetersizlik gibi sebepler ağırlıklı olarak karşılaşılan engeller arasında yer alırken gelişmiş ülkelerde ise yetersiz kamu bilinçlendirmesi, uygulanan alternatif enerji politikalarının zayıf olması, hükümetlerin sağladığı direkt finansal sübvansiyonların ve sponsor programların kısıtlı olması şeklinde özetlenebilir¹³⁷.

3.2.4. Güneş Enerjisi Kullanımının Çevresel Etkileri

Alternatif enerji kaynakları arasında büyük bir potansiyele sahip olan güneş enerjisinin elektrik üretimine yönelik olarak kullanılması durumunda yüksek sıcaklıklar elde edilebilmesi için ışın toplayıcı kollektörlere gereksinim duyulur. Bu kollektörler yapısında çok sayıda odaklayıcı ayna bulundurduğu için kurulumu geniş ve açık alanlarda mümkün olmaktadır. Verimli toprakların elektrik üretimi amacıyla ayrılması sorun yaratacağından santraller için genellikle çöller tercih edilir. Aynı zamanda çöller diğer coğrafi bölgelere oranla daha fazla güneş enerjisi tutulabilmesi açısından uygundur.

Hidroelektrik santrallerle karşılaştırıldığında güneş santralleri kapladıkları alan bakımından daha düşük değerlere sahiptirler. Barajlı hidrolik santraller MW başına 1 km alan işgal ederken güneş santralleri ise sadece 0,025 km alan işgal ederler. Bu bakımdan değerlendirildiğinde dünyanın toplam kurulu kapasitesi olan 3,2 TW için 80,000 km bölge (Türkiye'nin yüz ölçümünün onda biri) yeterli olmaktadır¹³⁸. Ayrıca çöllerde santral kurulmasının doğal yapıya herhangi bir zarar vermemektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu coğrafi yapısı dikkate alındığında güneş enerjisi üretimine olan uygunluğu öne çıkmaktadır. Güneş ışınlarının yoğun olarak düştüğü doğu ve güney kesimlerindeki mevcut tarıma ayrılmış elverişli toprakların çevresinde kalan yüksek

¹³⁷ N. V. Ogueke, E. E. Anyanwu and O. V. Ekechukwu, A Review of Solar Water Heating Systems, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, American Institute of Physics, 2009, p.20

¹³⁸ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.201

kesimler ekonomik anlamda güneş enerjisi üretimi için ideal sayılan bölgelerdir. Türkiye'nin tarıma uygun olmayan kurak ve verimsiz topraklarının toplam yüzölçümüne oranı % 6 civarlarında olup güneş enerjisi üretimi için önemli miktarlarda potansiyel teşkil etmektedir.

Güneş enerjisi temiz bir kaynak olup konvansiyonel fosil kaynaklar gibi sera etkisi yaratan gaz emisyonlarına sebep olmazlar. Aksine kullanımının yaygınlaşması halinde CO₂ yoğunluğunun azalmasında etkin rol oynayabilir. Nükleer enerji gibi bir takım atıklar ve havaya karışan partiküler maddeler oluşturmazlar. Ayrıca güneş enerji sistemleri sessiz çalışmakta olup gürültü kirliliği yaratmazlar¹³⁹.

Gücünü güneşten alan bir enerji türü olduğu için mevcut kaynak yenilenebilir özelliğe sahiptir ve sınırsız yararlanma imkanı sunar. Maliyetlerin düşürülmesi ile birlikte kullanımının yaygınlaşması ve ulusal ekonomilerin fosil kaynaklara bağımlılığının azalarak çevre tahribatının kısıtlanması amaçlanmaktadır¹⁴⁰.

Sosyo-ekonomik açıdan analiz edildiğinde güneş enerjisi iş olanakları sağlamanın yanında enerji çeşitliliğinin artırılmasında da önemli rol oynamaktadır. Görsel anlamda büyük güneş santralleri doğal güzelliklerin veya şehirlerin yakınına kuruldukları takdirde olumsuz etkilere neden olurken son zamanlarda konutların çatılarına sıcak su amacıyla yerleştirilen paneller mimari açıdan estetik kazandırmaktadırlar¹⁴¹.

3.3. Rüzgar Enerjisi

Ulusal enerji nakil şebekelerine ekonomik katkı sağlaması amacıyla enerji verilmesi ve fosil kökenli kaynakların azalmasına bağlı olarak artan enerji fiyatlarının kontrol altına alınabilmesi gibi amaçlarla başvuru kaynaklardan bir diğeri de rüzgar gücüdür.

¹³⁹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Two*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, s.220

¹⁴⁰ Robert L. Evans, *Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy*, Cambridge University Press, UK, 2007, p.92

¹⁴¹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), “*Alternative Energy Volume Two...*”, s.219

3.3.1. Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinleri hareket halindeki havanın taşıdığı kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik üretmekte kullanılan aygıtlardır. Türbin sisteminde bulunan kanatlar akışkan özelliğe sahip havanın çarpması sonucu dairesel dönüş hareketi yaparlar. Bu dönüş hareketi de bir şaft yardımıyla jeneratöre iletilir ve elektrik enerjisi üretilmiş olur.

Temel olarak modern bir rüzgar türbini başlıca üç kısımdan oluşur. Bunlar kanatlar (pervaneler), jeneratör ve sistemi uygun yükseklikte sabit tutmaya yarayan kuledir. Alt sistemler ise, dişli kutusu, frenleyici, elektrik-elektronik ekipman, şaft, yağlayıcı mekanizma, titreşim önleyici, güç kontrol ünitesi ve şebeke bağlantıları şeklinde sıralanıp farklı modellere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Türbin tiplerini iki ana kategoriye ayırarak incelemek mümkündür. Türbin kanatlarının yer zeminine göre paralel olması durumunda ortaya çıkan çeşidi “yatay eksenli rüzgar türbini” (HAWT), kanatların yer zeminine dik doğrultuda olması durumunda ise “dikey eksenli rüzgar türbini” (VAWT) olarak adlandırılır. Dikey eksenli rüzgar türbinlerinin en büyük avantajı herhangi bir kontrol mekanizması olmaksızın değişen rüzgar yönünden etkilenmemeleridir. Dezavantajlı olduğu nokta ise yere yakın yapılar olduklarından düşük rüzgarlarda çalışarak yatay türbinlere oranla daha az verim sergilerler¹⁴².

Eksenlerine göre sınıflandırmanın haricinde rüzgar türbinlerini farklı yapısal özelliklerine göre de kategorize edilebilir. Temiz Enerji Vakfı'nın (TEV) hazırladığı “Rüzgar Enerjisi” isimli çalışmada¹⁴³ türbinler;

- *Önden-rüzgarlı (Up-Wind) veya arkadan-rüzgarlı (Down-Wind) türbinler,*
- *Tek, iki veya üç kanatlı indüksiyon veya senkron üreteçli türbinler,*
- *Durdurma (Stall) veya kanat eğimi (Pitch) denetimli rüzgar türbinleri,*
- *Değişken veya sabit hızlı rüzgar türbinleri,*

¹⁴² Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.325

¹⁴³ Serin İnan, *Rüzgar Enerjisi*, Temiz Enerji Vakfı (TEV) Yayını, Ankara, 2001, s.16

Şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi kullanılacakları amaca ve bölgeye bağlı olarak farklılık gösterirler. Bireysel amaçlı kullanım genellikle düşük güç gerektiren konutlarda veya çiftliklerde su pompalama, ısınma gibi ihtiyaçlarda kullanılırken aynı zamanda meteoroloji ve gözlem istasyonlarında, deniz fenerlerinde ve iletişim sistemlerinde de yararlanılmaktadır. Bu tür uygulamalarda mikro ve mini ölçekli türbinler işletilmekte olup kısa süreli rüzgar kesintilerine karşı batarya takviyesi veya alternatif kaynak (güneş paneli vb.) mevcuttur. Yüksek güç gerektiren kırsal kesimlerin elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması veya ulusal şebekelerin beslenmesi gibi ticari amaçlı uygulamalarda ise yılda 1 milyon kW/h'ten fazla güç üreten büyük ölçekli türbinler tercih edilir¹⁴⁴.

3.3.2. Dünya Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgarları oluşturan temel enerji kaynağı güneş olduğundan yerküredeki mevcut rüzgar enerjisi potansiyeli de güneşe bağlıdır. Yapılan hesaplamalar güneşten yeryüzüne her saat 174,423,000,000,000 kW/h veya $(1,74 \times 10^{17} \text{Watt})$ enerji geldiğini ortaya koymuştur¹⁴⁵. Bu büyüklükte bir enerjinin yalnızca % 1-2 kadarı rüzgara dönüşebilmesine rağmen bu miktar dünyanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılama konusunda yeterlidir.

Güneşin dünya yüzeyini ısıtması sonucu oluşan rüzgarlar yer yüzüne eşit olarak dağılım sergilemezler. Yer kürenin kutuplardan basık ve ekvator bölgesinden geniş olan elips şeklindeki özel yapısı nedeniyle farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisi ile yüklü ışınlar ekvator bölgesinde daha dik açıyla gelerek kutuplara göre fazla sıcaklıklara değerlerine yol açmaktadır. Böylece ısınan hava atmosferin üst tabakalarına yükselerek kuzey ve güney kutupları yönünde hareket eder ve etkisini kaybederek ekvatora geri döner.

¹⁴⁴ Paul Gipe, *Wind Energy Basics, A Guide to Small and Micro Wind Systems*, Chelsea Green Publishing Company, USA, 1999, pp.43-61

¹⁴⁵ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, s.317

Rüzgarların dağılımını önemli ölçüde etkileyen bir diğer faktör de yeryüzünün coğrafi yapısıdır. Okyanuslar ve karalar farklı ısınma değerlerine sahip oldukları için sahil şeridinde sahip olan kıyı bölgeleri rüzgar yönünden daha verimlidir. Aynı şekilde dağlık kesimlerde mevcut olan yükselti farkları basınç alanı oluşturarak rüzgarın etkisini arttırmaktadır. Özellikle kıtaların orta bölgeleri dağlık olduğu için enerji üretiminde tercih edilirler. Mevcut potansiyel belirlenirken yıllık saat değerleri göz önünde tutulur. Bir seneyi oluşturan (365x24) 8760 saat baz alınarak yıllık ortalama rüzgar değeri hesaplanır. Bu açıdan yıllık 5000 saat ve üzeri rüzgar alan bölgeler enerji yatırımları açısından rekabetçi olduğundan uygun kabul edilir¹⁴⁶.

Tablo 2.3: Dünya Toplam Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü Kıtasal Dağılımı / 2008

KITA	PAYI (%)
AVRUPA	54,6
KUZEY AMERİKA	22,7
ASYA	20,2
AVUSTRALYA - PASİFİK	1,50
LATİN AMERİKA	0,6
AFRİKA	0,5

Kaynak: World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2008, s.8

Her geçen gün kullanımı artan rüzgar türbinlerinin dünya çapında kurulu gücü Dünya Rüzgar Enerjisi Birliği'nin (WWEA) verilerine göre¹⁴⁷ 2008 yılı sonu itibariyle 121,188 MW'tır. Üretilen toplam enerji ise 260 TW/h olup dünya toplam elektrik ihtiyacının % 1,5'ine eşittir. Rüzgar enerjisinden büyük pay alan Avrupa Birliği ise 2008 yılında yeni yatırımlarla birlikte % 15'lik (19,651 MW) bir artışla 64,949 MW kurulu güce ulaşmıştır¹⁴⁸. Diğer önde gelen üreticiler ise, İspanya, Danimarka, İngiltere, İsveç, Hollanda, Yunanistan, İtalya, Fransa ve yılda yaklaşık olarak 4,4 tilyon kW/h'tan fazla üretim gerçekleştiren Birleşik Devletler'dir¹⁴⁹.

¹⁴⁶ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, s.121

¹⁴⁷ World Wind Energy Association (WWEA), *World Wind Energy Report 2008*, WWEA Publication, Germany, 2009, p.4

¹⁴⁸ Lackie Jones (Ed.), *Renewable Energy World Magazine*, Volume 12, Number 1, January-February, 2009 p.10

¹⁴⁹ Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, pp.84-85

Tablo 2.4: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü 2008

POZİSYON	ÜLKE	TOPLAM KURULU KPST. (MW)	POZİSYON	ÜLKE	TOPLAM KURULU KPST. (MW)
1	AMERİKA	25170,0	8	İNGİLTERE	3287,9
2	ALMANYA	23902,8	9	DANİMARKA	3160,0
3	İSPANYA	16740,3	10	PORTEKİZ	2862,0
4	ÇİN	12210,0	11	KANADA	2369,0
5	HİNDİSTAN	9587,0	12	HOLLANDA	2225,0
6	İTALYA	3736,0	-	DİĞER	12533,9
7	FRANSA	3404,0	-	TOPLAM	121187,9

Kaynak: World Wind Energy Association (WWEA), World Wind Energy Report 2008, s.12

3.3.3. Rüzgar Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Rüzgar enerjisi doğal yollarla elde edilen alternatif bir kaynak olmasına rağmen bir takım maliyet unsurları içermektedir. İlk kurulum aşamasındaki yatırım harcamaları sabit maliyetleri oluştururken, kapasite seçimi, kullanılan kredilerin geri ödeme vadeleri, türbin ömrü ve dağıtım şebekesi bağlantılarına uzaklık gibi faktörler de değişken (opsiyonel) maliyetleri oluşturmaktadır¹⁵⁰.

İşletim maliyetleri, rüzgar türbinlerinden elde edilen elektriğin diğer herhangi bir geleneksel kaynaktan elde edilen enerji ile karşılaştırılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Birim kW/h başına üretim tutarı ekonomik açıdan karşılaştırma ölçütü olarak kabul edilmektedir¹⁵¹. 1980’li yıllarda 30 cent kW/h olan rüzgar gücünden elektrik üretimi maliyetleri günümüzde hızlı ilerleme gösteren teknolojik gelişmeler sayesinde 6 cent kW/h’e kadar gerileyerek rekabetçi bir kaynağa dönüşmüştür¹⁵².

Rüzgar enerjisinde maliyetleri etkileyen diğer faktörler seçilen türbinlerin boyutları, dönemsel bakım maliyetleri ve türbinde kullanılan jeneratör çeşitleridir. Özellikle

¹⁵⁰ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.131

¹⁵¹ Lennart Söder, ‘‘The Value of Wind Power’’, *Wind Power in Power Systems*, Thomas Ackermann (Ed.), A. John Willey and Sons Inc. Publications, England, 2005, p.171

¹⁵² Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.333

indüksiyon jeneratörleri daha az mekanik donanıma sahip olduğundan maliyetleri düşürmek açısından başarılı sistemlerdir¹⁵³. Ayrıca büyük ölçekli rüzgar türbinleri yüksek kulelere sahip olduğundan hızlı esen rüzgarları yakalayarak mikro ve mini ölçekli olan çeşitlere göre daha verimli hale gelirler.

Yenilenebilir kaynaklardan olan rüzgar enerjisi sektörü ekonomik bağlamda büyük bir istihdam potansiyeli de yaratmaktadır. 2005 yılından 2008 yılına kadar geçen üç sene içerisinde iş gücünü doğrudan ve dolaylı bir şekilde iki kat arttırarak 235 bin kişiden 440 bine yükseltmiştir¹⁵⁴. Rüzgar enerjisi sektöründe istihdam süreci türbinlerin imalat aşamasında ve işletim aşamasında olmak üzere iki çeşittir. Rüzgar enerjisine olan ilginin giderek artması yeni türbin fabrikalarının kurulmasına imkan tanırken sürekli istihdam yaratan bir sonuç doğurur. İşletim aşamasında ise montaj, bakım, onarım ve ömrü dolan türbinlerin sökülmesi diğer istihdam sürecini meydana getirmektedir. Ayrıca teknoloji ihracatı ve diğer yatırımlarla beraber toplam rüzgar enerjisi sektörü 2008 yılı sonu itibariyle 47,5 milyar dolarlık pazar payına ulaşmış durumdadır¹⁵⁵.

3.3.4. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri

Rüzgar enerjisinin temiz ve yenilenebilir bir kaynak olarak yakın gelecekte popülaritesini artırması beklenirken çevre üzerinde neden olduğu olumsuz etkilerin de önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Termik santrallerin aksine zararlı sera gazları üretmeyip yeni gaz oluşumlarını engeller. Tahminler, 2004 yılında dünya genelinde kullanılan rüzgar enerjisinin, 10,6 milyon ton karbon dioksit, 56 bin ton sülfür dioksit ve 33 bin ton nitrojen oksit gazı oluşumunu önlediğini, hatta Birleşik Devletleri meydana getiren ülkelerden rüzgar açısından zengin 10 tanesinin toplam rüzgar potansiyelinin % 10'u oranında yararlanabildiği takdirde bile, mevcut karbon dioksit emisyonunun üçte biri seviyesine indirebileceğini göstermiştir¹⁵⁶.

¹⁵³ Frede Blaabjerg and Zhe Chen, *Power Electronics for Modern Wind Turbines*, Morgan and Claypool Publishers, USA, 2006, p.12

¹⁵⁴ World Wind Energy Association (WWEA), *World Wind Energy Report 2008*, WWEA Publication, Germany, 2009, p.7

¹⁵⁵ Lackie Jones (Ed.), *Renewable Energy World Magazine*, Volume 12, Number 1, January-February, 2009 p.10

¹⁵⁶ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.332

Büyük ölçekli elektrik üretimi amacıyla kurulan rüzgar çiftlikleri görsel anlamda olumsuz etki yaratabilmektedirler. Sık aralıklarla yerleştirilen çok sayıdaki türbinin uygun bir kompozisyon oluşturacak şekilde hizalanması bu açıdan önem taşımaktadır. Rüzgar türbinlerinin neden olduğu bir diğer olumsuz etki de rahatsız edici seslerdir. Mekanik sistemin çıkardığı gürültünün yanında pervane kanatları da aynı etkiyi yaratmaktadır. Nitekim günümüzde gelişen teknoloji sayesinde mevcut sistemin ses problemi önemli ölçüde giderilebilmiştir.

Rüzgar türbinleri kurulum bölgesinde arazi yapısına zarar vermezler. Santrallerin çevresinde tarım ve hayvancılık yapılabilmesi mümkündür. Doğal yaşam alanlarına veya göç yollarına kurulan santraller kuşların ölmelerine ve büyük türbin kanatları yakın çevrede televizyon, radyo ve iletişim sistemlerinde parazitlenmelere yol açabilmektedir. Bu yüzden rüzgar enerjisi sistemleri inşa edilirken uygun coğrafi bölgeler dikkatli seçilmelidir.

3.4. Jeotermal Enerji

Ekonomik verimliliği ispatlanmış enerji üretim yöntemlerinden bir diğeri de, jeotermal kaynaklardır. Gerek enerjide dışa bağımlılığın azaltılarak döviz tasarrufu sağlanması ve gerekse de istihdam yaratılması açısından önemli bir enerji türüdür.

3.4.1. Jeotermal Enerji Kullanım Alanları

Jeotermal enerji kaynaklarını, gösterdiği çeşitlilik nedeniyle dört ayrı kategoride gruplandırarak incelemek gerekmektedir. Bunlar;

1. Sıcak sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklar,
2. Buhar ağırlıklı jeotermal kaynaklar,
3. Yüksek basınç altındaki jeotermal kaynaklar (geo-pressured) ve
4. Sıcak kuru kayaçlar (Hot Dry Rock)' dir.

Bugün için mevcut olan teknoloji sayesinde jeotermal kaynakların hemen her çeşidinden yararlanılabilmektedir. Ticari amaçlı enerji üretiminde ise daha çok sıcak sıvı

akışkanların ve buhar ağırlıklı jeotermal kaynakların oluşturduğu hidrotermal sistemler tercih edilmektedir¹⁵⁷. Jeotermal kaynaklar farklı türlerde olabildiği gibi değişken sıcaklıklara da sahiptir. Genel olarak 20 °C ile 70 °C arası düşük sıcaklık, 70 °C ile 150 °C arası orta sıcaklık ve 150 °C'nin üzeri yüksek sıcaklık sahaları olarak bilinmektedir.

Jeotermal enerji başlıca iki şekilde değerlendirilmektedir. Bunlar direkt ısı enerjisi olarak kullanım ve elektrik enerjisine dönüştürerek (dolaylı) kullanım yöntemleridir. Elektrik enerjisi çevrimi için gerekli olan sıcaklık yaklaşık olarak 135 °C civarlarıdır. Fakat günümüzde teknolojik gelişmelerle uygun sıcaklık 70°C-80°C aralığına kadar indirgenebilmiştir¹⁵⁸. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin resmi internet adresinde¹⁵⁹ jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 2.5: Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri

ISI (°C)	KULLANIM ALANI
180	Yüksek Konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservecilikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermantasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, (Erişim: 02.03.2010)

¹⁵⁷ Carrie Gleason, *Geothermal Energy Using Earth's Furnace*, Crabtree Publishing Company, Canada, 2008, p.33

¹⁵⁸ J. C. McVeigh, *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Press, UK, 1984, p.195

¹⁵⁹ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, (02.03.2010)

Jeotermal kaynaklardan yararlanılarak ilk elektrik üretimi 1904 yılında İtalya'nın Larderello bölgesinde gerçekleşmiştir. Buhar dönüşüm sistemi ile elde edilen elektrik enerjisinden uzun yıllar istifade edilmiştir¹⁶⁰. Romalılar zamanında kaplıca olarak kullanılan aktif jeolojik yapıya sahip Larderello bölgesi savaşta büyük hasar görmesine rağmen kısa süre sonra tekrardan inşa edilerek ekonomiye kazandırılmıştır. Bugün için halen bölgede üretilen elektrik enerjisi bir milyona yakın konutun ihtiyacını karşılarken dünya toplam jeotermal enerji üretiminin de % 10'unu oluşturmaktadır¹⁶¹.

3.4.2. Dünyada Jeotermal Enerji Potansiyeli

Dünya toplam enerji sektörünün küçük bir kısmı jeotermal kaynaklardan karşılanmasına rağmen bazı ülkelerde önemli ölçeklerde paya sahip olduğu da bilinmektedir. Filipinler'de jeotermal santrallerden elde edilen enerji ülkenin toplam ihtiyacının % 17'sini oluşturmaktadır. Mevcut ispatlanmış akışkan jeotermal potansiyelin 50 EJ kadar olduğu ve bu potansiyelin dünya ihtiyacını 1000 yıl boyunca karşılayabileceği belirtilmektedir. Ayrıca spekülasyon kaynakların da rezervlere ilave edildiği düşünüldüğünde bu süre daha da genişleyebilir¹⁶².

Yeryüzünü çevreleyen jeotermal kuşaklar fosil kökenli enerji kaynaklarına benzer şekilde belirli bölgelerde yoğunluk göstermektedirler. Özellikle genç volkanik kuşakların ve tektonik tabakaların yoğun olduğu aktif bölgeler yüksek enerji potansiyeli barındırmaktadır. Dünyanın önde gelen jeotermal enerji kuşakları şu şekildedir;

- And Volkanik Kuşağı: Güney Amerika'nın batı kıyılarını boyunca uzanan hat Venezuela, Kolombiya, Ekvador, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin gibi ülkeleri içine almaktadır.
- Alp-Himalaya Kuşağı: Hindistan ve Avrupa Platoları'nın çarpışması sonucu ortaya çıkan bu kuşak, sahip olduğu 3000 km uzunluk ile dünyanın en büyük jeotermal kuşaklarından biridir. İtalya, Sırbistan-Karadağ, Makedonya, Arnavutluk,

¹⁶⁰ Jesse S. Doolittle, *Energy, A Crisis - A Dilemma or Just Another Problem ?*, Matrix Publishers, USA, 1977, p.150

¹⁶¹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2006, p.101

¹⁶² T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), *Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu*, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, Ankara, 2001, s.13

Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin ve Tayland'ı kapsamaktadır.

- Doğu Afrika Rift Sistemi: Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya ve Cibuti gibi ülkelerin sınırlarında yer alan aktif bir sistemdir.
- Karayip Adaları Kuşağı: Önemli potansiyele sahip bölgelerdendir.
- Orta Amerika Volkanik Kuşağı: Guatemala, El Salvador, Nikaragua Kosta Rika ve Panama'yı kapsayan volkanik sistemdir¹⁶³.

Son yıllarda akışkan jeotermal sıvılardan enerji üretilmesinin yanında yüksek basınca sahip buhar ağırlıklı kaynaklar da etkili olmaya başlamıştır. 100 °C'nin (212 °F) üzerindeki sıcaklıklarda yüksek enerji taşıyan buhar bugün için Amerika'da geniş bir potansiyel oluşturmaktadır. Halen 350'nin üzerinde buhar türbininde elde edilen enerji San Francisco'nun ihtiyacını karşılayabilecek düzeydedir¹⁶⁴.

Jeotermal enerji potansiyeli oluşturan bir diğer kaynakta sıcak kuru kayalardır. Akışkan sıvıların veya buharın bulunmadığı bazı bölgelerde 200 °C'nin üzerinde sıcaklığa sahip ve on kilometreden daha sığ derinliklerde ulaşılabilir konumdadırlar¹⁶⁵. Geliştirilen bir method sayesinde bünyesinde akışkan bulundurmayan jeotermal kaynağa yeterli derinliğe kadar kanal açılarak soğuk su enjekte edilmektedir. Bir süre sonra su ısınarak yer yüzeyine çıkmakta ve dolaylı olarak enerjiye dönüştürülebilmektedir¹⁶⁶.

3.4.3. Jeotermal Enerjinin Ekonomik Etkileri

Jeotermal enerji yenilenebilir bir enerji türü olarak alternatif kaynaklar arasında gösterilmektedir. Fakat sağladığı birçok avantajın yanında olumsuz yönleri de bulunmaktadır. En büyük eksikliği ise dünyanın her yerine eşit dağılım sergilememesidir. Bunun yanında açılan her jeotermal kuyuda istenilen sıcaklıklara erişilememesi gibi benzer

¹⁶³ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, ss.102-104

¹⁶⁴ Neil Morris, *Geothermal Power, Facts-Issues-The Future*, Smart Apple Media Publications, China, 2007, p.19

¹⁶⁵ J. C. McVeigh, *Energy Around The World, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization*, Pergamon Pres, UK, 1984, p.196

¹⁶⁶ Hugh Murphy, "Hot Dry Rock Reservoir Development and Testing in the USA", *Hydraulic Fracturing and Geothermal Energy*, S. Nemat Nasser, A. Abe, S. Harikawa (Ed.), Martinus Nijhoff Publishers, USA, 1982, p.33

durumlar finansal sıkıntılar doğurmaktadır. Diğer enerji türleri göz önünde bulundurulduğunda % 45 ile % 90 verimle çalışan jeotermal kaynaklar fazla rekabetçi olamamasına rağmen yine de maliyetler makul düzeylerde¹⁶⁷.

Jeotermal enerji kaynaklarından doğan maliyetleri ilk yatırım (sermaye) ve işletim sırasında doğan maliyetler olarak incelemek gerekir. Jeotermal sistemlerde gerekli olan santral inşası, belirli derinlikte kuyuların açılması ve çıkarılan akışkanın santrale taşınması gibi alt yapı faktörleri önemli yatırım maliyetleri oluşturmaktadır. Özellikle uzak mesafelerdeki (60 km'ye kadar olan) santrallere akışkanın iletimi pompa vb ekstra ekipmanlar gerektirdiğinden ekonomik verimlilikleri düşer. İşletim aşamasında ise çok sayıda teknik elemanın istihdam edilmesi ve sistemin periyodik giderleri santralin amortize süresini artırıcı etki yapar¹⁶⁸.

Tablo 2.6: Jeotermal Kaynakların Maliyeti (\$ / Ton)

JEOTERMAL KAYNAK	BUHAR	SICAK SU
Yüksek Sıcaklık (>150 °C)	3,5-6,0 \$	--- \$
Orta Sıcaklık (100°C-150 °C)	3.0-4,5 \$	0,2-0,4 \$
Düşük Sıcaklık (<100 °C)	--- \$	0,1-0,2 \$

Kaynak: Integration of Alternative Sources of Energy, 2006, s.434

Tablo 2.7: Jeotermal Santral Elektrik Üretim Maliyetleri (Cent / kW)

SANTRAL TİPİ	Yüksek-Kaliteli Kaynak	Orta-Kaliteli Kaynak	Düşük-Kaliteli Kaynak
Küçük Santraller (<5 MW)	5,0-7,0	5,5-8,5	6,0-10,5
Orta Santraller (5-30 MW)	4,0-6,0	4,5-7,0	---
Büyük Santraller (>30 MW)	2,5-5,0	4,0-6,0	---

Kaynak: Integration of Alternative Sources of Energy, 2006, s.434

¹⁶⁷ David Craddock, *Renewable Energy Made Easy, Free Energy From Solar, Wind Hydropower and Other Alternative Energy Sources*, Atlantic Publishing Group, USA, 2008, pp.144-148

¹⁶⁸ Mary H. Dickson and Mario Fanelli, *What is Geothermal Energy*, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, February 2004, Italy, pp.48-51

Jeotermal elektrik enerjisi üreten santrallerde kapasite büyüdükçe birim kW başına düşen maliyetler azalma göstermektedir. Jeotermal kaynaklar kullanılarak ısı enerjisi üretimi diğer kaynaklara oranla % 80'lere kadar daha ucuz olmakla birlikte doğal gaz ile karşılaştırıldığında % 30-50 daha ekonomiktir¹⁶⁹. Bugün dünyanın çeşitli bölgelerinde faaliyet gösteren jeotermal elektrik üretimi 25'e yakın ülkeyi kapsamaktadır. 9200 MW elektrik üretim kapasitesine sahip olan Birleşik Devletler dünyanın en büyük üreticisi konumundadır. Jeotermal enerjinin diğer alternatif kaynaklar ile rekabet halinde oluşu ve hükümetlerin yardım fonlarını kısıtlı tutmaları nedeniyle üretim hacmi doğrudan etkilenmektedir. Isıtma amaçlı kullanım hedefi 2010 yılı için Avrupa'da 3 milyon ev, A.B.D'de ise 7 milyon ev düzeyindedir¹⁷⁰.

3.4.4. Jeotermal Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri

Jeotermal enerji temiz ve çevreci bir kaynak olarak bilinmesine rağmen kısıtlı da olsa olumsuz etkileri mevcuttur. Fosil kaynak kullanan enerji santrallerine göre jeotermal santraller çok daha düşük oranlarda karbon dioksit gazı salımı gerçekleştirirler¹⁷¹. Hatta bazı direkt ısıtma sistemlerinde sifıra yakındır.

Karbon dioksitin haricinde jeotermal sıvılar çevre için zararlı sayılan bazı kimyasal gazları da içermektedirler. Santrallerin işletim aşamasında ortaya çıkan bu ürünler, hidrojen sülfür (H₂S), amonyak (NH₃), metan (CH₄) ve nispeten daha az miktarlarda kimyasallar olan sodyum klorür (NaCl), bor (B), arsenik (As) ve civa (Hg)'dir¹⁷². Son yıllarda geliştirilen geri enjeksiyon (Reinjection) sistemi ile zararlı kimyasallar enerji çevrim işleminin ardından jeotermal kaynağa geri pompalanarak yüzeye çıkması engellenmektedir.

Jeotermal enerji sistemleri inşa aşamasında kaçınılmaz olarak doğal çevreye bir takım zararlar vermektedir. Bu zararlar geçici olup santralin büyüklüğüne ve akışkanı

¹⁶⁹ İlyas Çağlar, Tuncay Taymaz, Seda Yolsal, Ümit Avşar, "Sıfır Zararlı Jeotermal Enerji", *Bilim ve Teknik Dergisi*, Temmuz 2006, s.52

¹⁷⁰ Carrie Gleason, *Geothermal Energy Using Earth's Furnace*, Crabtree Publishing Company, Canada, 2008, s.28

¹⁷¹ Halldor Armannsson, "CO₂ Emmission from Geothermal Plants", *International Geothermal Conference*, Reykjavik Island, September 2003, p.56

¹⁷² Mary H. Dickson and Mario Fanelli, *What is Geothermal Energy*, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, February 2004, İtaly, p.55

taşıyacak olan boru hatlarının uzunluğuna bağlı olarak geniş bir alana yaygınlık gösterebilirler. Özellikle vahşi yaşam alanları ve canlı organizma popülasyonunun yoğun olduğu ortamlarda bulunan jeotermal kaynaklar risk unsuru teşkil etmektedir.

Jeotermal enerji üreten tesisler ayrıca yakıt gerektirmediğinden atık maddeler de oluşturmazlar. Partiküler veya toksik maddeler üretmemekle birlikte yüzeye çıkan düşük miktardaki radyoaktif materyal yer yüzeyinin altına geri enjekte edilerek olası çevre tahribatı da önlenmiş olur¹⁷³. Jeotermal kaynaklara ulaşmak için kuyuların açılması esnasında genellikle doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerjilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu işlem sırasında inilecek derinliğe bağlı olarak gürültü kirliliği de ortaya çıkmaktadır¹⁷⁴.

3.5. Hidrojen Enerjisi

Modern enerji üretim teknikleri arasında yer alan hidrojen enerjisi, artan ihtiyacın karşılanmasında başvurulabilecek geniş potansiyele sahip bir kaynaktır. Ayrıca temiz bir enerji kaynağı olması, hidrojeni çevresel sorunların çözümünde de etkin rol alabilecek bir yakıt türü yapmaktadır.

3.5.1. Dünyada Hidrojen Enerjisi Potansiyeli

Hidrojen doğada serbest halde bulunan bir yakıt türü olmayıp fosil ve nükleer enerjiden oluşan birincil enerji kaynaklarından veya alternatif kaynaklardan üretilmektedir. Ayrıca hidrojen gazı elektroliz yöntemi ile su kaynaklarından da elde edilebilmektedir. Yaygın olarak tercih edilen yöntem ise fosil kaynaklardan üretim methodudur. Çünkü elektroliz sisteminde hidrojen gazı üretilmesi için kullanılan harici enerji, verimliliği düşürmektedir.

Dünya çapında hidrojen üretimi yıllık 500 milyar m³ civarlarında olup bu miktarın yaklaşık beşte biri (90 milyar m³) Avrupa'da gerçekleştirilmektedir. Hidrojen gazı eldesi

¹⁷³ Stan Gibilisco, *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, 2007, p.254

¹⁷⁴ Richard G. Bowen, "Environmental Impact of Geothermal Development", *Geothermal Energy Resources, Production and Stimulation*, Paul Kruger and Carel Otte (Ed.), Stanford University Press, USA, 1973, p.198

maliyetli işlemler gerektirip % 40'ı imalat sanayinin yan ürün olarak otaya çıkmaktadır¹⁷⁵. Ağırlıklı olarak kimya ve petrol endüstrilerinde tüketilen hidrojen gazı için farklı üretim teknikleri mevcut olup en çok kullanılanları;

- Suyun Elektrolizi: Suyun elektrik akımı yardımıyla kimyasal bağlarının çözünerek bileşenleri olan 2 adet hidrojen atomu ve 1 adet oksijen atomuna ayrışması işlemidir. Moleküllerin tekrar bir araya gelmesiyle açığa çıkan enerjiden doğru akım (DC) üretmek mümkündür¹⁷⁶. Yüksek sıcaklık ve alkali ortam elektroliz çeşitleri vardır.
- Buhar Reformasyonu: Fosil kaynaklı doğalgaz ve diğer hidrokarbon içeren gazlardan üretilen sistemdir.
- Ağır Petrolün Kısmi Oksidasyonu (POX)
- Kömürün Gazifikasyonu ve Kok Üretimi
- Katı atıkların (özellikle biyokütle atıkları) yüksek basınç ve sıcaklık altında ayrıştırılması yöntemi
- Biyokimyasal, Biyolojik ve Fotoelektrokimyasal Teknikler
- Suyun Termal Parçalanması: Moleküllerin ısı enerjisi ile 1700 °C'nin üzerinde hidrojen ve oksijene ayrışmasıdır.

Fosil kaynakların tükenerek olması hidrojen üretiminin su kaynaklarından sağlanması potansiyelini güçlendirmektedir. Elektroliz işlemleri % 75-80 arasında verimle çalışan sistemler olduklarından hidrojeni sürdürülebilir enerji arzı konusunda güvenilir bir kaynak yapmaktadırlar. Günümüz itibariyle hidrojen üretiminin kaynaklara göre dağılımı tabloda verilmiştir.

Hidrojen enerjisi potansiyeli açısından en geniş rezervler deniz ve okyanuslardır. Elektroliz yönteminin uygulanabilmesi için gerekli elektrik enerjisinin günümüzde fosil kaynaklardan karşılanıyor olması gelecek açısından kalıcı bir çözüm oluşturamaz. Bu yüzden yenilenebilir kaynakların hidrojen üretiminde etkili olabilmesi amacıyla çalışmalar

¹⁷⁵ Mükerrerem Şahin, *Hidrojen Enerjisi Teknolojileri*, Anıl Matbaacılık, Mayıs 2006, Kızılay / Ankara, 2006, p.10

¹⁷⁶ *Fuel From Water*, Creative Science and Research, New Albany / USA, 2004, p.3

yürütülmektedir. Özellikle güneş, rüzgar ve biyokütle kaynaklarından elektroliz için gerekli enerji elde edilebilir¹⁷⁷.

Zengin potansiyel teşkil eden bir diğer kaynakta suyun termal parçalanma tekniği ile elde edilmesidir. Sınırsız sayılabilecek su kaynakları nükleer tesisler gibi yüksek buhar ısı ile çalışan santrallerde termal parçalanmaya maruz bırakılarak ekonomik açıdan ideal maliyetlerde hidrojen gazı üretilmesi mümkündür¹⁷⁸.

Tablo 2.8: Avrupa’da ve Dünya’da Farklı Yöntemlerle Üretilen Hidrojen Miktarları (Milyar Nm³)

YÖNTEMLER	AVRUPA	DÜNYA
Doğalgaz veya Nafta Buharından	30	190
Yağların Kısmi Oksitlenmesinden	15	120
Petrokimyasal Benzinden	7,5	90
Petrokimyasal Etilen Üretiminden	18	33
Diğer Kimyasal Endüstriden	4,5	7
Klor-Alkali-Elektrolizden	4,5	10
Kömür (Kok Gazından)	10,5	50
TOPLAM	90	500

Kaynak: Hidrojen Enerjisi Teknolojileri, Ankara, 2006, s.25

3.5.2. Hidrojen Enerjisinin Kullanım Alanları

Üretilen hidrojen gazının kullanılmadan önce bir takım işlemlere tabi tutulması gerekmektedir. Bu amaçla uygulanan ilk prosedür saflaştırma işlemidir. Birçok alanda özellikle de yakıt pillerinde saf olmayan hidrojen sistemin aktifliğini azaltmaktadır¹⁷⁹. Diğer işlemler ise kullanılacağı bölgeye taşınması amacıyla sıvılaştırma işlemine tabi tutulması veya özel sistemlerle depolanmasıdır.

Hidrojen gaz halinde veya sıvı halde nakledilebilmektedir. Gaz halinde geniş hacim kapladığından yüksek miktarlarda hidrojenin taşınması sıvılaştırma işlemine gerektirmektedir. Bu yöntem hidrojen gazının içerdiği enerjinin % 38’ini kaybetmesine sebep olduğundan verimli değildir. Hidrojen gazının sıvılaştırılması için (-253 °C)’ye

¹⁷⁷ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.206

¹⁷⁸ David Netzer, *Alberta Bitumen Processing Integration Study, Energy Final Report*, Published by Government of Alberta, March 2006, pp.10,58

¹⁷⁹ Mükerrerem Şahin, *Hidrojen Enerjisi Teknolojileri*, Anıl Matbaacılık, Mayıs 2006, Ankara, 2006, s.10

kadar soğutulması gerekli olup harcanan enerji yaklaşık 10-15 kW/kg'dır. Hidrojenin gaz halinde üretilerek depolanması halinde ise, gerekli olan enerji sahip olduğu potansiyelin % 10'u ile % 15'i arasındadır¹⁸⁰. Bir diğer taşıma şekli de boru hatları vasıtası ile yapılan nakildir. Mevcut doğalgaz hatlarında yapılacak bazı değişikliklerle hidrojen taşımak mümkündür.

Tarihte hidrojen kullanımının ilk örnekleri hidrojen balonlarıdır. Aralık 1783'te Fransız fizikçi Jacques Charles (1746-1823) ve balonun yapımını üstlenen Noel Roberts ilk hidrojen balonunu tasarlayarak başarılı bir uçuş gerçekleştirmiş ve hava taşımacılığında yeni bir sayfa açmışlardır. XIX. yüzyılda hidrojen kullanımı yaygınlaşmış ve zeplinlerden kentlerde kullanılan sentetik gazlara kadar çeşitli alanlarda yararlanılır hale gelmiştir. Sentetik gazlar kömür, odun ve biyolojik atıkların gazlaştırıldıktan sonra % 50 oranında hidrojen ile karıştırılarak evlerde ısınma ve yemek pişirme amaçlı kullanılmaktadır. Bugün halen Avrupa ve Amerika'nın bazı bölgelerinde kamu alanlarının ve şehirlerin aydınlatılmasında başvurulan bir yöntemdir. Diğer hidrojen enerjisinin kullanım alanları 1839 yılında Sir William Grove (1811-1896) tarafından geliştirilen yakıt pilleri ve NASA'nın uzay araçlarında faydalandığı alanlardır¹⁸¹.

Yaşamakta olduğumuz XXI. yüzyılda ise hidrojen enerjisi alternatif bir kaynak olarak görülmekte ve artan enerji sorununun çözümünde aktif rol alması beklenmektedir. Hidrojen teknolojisi günümüzde yakıt pilleri üzerine yoğunlaşmış durumdadır. İçten yanmalı klasik motorlarda da direkt olarak kullanılabilmesine rağmen yakıt pilleri daha verimli çalıştığından tercih sebebi olmaktadır. Diğer kullanım alanları elektrik üretimi için tasarlanan yakıt hücreli jeneratörler, elektronik cihazlar, uçak, otomobil ve otobüs gibi araçlardır.

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmeye yarayan aygıtlar olan yakıt hücrelerinin Alkali (AFC), Doğrudan Metanol (DMFC), Proton Değişim Membranlı (PEMFC), Fosforik Asit (PAFC) ve Platin Yakıt Pili (PFC) gibi çeşitleri mevcuttur¹⁸².

¹⁸⁰ Bela Liptak, *Post-Oil Energy Technology*, The World's First Solar-Hydrogen Demonstration Power Plant, CRC Press, USA, 2009, p.119

¹⁸¹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, pp.136-141

¹⁸² Gavin D.J. Harper, *Fuel Cell Projects For The Evil Genius*, The McGraw-Hill Publications, USA, 2008, pp.51, 57, 77, 95

Özellikle Fosforik Asit ve Proton Değişimli Membran yakıt pilleri verimli çalışmakta ve yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğundan (PAFC için 150-200 °C ve PEMFC için 60-80 °C) otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır¹⁸³.

3.5.3. Hidrojen Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Hidrojenin doğada yeterli miktarlarda bulunduğundan tükenme riskinin olmaması ve çevreci yakıtlar arasında yer alması hidrojen temelli bir ekonominin gerekliliğini ortaya koyan ana sebeplerdir. Fakat hidrojen ekonomisine geçiş süreci teknolojik yetersizler sonucu maliyetlerin yüksek oluşu ve alt yapının eksikliği nedeniyle kolay gözükmemektedir. Yine de son zamanlarda yaşanan yakıt pilleri ve hidrojen üretimindeki yeni teknikler olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Hidrojen üretimi bugün için maliyetli olup ağırlıklı olarak fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Bu yüzden ekonomik enerji üretebilmek için yenilenebilir kaynaklarla desteklenen sistemler üzerinde durulması önem taşımaktadır. Güneş-Hidrojen sisteminde elektroliz için gerekli enerjinin güneş kaynağından fotovoltaik panellerle (PV) sağlanması böylece maliyetlerin belirli oranlarda düşürülmesi hedeflenmektedir¹⁸⁴.

Bugün için en yaygın sistem olan doğalgazdan hidrojen üretimi maliyeti hesaplanırken doğalgazın fiyatına hidrojene dönüşüm işlemlerinin fiyatı da eklenmektedir. Her birim MBTU enerji eldesi için 4 \$ doğalgaz gerekirken buhar reformasyonu işlemi sonucunda hidrojene dönüşmesi halinde maliyet 10 \$ olmaktadır. Ayrıca sıvılaştırma işlemi de yüksek enerji gerektirmekte ve böylece maliyetlere 8-10\$'da eklenmesiyle birlikte hidrojen üretimi 20\$/MBTU seviyesinde gerçekleşmektedir. Ticari amaçla kurulan büyük elektroliz ünitelerinde elde edilen hidrojen kilogram başına 50 kW/h enerji gerektirip maliyeti 7 ile 9 \$ civarlarında olmaktadır¹⁸⁵. Birleşik Devletler 2003 yılında

¹⁸³ Felix N. Büchi, Minoru Inaba, Thomas J. Schmidt (Ed.), *Polymer Electrolyte Fuel Cell Durability*, Springer Science and Business Media Publications, 2009, USA, p.29

¹⁸⁴ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.213

¹⁸⁵ Michael Frank Hordoski, *Alternative Fuels, The Future of Hydrogen*, Published by the Fairmont Press Inc., USA, 2007, p.171-173

geliştirdiği yeni teknoloji ile bir galon eş değeri hidrojeni 3 \$'a mal etmiş olup 2015 yılı hedefini 2 \$ olarak belirlemiştir¹⁸⁶.

Güneş-Hidrojen enerji sisteminde ise üretim, sıvılaştırma ve nakil kayıpları da göz önünde bulundurularak hesaplama yapıldığında verim ortalama % 66 seviyelerine düşmektedir.¹⁸⁷ Yeni yakıt pilleri kullanılarak güneş destekli hidrojen üretimi 0,11 \$/kW-h'tir¹⁸⁸. Rüzgar enerjisinden yararlanılarak hidrojen üretimi de son yıllarda fotovoltaik güneş pili ile üretim yapan sistemlerle rekabet edecek pozisyonu yakalamıştır. Rüzgar temelli hidrojen üretimi maliyetleri kW/h başına 0,07 ile 0,09 \$ civarlarındadır¹⁸⁹.

Ayrıca hidrojenin sıvılaştırılması, depolanması ve uzak bölgelere taşınması bir takım zorlukları ve güvenlik problemlerini de beraberinde getirmektedir. Ticari açıdan elverişli hale gelebilmesi için sürdürülen teknik çalışmalar gelişmiş ülkelerde AR-GE desteği almaktadır. A.B.D enerji bakanlığı hidrojen ekonomisine 2030'lu yıllarda geçmeyi hedeflemektedir¹⁹⁰.

Otomobil imalatçısı firmalar 2005 yılında hidrojen yakıt pilli araç üretiminde son on yılın zirvesine ulaşmış bulunmaktalar. Fosil yakıtların pahalılaşması hidrojeni cazip hale getirerek özellikle otomotiv endüstrisinin gelişmesine sebep olmuştur. Dolayısı ile büyük bir ekonomik etki yaratılmış ve yeni istihdam olanakları sağlanmıştır¹⁹¹.

3.5.4. Hidrojen Enerjisi Kullanımının Çevresel Etkileri

1970'li yıllarda yaşanan enerji darboğazları ve küresel ısınma tehdidinin artış göstermesi enerji sektörünü hidrojen ağırlıklı kaynaklara yöneltmiştir. Çevre üzerindeki

¹⁸⁶ Bela Liptak, *Post-Oil Energy Technology*, The World's First Solar-Hydrogen Demonstration Power Plant, CRC Press, USA, 2009, s.123

¹⁸⁷ Michael Frank Hordeski, *Alternative Fuels, The Future of Hydrogen*, Published by the Fairmont Press Inc., USA, 2007, p.

¹⁸⁸ Krishnan Rajeshwar, Robert McConnell, Stuart Licht (Ed.), *Solar Hydrogen Generation, Toward a Renewable Energy Future*, Springer Science and Business Media, LLC., USA, 2008, p.12

¹⁸⁹ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, s.213

¹⁹⁰ Sadık Kakaç, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Bugünü ve Yarını", *TÜBA-Günce Dergisi*, Sayı 34, Mayıs 2006, s.4

¹⁹¹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, p.163

olumlu etkisiyle bilinen hidrojen enerjisi fosil kaynaklardan daha pahalı olmasına rağmen sera etkisinin önlenmesi konusunda ideal bir yaklaşım olarak görülmüştür¹⁹².

Enerji taşıyıcı olan hidrojen, yakıt pilleri ve içten yanmalı motorlarda girdiği termokimyasal reaksiyon sonucu su oluşturduğu için temiz bir enerji kaynağıdır. Atmosfere karbon dioksit, azot dioksit ve kükürt dioksit gibi zararlı emisyonlar salgılamadığı gibi alternatif bir kaynak olarak yaygınlaşması sera gazlarının azalmasına da yardımcı olur.

Hidrojen gazının çeşitli tekniklerle üretimi sırasında kullanılan kömür veya doğalgaz gibi kaynaklar yanma işlemi sonunda tahribat verici nitelik kazanırlar. Bu yüzden yenilenebilir çevreci kaynaklardan imal edilmesi önem taşımaktadır. Tam hidrojen ekonomisinin de dayanağı, yenilenebilir kaynaklardan karşılanan güvenilir ve minimum zararlı üretimdir¹⁹³.

Hidrojen doğalgaza nazaran hacimsel açıdan daha düşük kapasiteli enerji içermektedir. Bu yüzden mevcut boru hatlarında hidrojen gazı nakletmek, kamyonlarla taşımaktan daha güvenli ve düşük maliyetli olmaktadır. Boru hatlarını endüstriyel veya evsel kullanımın yoğun olduğu bölgelerde yaygınlaştırılmasının çevresel açıdan olumsuz etkilerinin olabileceği gibi estetik rahatsızlıklara da sebebiyet verebilir¹⁹⁴.

Bilim insanlarının üzerinde düşündükleri bir diğer nokta da hidrojen kullanımının fazlaca yaygınlaşması durumunda hidrojen gazının atmosfere yerleşerek ozon tabakası üzerinde hasar meydana getirebileceği ve bulutların yeryüzüne alçılmasıyla mikrobik hastalıkların artarak ekolojik dengeyi bozabileceği ihtimalidir. Ayrıca iklimlerin hidrojen teknolojileri üzerindeki etkileri incelenen bir başka konudur. Yakıt hücrelerinde hidrojen gazı üretimi için kullanılacak olan saf suyun 0 °C'nin altındaki soğuk iklimlerde donarak sistemi çalışmaz hale getirebilmesi söz konusudur¹⁹⁵.

¹⁹² Krishnan Rajeshwar, Robert McConnell, Stuart Licht (Ed.), *Solar Hydrogen Generation, Toward a Renewable Energy Future*, Springer Science and Business Media, LLC., USA, 2008, p.4

¹⁹³ John Tabak and Ph. D., *Natural Gas and Hydrogen*, Energy and the Environment, Facts on File Inc. An Imprint of Infobase Publishing, USA, 2009, p.156

¹⁹⁴ Michael Frank Horddeski, *Alternative Fuels, The Future of Hydrogen*, Published by the Fairmont Press Inc., USA, 2007, p.204

¹⁹⁵ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Two*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, ss.162-163

Dünya çapında enerji tüketiminin 2025 yılına gelindiğinde 12,000 Mtep ile 16,000 Mtep civarlarında olacağı ve bu miktarın 1,500-2,600 Mtep'lik kısmının hidrojen enerjisi kullanılarak karşılanacağı düşünülmektedir¹⁹⁶. Bu durumda mevcut konvansiyonel kaynakların % 10-15'lik bölümünün hidrojen enerjisi ile değiştirilmiş olacağından çevresel tahribatının büyük ölçüde önüne geçilebilecektir.

3.6. Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi

Dünyanın hemen her yerinde olduğu gibi ülkemizde de büyük miktarlarda bulunan biyokütlesel enerji, günümüzde kırsal kesimler ağırlıkta olmak üzere halen tercih edilen bir kaynak olma özelliğini korumaktadır. Modern enerji üretim tekniklerinin geliştirilmiş olması, canlıkütleden elde edilen enerji miktarının da artmasında etkili olmuştur.

3.6.1. Dünyada Biyokütle Enerji Potansiyeli

Bilinen ilk enerji kaynaklarından olan ve etkisini günümüze kadar geliştirerek sürdüren biyokütle enerjisi bugün halen insanlığın duyduğu ihtiyacın önemli bir kısmını karşılayabilmektedir. Biyokütle aynı zamanda yenilenebilir bir enerji kaynağı olup diğer alternatifler ile karşılaştırıldığında açık farkla öncü durumdadır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verileri¹⁹⁷, 2007 yılında dünya genelinde üretilen toplam enerjinin % 12,4'lük kısmının yenilenebilir kaynaklardan karşılandığını ve yenilenebilir kaynaklar içerisinde biyokütlenin payının % 78 olduğunu göstermektedir. Bir başka deyişle 2007 yılında biyokütle enerjisi dünya toplam enerji üretiminin % 9,6'sını oluşturmuştur.

Biyokütle enerjisi ormanlardan, özel yetiştirilen bitki türlerinden, hayvansal ürünlerden ve atıklarından, evsel, belediyesel ve endüstriyel atıklardan oluşan geniş bir kaynak yelpazesine sahip olduğundan önemli miktarlarda potansiyel teşkil etmektedir. Dünyada bir yıl içerisinde üretilen net organik materyal, enerji içeriği bakımından 3,1 x

¹⁹⁶ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.223

¹⁹⁷ IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, *Renewables Information*, 2009, s.3

10^{21} J.'dür. Bu değer dünyanın senelik enerji tüketiminin yaklaşık 10 katı kadardır¹⁹⁸. Dünyanın mevcut biyokütle potansiyeli tabloda verilmiştir.

Tablo 2.9: Dünya Toplam Biyokütle Enerjisi Potansiyeli

KAYNAK	POTANSİYEL (MW)
Saman	1,200,000
Hayvansal Atıklar	500,000
Orman Atıkları	1,360,000
Çöp ve Diğer Atıklar	2,400,000
Şeker Kamışı	17,700,000
TOPLAM	23,080,000

Kaynak: Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, TÇV Yayını, 2006, s.129

Coğrafi ve kentsel etkileşimler dolayısıyla biyokütle enerjisi farklı dağılım özellikleri göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde kentsel yapılanma beraberinde belediyesel, evsel ve endüstriyel atıkların artışı getirirken orman ürünleri, hayvansal kaynaklar ve enerji tarımı gibi biyoenerji üretim potansiyelini kırsal kesimlere doğru kaydırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise daha çok doğal çevrenin coğrafi yapısı etkili olmaktadır.

Konvansiyonel enerji kaynakları arasında yer alan biyokütle günümüzde gelişmekte olan ülkelerde baskın kaynak olma konumunu korumaktadır¹⁹⁹. Ağırlıklı olarak odun ve orman atıklarından sağlanan bu enerji endüstrileşmiş toplumlarda ise biyoyakıtlara ve biyogaza dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Biyokütle üretimi için önemli potansiyel kabul edilen bir diğer kaynak da enerji tarımıdır. Genel olarak biyoyakıt ve biyogaz elde edebilmek amacıyla ekimi yapılan hızlı büyüme özelliğine sahip bitki ve ağaçlar tercih edilmektedir²⁰⁰. Özellikle son zamanlarda yaklaşık üç yıl gibi kısa sürede hasat verebilen ‘‘tatlı sorgum’’ bitkisi Amerika ve birçok ülke tarafından değerlendirilmektedir. Yine Amerika’da yapılan bir araştırma 9000

¹⁹⁸ J. C. McVeigh, *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Press, UK, 1984, p.118

¹⁹⁹ Robert L. Evans, *Fueling Our Future*, An Introduction to Sustainable Energy, Cambridge University Press, UK, 2007, pp.100-101

²⁰⁰ Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, pp.198-199

hektarlık bir alanda kızılâğaç ekimi yapıldığı takdirde 50 bin nüfuslu bir yerleşim biriminin enerji ihtiyacını karşılayabileceğini ortaya koymuştur²⁰¹.

Geleneksel tarım ürünlerinin artıkları da enerji içeriği bakımından zengin kaynaklardır. Pirinç ve mısır gibi hububatlar işlendikten sonra geriye kalan kabukları ve yaprakları katı biyokütleler olarak enerjiye dönüştürülmektedir. Beş ton kadar hububat işlendikten sonra oluşan yaklaşık bir ton kadar artığın verdiği enerji, bir ton odununkine eş değerdir²⁰². Ayrıca çeşitli suda ve denizde yaşayan bitkilerden de biyokütlesel enerji üretimine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir.

3.6.2. Biyokütle Enerjisi Kullanım Alanları

Biyokütle kaynaklar, direkt olarak yanma işlemine tabi tutularak kullanıldıkları gibi çeşitli yöntemlerle özel nitelikli yakıtlara dönüştürülerek de değerlendirilebilirler. Tarih öncesi çağlarda biyokütlesel materyal herhangi bir teknik işlem gerekmeksizin yakılarak ısı enerjisi elde edilirken bugün, geliştirilen fermantasyon ve esterifikasyon gibi reaksiyonlarla birlikte sıvı ve gaz formlarına geçebilmektedir.

Biyokütle katı halde doğadan elde edilip kullanım alanına göre sıvı ve gaz fazlarına dönüştürülüp depolanmaktadırlar. Birçok alternatif kaynağın aksine depolanabilme özellikleri ve kesintisiz olmaları biyokütlesel enerjiye büyük bir avantaj sağlamaktadır. Modern biyokütle enerjisi günümüzde sıvı formda daha çok içten yanmalı motorlarda, gaz formunda ise elektrik enerjisi üretiminde tercih edilmektedir.

1900'lü yıllarda tarımın gelişmesiyle birlikte ilgi çekici hale gelen tohum çeşitliliği ve diğer yenilikler, çok sayıda şirket, üniversite ve bu konuda uzmanlaşmış araştırma enstitüleri tarafından yakından incelenmeye başlanmıştır. Elde edilen birikimler, doğanın enerji üretimi için elverişliliğini ortaya koymuş ve II. Dünya Savaşı'nın ardından hayvan gübresinden sağlanan üretimde büyük artış kaydedilmiştir. XX. yüzyılın ikinci yarısında

²⁰¹ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.229

²⁰² Cynthia Pollock Shea, *Worldwatch Paper 81, Renewable Energy Today's Contribution Tomorrow's Promise*, Lester R. Brown (Dir.), Worldwatch Institute Publications, January 1988, p.24

ise azotun çevre üzerindeki tahribatı, daha modern teknikler ile yapılan enerji tarımını gerekli kılmıştır²⁰³.

3.6.2.1. Katı Biyokütle Enerjisi

Katı halde doğadan elde edilen materyaller olup en önemlileri, odun ve odun atığı, özel yetiştirilen tarımsal ürünler ve diğer bitkisel atıklar, hayvansal yağlar ve atıkları olup herhangi bir kimyasal işlem gerektirmeden direkt olarak kullanılabilirler. Ayrıca ayrıştırıcı damıtma ve prolez gibi tekniklerle odun vb. canlı kütlelerden elde edilen ikincil derece kaynaklar da katı biyokütteleler sınıfına girmektedir²⁰⁴. Bugün odun ağırlıklı geleneksel yanma tekniğiyle üretilen enerji, dünya toplam üretiminin % 7'sini oluşturmaktadır²⁰⁵.

Fosil yakıtlarda olduğu gibi biyokütle de birtakım kimyasal kataliz reaksiyonlarına tabi tutularak temiz enerji veya zenginleştirilmiş yakıt üretimi sağlanır²⁰⁶. Direkt yanma teknolojileri vasıtasıyla buhar jeneratörü ve buhar türbininden elde edilen katı biyokütle elektrik üretiminin verimliliği yaklaşık % 15 ile % 18 aralığındadır. Fakat katı biyoküttelelerin gazlaştırıldıktan sonra gaz türbinlerinde enerjiye dönüştürülmesi halinde elde edilen verim % 37'lere kadar ulaşmaktadır²⁰⁷. Bu nedenle günümüzde modern tesislerde katı biyokütle genellikle gazlaştırılarak veya sıvı yakıtlara dönüştürülerek kullanılmaktadır.

3.6.2.2. Sıvı Biyokütle Enerjisi (Biyodizel ve Biyoetanol)

Sıvı biyokütle enerjisi, yağ içeriği bakımından zengin olan ayçiçeği, soya, mısır, kanola ve şeker kamışı gibi bitkisel kaynaklardan ve ayrıca hayvansal yağlardan üretilen bir yakıt çeşididir. Genellikle biyoyakıtlar ulaşımdan taşımaya kadar geniş kullanım alanına sahip içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadırlar. Biyodizel bugün

²⁰³ Beat Boller, Ulrich K. Posselt and Fabio Veronesi (Ed.), *Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding*, Springer Science and Business Media LLC., USA, 2009, p.3

²⁰⁴ IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, *Renewables Information*, 2009, p.13

²⁰⁵ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.68

²⁰⁶ *Catalysis For Energy*, Fundamental Science and Long Time Impacts of the U.S Department of Energy Basic Energy Sciences Catalysis Science Program, The National Academies Press, USA, 2009, pp.15-16

²⁰⁷ Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, p.200

geçerli olan dizel yakıtların yerine, biyoetanol ise benzinin yerine ikame edilebilme özelliğine sahiptir.

Elde edilen yağlar, enzimler yardımıyla biyokimyasal katalizör eşliğinde reaksiyonlara maruz bırakılarak önce şekerli akışkanlara ve daha sonra da nihai ürün olan biyodizele dönüşür. Bir diğer reaksiyon çeşidi de termokimyasal çevrimdir. Bu sistemde de yüksek ısı eşliğinde fiziksel etkiyle önce geçiş ürünü oluşur ardından tekrar kimyasal tepkimeye tabi tutularak biyoyakıt elde edilir. Dünya genelinde tahmin edilen üretilmesi mümkün biyoyakıt potansiyeli 9,2 milyar galondur²⁰⁸.

Biyoenjerinin içten yanmalı motorlara adaptasyonu 1800'lerin ortalarında başlamıştır. 1853 yılında bilim insanları kimyasal teknikler kullanarak bitkisel petrol tabir edilen ilk biyodizel yakıtı elde etmeyi başarmışlardır. Biyoyakıtların kolay uyum sağladığı dizel motorları icad eden kişi olan Rudolf Diesel (1858-1913) bu tür modern yakıtların petrol ve kömür kadar değerli olduğunun altını çizmiştir. Ancak 1900'lü yıllar, petrolden üretilen sıvı yakıtların nebati yakıtlara nazaran daha ucuz olmasından dolayı yaygınlık kazandığı bir dönem olmuştur. XX. yüzyılın genelini kapsayan bu durum 1970'li yıllarda yaşanan petrol kriziyle birlikte yön değiştirmiştir. Özellikle 1990'lardan sonra Fransa'da biyoyakıt kullanımı artmış ve araba üreten firmalar konvansiyonel yakıtlarına biyoyakıt karıştıracak şekilde sistemlerini geliştirmişlerdir. 2000'lerde ise dünya genelinde çok sayıda biyoyakıt üreten tesis açılmıştır²⁰⁹.

3.6.2.3. Gaz Biyokütle Enerjisi (Biyogaz)

Son yıllarda gelişen gazifikasyon teknolojileri, biyokütleden ekonomik anlamda makul düzeylerde enerji üretimini mümkün hale getirmiştir. Prensip olarak katı materyal olan biyokütle anaerobik (oksijensiz) fermantasyonla gaz haline dönüştürülür. Fermantasyon esnasında ortaya çıkan % 60-70 oranlarındaki metan gazı (CH₄) biyogazın temel maddesidir. Reaksiyon sonucu oluşan ve biyogazın yapısına katılan diğer bileşenler ise % 30-40 oranlarında karbondioksit (CO₂) ve düşük oranlarda azot (N), hidrojen (H) ve

²⁰⁸ Thomas D. Foust, Kelly N. Ibsen, David C. Dayton, J. Richard Hess, Kevin E. Kenny, "The Biorafinery", *Biomass Recalcitrance, Deconstruction the Plant Cell Wall for Bioenergy*, Michael E. Himmel (Ed.), Blackwell Publishing LTD., USA, 2008, p.11

²⁰⁹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, pp.59-61

hidrojen sülfür (H₂S)'dür. İdeal biyogaz üretimi için su algleri üzerinde yürütülen çalışmalar ortalama 300 L/kg başına % 60-70 oranında metan gazı ve 6600 ile 7200 cal arasında enerji içerdiğini göstermektedir²¹⁰.

Gelişen biyorafineri teknolojisinin sunduğu bir diğer gazlaştırma tekniği de ‘‘Proliz’’ reaksiyonlarıdır. Proliz reaksiyonları, kimyasal tepkimeler olup katı biyokütleyi sentetik yapıdaki gazlara dönüştürürler²¹¹. Evsel, endüstriyel ve belediye atıklarının genellikle gazlaştırma teknolojisiyle tüketilmesinin yanında şehir atıklarından olan kanalizasyon sularından da gazlaştırma yapılarak enerjiye dönüşüm mümkündür. Yüksek verimliliği ve türbin sistemlerine uygun yakıt olması gibi özellikler biyogazların elektrik üretimine yönelik kullanılmalarını sağlamaktadır.

3.6.3. Biyokütle Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Biyokütleden elde edilen enerjinin kullanışlı olabilmesi için öncelikle maliyetinin düşük olması ve mevcut üretim kapasitesinin günümüzdeki ihtiyacı karşılayabilecek düzeyde olması gerekmektedir. Bu nitelikler prensip olarak sürdürülebilir ekonomik kalkınma ve kesintisiz enerji arzı için zaruri değer taşımaktadır. Nitekim XXI. yüzyılda sahip olduğumuz teknoloji ve bilimsel tecrübeler, bitkisel biyokütleden kısa zaman periyodunda elde edilen biyoyakıtların dizel motorlarda alternatif kaynak olarak tercih edilebilmesi imkanını sunmaktadır²¹².

Dünya çapında biyokütleden üretilen biyoyakıtların kullanımı hızla artmaktadır. Özellikle OECD'ye üye ülkelerde, Avrupa Birliği'nde, Amerika, Çin, Hindistan, İtalya, Japonya ve Brezilya gibi birçok bölgede ekonomik alanda katkı yapan biyoyakıtlar 2000 yılından sonra etkili olmaya başlamışlardır. Uluslararası alanda biyoyakıtların maliyetleri karşılaştırılarak rekabetçi olma dereceleri ölçülürken içerdikleri enerji miktarları göz önünde bulundurulmaktadır. Buna göre üretilen biyogaz maliyetleri günümüzde 2

²¹⁰ Felix A. Farret and M. Godoy Simoes, *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006, pp.204-206

²¹¹ Thomas D. Foust ve Diğerleri, ‘‘The Biorafinery’’, *Biomass R.*, 2008, p.10

²¹² Jon Van Gerpen, ‘‘Biodiesel: Small Scale Production and Quality Requirements’’, *Biofuels, Methods and Protocols*, Jonathan R. Mielenz (Ed.), Humana Press, USA, 2009, p.281

\$/MBTU (1,89/GJ) seviyesine kadar düşmüştür. Bir başka deyişle enerji üretimine yönelik yetiştirilen biyokütlenin tonu (kurutulmuş) 38 \$ civarındadır²¹³.

Tablo 2.10: Dünya Toplam Biyokütle Arzı Bölgesel Dağılımı / 2007

BÖLGE	BÖLGESEL PAYI (%)
Eski Sovyet Cumhuriyetleri	0,8
Çin	17,3
Asya	30,9
Ortadoğu	0,1
OECD'ye Üye Olmayan Avrupa Ülkeleri	0,6
OECD Ülkeleri	14,1
Afrika	27,1
Latin Amerika	9,1

Kaynak: IEA-International Energy Agency, Renewables Information 2009, s.4

2000-2005 döneminde Amerika'da etanol üretimi yılda % 30 oranında artarken, Almanya'da aynı dönemde biyodizel üretimi % 40-50 oranlarında artmıştır. Avrupa'da geniş yayılma gösteren biyoyakıtların, fosil kökenli petrol ürünlerinin zamanla azalmasına ve böylece enerjide dışa bağımlılığın ve yüksek tutarlarda ithalatının gerilemesine katkıda bulunabileceği düşünülüyor. Ayrıca biyoyakıt üretiminin ve mevcut teknolojinin gelişmesi fiyatların da düşmesini sağlamaktadır. Bugün İngiltere'de biyoyakıtlar, petrolden elde edilen yakıtlara oranla daha ucuzdur. Amerika'da ise daha pahalı olmasına rağmen, fiyatları düşme eğilimindedir²¹⁴.

Biyoyakıt fiyatlarının günümüzde düşüş sergilemesinde hükümetlerin ve politika yapımcıların da önemli rolü bulunmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun hazırladığı enerji taslağı çerçevesinde 92/81/EEC sayılı direktif gereğince üye ülkelerin piyasalarına sürdüğü biyoyakıtın 31 Aralık 2005'tarihinden itibaren ulaşım amaçlı satılan benzin ve dizelin % 2'si oranında olmasını 2010'dan itibaren ise bu oranın % 5,75'e çıkacağını belirtmektedir. Yine 92/81/EEC sayılı direktif gereğince biyoyakıtların cazip hale gelmesini sağlamak amacıyla ürünler üzerinden alınan ÖTV gibi vergilerin düşürülmesi öngörülmektedir²¹⁵.

²¹³ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.100

²¹⁴ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, pp.67,79

²¹⁵ Hürrem Cansevdi (Ed.), *Avrupa Birliği'nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye'nin Uyumu*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayınları, İstanbul, Aralık 2004, ss.29-31

Biyogazdan elektrik üretimi 1990 yılında 3,6 TW/h civarlarında iken 2007 yılında 28,5 TW/h'e ulaşmış durumdadır. Mevcut üretimin % 65,8 gibi büyük bir bölümü OECD'ye üye Avrupa ülkelerinde gerçekleşmiştir. Ülke bazında ise biyogazdan elektrik üretiminde Almanya 8,5 TW/h'la (% 29,9) ilk sırada yer alırken Almanya'yı 7,4 TW/h'le Amerika izlemektedir. OECD bölgesinde biyoyakıttan elektrik üretiminde ise Almanya % 2,9 TW/h ile en büyük paya sahip dünya genelinde sıvı biyokütleden üretilen toplam elektrik 3,6 TW/h'tir. Katı biyokütle üretim ve tüketiminde (odun ve odun atıkları ağırlıklı) en büyük pay % 85,9 ile gelişmekte olan Güney Asya ve Afrika ülkelerine aittir²¹⁶.

Biyoenjerji kullanımının ekonomiye yaptığı katkılar ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, doğrudan istihdam yaratması bakımından da büyük önem taşımaktadır. Avrupa ülkelerinden Avusturya enerji ihtiyacının % 30'unu yenilenebilir kaynaklardan karşılamakta olup biyokütle kullanım oranı % 14'tür. Yalnız teknoloji ihracatında dahi 1,6 milyar Euro piyasa değerine ve 4,500 kişiye istihdam sağlama potansiyeline sahiptir²¹⁷. Aynı şekilde biyokütle kullanımının yaygın olduğu Çin'de yemek pişirme ve ısınma amaçlı kurulan 5 milyondan fazla küçük ölçekli tesis yaklaşık 25 milyon insan tarafından işletilmektedir²¹⁸.

Üretimin daha çok firma tarafından gerçekleştirilmesi mevcut rekabet ortamının artmasına ve bu sebeple maliyetlerin düşmesine neden olmaktadır. Kar yapısı açısından incelendiğinde ise maliyetlerin düşmesi talebin artmasına ve dolayısıyla sektör karının artmasına yol açarken benzer şekilde firmalar bazında da karlılığın artmasına imkan verebilmektedir. Sektördeki istihdamın artması işçilik maliyetlerinin de düşmesine ve dolayısıyla enerji fiyatlarında ucuzlama fırsatı doğurabilir.

3.6.4. Biyokütle Enerjisinin Çevresel Etkileri

Yenilenebilir enerji teknolojileri vasıtası ile her geçen gün gelişme gösteren biyokütlesel kaynaklar XXI. yüzyılda karşı karşıya olduğumuz problemlerin de çözümüne

²¹⁶ IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, *Renewables Information*, 2009, ss.4,8

²¹⁷ Lackie Jones (Ed.), *Renewable Energy World Magazine*, Volume 12, Number 1, January-February, 2009 p.104

²¹⁸ Engin Ural (Proj. Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık, 2006, s.149

katkı sağlamaktadır. Spesifik özelliklere sahip biyokütle enerjisi küresel iklim değişikliği ve sera gazı salınımlarının azaltılmasında etkili olmaktadır²¹⁹. Yanma reaksiyonu sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazı yenilenen bitki örtüsü tarafından geri emildiğinden doğada mevcut olan karbon döngüsü sistemi dengede kalabilmektedir. Bu açıdan biyokütle enerjisi alternatif ve temiz bir enerji kaynağı sayılmaktadır.

Kyoto Protokolü'nün getirdiği yükümlülükler çerçevesinde Avrupa Birliği karbondioksit ve diğer sera gazlarının emisyon değerini % 8 oranında azaltarak 1990'lı yıllardaki seviyelere indirmeyi taahhüt etmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla uygulamış olduğu politikalarından biri de süreklilik arz eden ve kirliliğe sebep olmayan biyokütle kaynaklarının özellikle Batı Avrupa'da yaygınlaştırılması ve enerji ormancılığına dönüştürülmesidir. Birliğin 2010 yılı hedefi biyokütleden elde edilen enerji miktarını 3 misline çıkarmaktır²²⁰.

Enerji ormancılığının yüksek düzeydeki hedefleri, orman ekosisteminin kendini kısa vadede yenileyemeyerek önemli ölçüde tahrip olmasına sebebiyet verebilir. Çok sayıda ağacın kesimi ve yerine enerji üretimine uygun ağaçların dikimi, ekosistemdeki canlıkütle çeşitliliğinin azalmasına ve tabiatın doğal dengesinin bozulmasına yol açabilir.

Sıvı biyoyakıtların büyük miktarlarda üretilmesi halinde ortaya çıkan alkol, sıvı atıklar ve bazı gaz emisyonlarından oluşan reaksiyon ürünleri su kaynaklarının ve havanın kirlenmesine yol açarak çevresel ve insan sağlığını etkileyen olumsuz sonuçlar doğurabilir. Sıvı atıkların bünyesinde bulunan yüksek oranlı asit, alkali, fenol ürünleri ve çeşitli enzimler doğal su rezervlerinin kalitesinde düşmeye sebep olurlar. Aynı şekilde biyoenerji kaynakları soluduğumuz kent havasında bulunan formaldehitleri artırırken, kirli sisin oluşumunda etkili olan nitrojen oksit yayarlar. İnsanlarda solunum hastalıklarına yol açan bu durum ağırlıklı olarak küçük çocuklar üzerinde etkilidir²²¹.

²¹⁹ Robert Williams, Stephen Karakezi, Jyoti Parikh and Chihiro Watanabe (Ed.), *The Outlook for Renewable Energy Technologies, Working Paper Number 14*, Prepared by the Scientific and Technical Advisory Panel (STAP) of the Global Environment Facility (GEF), USA, 1998, p.20

²²⁰ *Discussion Papers on Sustainable Forest Management No:2*, Sustainable Development and Biofuel Use as a Way Towards the Kyoto Protocol Implementation, United Nations Publication, 2005, pp.9-10

²²¹ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, p.105

Biyoenerjinin kullanımına olan talebin artması beraberinde üretim için yeni sahaların açılması ihtiyacını da getirecektir. Bu durum enerji üretimine ayrılan verimli tarımsal alanların artmasına, gıda amaçlı üretime ayrılan tarımsal alanların ise azalmasına sebep olabilir. Ayrıca üretimin geniş bir sahaya yayılması, vahşi yaşam alanlarının ve mikro organizmaların doğal ortamlarının bozulmasında etkin rol oynamaktadır²²².

Biyoyakıtların üretimi ve motorlarda kullanılması aşamalarında meydana gelebilecek olası riskler açısından değerlendirildiğinde petrol türevi kaynaklara nazaran daha güvenlidirler. Yapılarında patlayıcı özelliğe sahip gazlar bulundurmalarına rağmen tutuşma sıcaklıkları biyoyakıtlarda 128 °C'dir. Petrolden üretilen dizel yakıtların ise 58 °C olup daha yüksek tehlike unsuru içerirler²²³.

Modern çevrim teknolojileri ile üretim yapılırken yan ürün olarak gübre, hidrojen gazı (H₂) ve bazı toprak katkıları ortaya çıkar²²⁴. Bu yan ürünler çevre tahribatına neden olmadığı gibi başta tarımsal alanlar olmak üzere farklı amaçlarla değerlendirilebilir. Örneğin, oluşan hidrojen gazından enerji sektöründe ekonomik olarak yararlanabilmek mümkündür.

3.7. Okyanus (Deniz Kökenli) Enerjileri

Geleceğin artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için düşünülen alternatif kaynaklardan bir tanesi de okyanuslardır. Yer kürenin dörtte üçünü kaplayan su tabakasının oluşturduğu okyanuslar oldukça geniş bir alana yayılmış olup muazzam düzeyde enerji potansiyeline sahiptirler. Okyanuslardan elde edilebilen başlıca enerji türleri; dalga enerjisi, gel-git enerjisi ve okyanus sıcaklık farklılıklarından yararlanılarak üretilen enerjidir.

Temel prensip okyanusların içerdiği enerjiyi çeşitli düzenekler yardımıyla mekanik enerjiye çevirerek elektrik jeneratörlerine iletmektir. Böylece üretilen elektrik enerjisinin nakil hatları vasıtasıyla tüketicilere ulaştırılabilmesi hedeflenmektedir. Okyanus kaynaklı

²²² *Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass*, Technological Status Costs and Environmental Impacts, The National Academies Press, USA, 2009, pp.52-53

²²³ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, p.78

²²⁴ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, p.236

enerji çeşitleri üzerinde uzun yıllar boyunca sürdürülen araştırmalar mevcut potansiyelden teknik olarak yararlanmanın mümkün olduğunu fakat ekonomik anlamda uygun olmadığını göstermiştir²²⁵.

3.7.1. Gel-Git Enerjisi

Dünyanın uydusu konumunda bulunan ayın ve güneşin yer çekimi kuvvetinden doğan etki ile okyanusların yüzey sularının normal konumundan yükselmesi ve bir süre sonra tekrardan alçalması olayına gel-git denilmektedir²²⁶. Bu kendiliğinden gerçekleşen doğa olayından yararlanılarak üretilen enerjiye de gel-git enerjisi denilmektedir. Gel-git hareketleri yer kürenin, güneşin ve kendi eksenini etrafında dönmesi nedeniyle belirli zaman aralığında periyodik olarak tekrarlandığından süreklilik arz eden bir kaynaktır.

Tarihte bilinen ilk gel-git enerjisi değirmenleri 537 (M.S) yılında Romalılar tarafından işletilmiştir²²⁷. Bugünkü şekli ile modern gel-git enerjisi üreten santraller XVII. yüzyılda Sir Isaac Newton (1642-1727) tarafından bilimsel temele oturtulan çekim yasasına dayanmaktadır. Kuram çerçevesinde ayın ve güneşin birbirine olan açıları sebebiyle farklı çekim kuvvetleri oluşmakta, bu nedenle de düşük ve yüksek medcezirler yaşanmaktadır²²⁸.

Gel-git hareketlerinden temel olarak iki yöntemle enerji üretmek mümkündür. Bunlar gel-git barajları ve gel-git akıntısı değirmenleridir. Gel-git barajları klasik bir teknik olup % 35'lere varan verimle çalıştırılabilmektedir. Hidroelektrik santrallerinin barajları ile benzerlik gösterip deniz seviyesi yükseldiğinde baraj kapakları açılır ve suyla dolması sağlanır. Sular tekrar alçaldığında ise depolanan su denize geri verilirken türbinler

²²⁵ R. H. Charlier and C. W. Finkl, *Ocean Energy, Tide and Tidal Power*, Springer Science and Business Media LLC. Publications, Germany, 2009, p.1

²²⁶ Jesse S. Doolittle, *Energy, A Crisis - A Dilemma or Just Another Problem ?*, Matrix Publishers, USA, 1977, p.164

²²⁷ J. C. McVeigh, *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Press, UK, 1984, p.204

²²⁸ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, s.294

vasıtasıyla elektrik elde edilir. Bu şekilde gün içerisinde 4-5 saat civarında üretim yapabilmek mümkündür²²⁹.

Bir diğer enerji üretim metodu da gel-git değirmenleridir. Yüzyıllardır basit yapılı mekanik işlerde yararlanmak amacıyla Avrupa'nın Atlantik kıyılarında ve Kuzey Amerika'da kullanılmıştır²³⁰. Fakat bu sistem fazla verimli olmadığı için bilim insanları tarafından önerilmemektedir. Son yıllarda geliştirilen yeni bir sistem olan gel-git türbinleri ise geliştirilme aşamasındadır. Rüzgar türbinlerine benzer bir yapı sergileyen bu sistem genellikle medcezir akıntılarının yoğun olduğu adalar arasında veya bir ana kara ile bir ada arasında inşa edilerek elektrik üretilmektedir.

Günümüzde gel-git enerjisi üretimi için kurulan çok sayıda deneysel ve ticari amaçlı tesis bulunmaktadır. Bunlardan en büyüğü halen Fransa'nın Brittany bölgesinde işletilmekte olan La Rance nehri üzerinde kurulu 240 MW gücündeki santraldir. Bunun dışında Avustralya, İskoçya ve İngiltere'de deneysel amaçlı sistemler kurulmuştur²³¹. Gel-git enerjisi üretimi amacıyla kurulan santraller fosil santrallere göre yüksek yatırım maliyetleri gerektirmekte olup deniz kıyısında zor bölgelerde inşa edilmektedir. Bu durum enerji üretim maliyetlerini arttırarak ekonomik cazibesini düşürmektedir.

3.7.2. Dalga Enerjisi

Okyanuslardan enerji elde etmenin bir başka yolu da dalgaları kullanmaktır. Dalgaların sahip olduğu potansiyel enerji su damlacıklarının çembersel hareketi ile kinetik enerjiye dönüşmektedir. Deniz ve okyanuslarda dalga oluşumuna sebep olan faktörler rüzgarlar, gel-git olayı ve deniz diplerinde yaşanan çökmeler ile depremler olup teknik olarak enerji üretimine imkan veren rüzgarların sebep olduğu dalgalardır²³².

²²⁹ Edward S.Cassedy, *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000, s.195

²³⁰ Cynthia Pollock Shea, *Worldwatch Paper 81, Renewable Energy Today's Contribution Tomorrow's Promise*, Lester R. Brown (Dir.), Worldwatch Institute Publications, January 1988, p.15

²³¹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, p.297

²³² Demir İnan, "Denizlerdeki Enerji", *Bilim ve Teknik Dergisi*, Haziran 1996, ss.72-73

Rüzgarların sebep olduğu dalgaların esas kaynağı güneştir. Bu durumda dalga enerjisi, güneş enerjisinin farklı bir boyutu olarak ele alınabilir. Yeryüzündeki okyanuslar ve denizler dikkate alındığında üretilebilmesi mümkün dalga enerjisi potansiyeli $2,7 \times 10^{12}$ W civarlarındadır. Periyodik dalga hareketlerinden yararlanılarak enerji üretilmesi fikri yeni olmayıp yaklaşık 200 yıl kadar öncesine dayanmaktadır. 1799 yılından beri pek çok mekanik üreteç patenti alınmış olmakla birlikte direkt elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalar XX. yüzyılda Amerika'nın California ve San Francisco eyaletlerinde sürdürülmüştür²³³.

Günümüzde modern tekniklerle geniş ölçekli elektrik üretimi yapabilen tek santral vardır. Wavegen adlı firma tarafından İskoçya'nın batı sahillerinde bulunan Islay adasında inşa edilen santral 500 kW güç üretebilme kapasitesine sahiptir. Mevcut dalga-elektrik enerjisi dönüşüm sistemlerinin en büyük dezavantajı hidrolik ve gel-git kaynaklarında olduğu gibi kesintili yapıya sahip olmasıdır. Özellikle hava olaylarından büyük ölçüde etkilenen sistem üzerine İngiltere'de sürdürülen ölçümler 1-4 saat gibi kısa zaman aralıklarında dalga enerjisinin oldukça farklı değerler gösterdiğini ortaya koymuştur²³⁴.

Yapısal bazı problemler okyanus ve deniz dalgalarından ekonomik olarak enerji elde edilmesine imkan tanımamasına rağmen dalga enerjisinin avantajlı olduğu durumlarda mevcuttur. Fosil kaynaklar yakıt veya ısı enerjisi olarak tüketildiklerinde, elektrik enerjisine dönüşümlerine oranla daha az teknik gerektirirler ve daha az çevrim kaybı söz konusudur. Dolayısıyla fosil kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi dalga enerjisinden direkt dönüşüm sistemi kadar verimli olamamaktadır. Bugün için elektrik enerjisi ihtiyacının artmakta olması dalga kaynaklarının avantajlı pozisyonlarını korumalarına neden olmaktadır²³⁵.

²³³ R. H. Charlier and C. W. Finkl, *Ocean Energy, Tide and Tidal Power*, Springer Science and Business Media LLC. Publications, Germany, 2009, p.8

²³⁴ IEA-International Energy Agency, *Empowering Variable Renewables*, Options for Flexible Electricity Systems, OECD/IEA Publications, France, 2008, pp.11-14

²³⁵ Hermann Scheer, *Energy Autonomy*, The Economic, Social and Technological Case for Renewable Energy, Published by Earthscan, UK, 2007, p.61

3.7.3. Okyanus Termik Enerjisi

Okyanuslar, güneşten gelen radyasyon enerjisini büyük miktarlarda absorbe ederek depolarlar. Böylece okyanusların pek çok bölgesinde yüzey suları ile derinliklerinde farklı sıcaklık değerleri oluşur. Meydana gelen sıcaklık değerleri arasındaki fark yüksek olmamakla birlikte enerji üretimi için yeterli potansiyel içermektedir.

“Okyanus Isı Enerjisi Çevrimi” sistemi (OTEC) ilk olarak Fransız biyofizikçi Jacques Arsene d’Arsonval (1851-1940) tarafından 1881 yılında keşfedilmiştir²³⁶. Bilinen başarılı şekilde enerji üretim kabiliyetine sahip ilk tesis ise 1929 yılında Fransız mühendis Georges Claude tarafından kurulmuştur. Küba sahilinde inşa edilen sistem 22 kW gücünde olmakla birlikte günümüzde kullanılan modern santrallerdeki teknikle aynıdır²³⁷.

Okyanus yüzey suları ile dip suları arasındaki sıcaklık farkı 20 °C’ lere kadar çıkabilmektedir. Farklı sıcaklık derecelerine sahip deniz sularından yararlanılarak enerji üretimi temel olarak termodinamik yasalarına dayanmaktadır. Üretim aşamasında kullanılan açık, kapalı ve hibrid sistemler mevcut olup ekonomik açıdan ideal sayılabilmesi için 15 °C ve üstü sıcaklık farkı değerlerinin yakalanması gerekmektedir.

Kaynağını güneş ışınlarının oluşturduğu okyanus sıcaklıkları farkından üretilen enerji (OTEC) tropikal bölgelerde daha yoğun şekilde görülmektedir. Yapılan istatistikler bu bölgelerde okyanus katmanları arasında biriken günlük enerjinin kilometre kare başına 2,700 varil eşdeğeri petrol olduğunu ortaya koymaktadır. 1973 petrol krizinden sonra OTEC santrallerinin gündeme gelmesinin ardından 1981 yılında Japonlar tarafından Nauru’da 31,5 kW/h elektrik üreten tesis ve 1993’te Hawaii’de net 50 kW/h enerji üreten prototip kurulmuştur. Mevcut sistemler ortalama % 97 verimle çalışmasına rağmen teknik zorluklar nedeniyle yüksek maliyetlidirler²³⁸.

²³⁶ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, p.290

²³⁷ Jesse S. Doolittle, *Energy, A Crisis - A Dilemma or Just Another Problem ?*, Matrix Publishers, USA, 1977, p.167

²³⁸ R. H. Charlier and C. W. Finkl, *Ocean Energy, Tide and Tidal Power*, Springer Science and Business Media LLC. Publications , Germany, 2009, pp.13-14

3.7.4. Okyanus Enerji Sistemlerinin Çevresel Etkileri

Okyanus enerjisinden yararlanılmak üzere geliştirilen teknolojiler diğer fosil kaynaklara oranla doğal çevreyi korumak adına daha duyarlıdır. Özellikle okyanus sıcaklık farklılıklarından üretilen enerji sistemleri olan OTEC'lerin etkileri oldukça sınırlıdır. Kapalı devre OTEC'lerde kullanılan kaynama noktası çok düşük amonyak, sistem içerisinde devamlı sirkülasyon yaptığından deniz suyuna veya atmosfere karışmaz. Açık devre OTEC'lerde ise fosil kaynaklı elektrik santrallerinde üretilen karbondioksitin sadece yüzde 1'i oranında gaz salınımı söz konusudur. Bunun dışında küresel ısınmaya sebebiyet verecek herhangi bir CO, NO₂ ve SO₂ gaz emisyonları üretimi söz konusu değildir²³⁹.

Gel-git hareketlerinden enerji üretimi yapan santrallerin civar bölgelerinde, deniz suyu sıcaklıklarında düşük seviyeli değişimler gözlemlenirken deniz canlılarının yaşamı da olumsuz etkilenmektedir. Özellikle kıyı şeridindeki balık popülasyonu, kaplumbağalar ve deniz memelileri öncelikli etkilenen canlılar grubunda yer almaktadırlar. Dönen türbin kanatları fiziksel çarpışmalar sonucunda hasar görürken hayvanların da yaşamlarını yitirmelerine sebep olabilmektedir. Ayrıca düzenli bir şekilde inşa edilerek işletilmeyen

gel-git santral barajları dere ve nehirlerin önünü keserek denizlere akışına engel olduğundan sel taşkınlarına neden olmaktadır²⁴⁰.

Gel-git enerjisi üretmek için inşa edilen barajların bir diğer olumsuz çevresel etkisi de, kış aylarında yaşamlarını sürdürmek için yuvalanan ve sıcak mevsimlerde göçebe olarak gelen kuşların doğal beslenme alanlarının sular altında kalması sebebiyle ölmeleridir. Bu durum kuşların yaşamını etkilediği gibi aynı zamanda verimli bazı tarımsal alanların da kullanılamaz hale gelmesinde etkili olmaktadır. Okyanus dönüşümlü enerji sistemlerinin inşa edilmeden önceki mevcut biyo-ekosistemi bozduğu saptanmıştır. Santrallerin, kurulduğu bölgede kimyasal modifikasyonlara sebebiyet vererek su altı yaşamını özellikle de fauna ve flora gibi bitki örtülerini tehlikeli boyutlarda tahrip ettiği bilinmektedir²⁴¹.

²³⁹ Neil Schlager and Weisblatt (Ed.), *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006, pp.293, 298

²⁴⁰ Stan Gibilisco, *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies, USA, 2007, p.201

²⁴¹ R. H. Charlier and C. W. Finkl, *Ocean Energy, Tide and Tidal Power*, Springer Science and Business Media LLC. Publications, Germany, 2009, p.154

BÖLÜM III

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI VE YAPILAN SWOT ANALİZLER

Çalışmamızın son bölümünde ise, Türkiye'nin genel enerji durumu, enerji politikalarının tarihsel süreç içerisindeki gelişimi ve alternatif enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine olan katkısı incelenmektedir.

Son yıllarda giderek popüler hale gelen ve dünya genelinde yaşanan gelişmelere paralel bir şekilde Türkiye'de de yatırım ihtiyacı duyulan alternatif enerji sektörünün ülke ekonomisinde yarattığı katma değer SWOT Analiz metodu ile ele alınmaktadır.

1. TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Günümüzde enerji stratejik bir kavram olmanın yanında gelişmişlik düzeyini mukayese etmekte tercih edilen bir yöntem haline almış durumdadır. Toplumların tükettiği toplam enerji, kişi başına düşen miktarlara bölünerek birim değerler elde edilir ve diğer ülkelerle karşılaştırılır. Bu şekilde elde edilen sonuçlar, kalkınmışlık düzeyi ile bireysel enerji tüketimi arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin kişi başına enerji tüketim değerleri hızla artış göstermektedir. Cumhuriyetin kurulduğu 1923 yılında 3,3 kWh olan bu değer, 2008 yılına gelindiğinde 2,773 kWh'e kadar yükselmiştir. Avrupa ülkelerinde ortalama bireysel enerji

tüketiminin 6,500 kWh olduğu göz önünde tutulduğunda Türkiye'nin halen Avrupa'nın gerisinde seyrettiği açık bir gerçektir²⁴².

XX. yüzyılın ikinci yarısından itibaren geçerlilik kazanan “daha çok üretim” ve “daha çok tüketim” ilkesine dayanan kapitalist sistem, enerji talebini körükleyen rekabet anlayışının da temellerini atmıştır. Enerji mücadelesi veren modern toplumlar bu tutumlarının neticesinde mevcut kaynakların azalma sürecini hızlandırdıkları gibi çevresel tehlikelerin boyutlarını da genişletmiş oldular. Nitekim XXI. yüzyıldan itibaren batılı toplumlardan başlayan “post modern” yaklaşım enerjiye olan bakış açısını değiştirmiştir. Mevcut rezervleri verimli bir şekilde kullanarak tasarruf sağlamak ve sürdürülebilir enerji arzını güvence altına almak temel prensip halini almıştır²⁴³.

Bugün geçerli olan görüş, başarılı bir sürdürülebilir kalkınma için uygulanması gereken politikaların bütününe ifade etmektedir. Türkiye'nin içinde bulunduğu enerji darboğazı ve toplam tüketiminin büyük bölümünü dış kaynaklardan ithal etme yöntemiyle karşıyor olması sürdürülebilir kalkınma adına izlediği politikaların çok da başarılı olmadığını ortaya koymaktadır. Dünya genelinde ve Türkiye'de enerji politikalarının belirlenmesinde rol oynayan diğer etkenleri özetle üç başlık altında toplamak mümkündür.

- i. Petrol ve doğalgaz gibi birincil enerji kaynaklarının azalması ile yakın bir gelecekte yaşanması muhtemel enerji darboğazının etkilerini hafifletebilmek amacı ile bölgesel enerji rezervlerini etkili ve verimli bir şekilde kontrol etmek gerekir²⁴⁴. Türkiye sahip olduğu coğrafi konumun sunduğu avantajları uzun vadeli bakış açısıyla değerlendirerek zengin yeraltı kaynaklarına sahip komşu ülkelerle olan enerji politikalarını güçlendirmelidir.
- ii. Tüm dünyada etkisini gösteren ekonomik küreselleşme altında enerji sektörlerinin serbestleştirilmesi ve kamusal enerji kurumlarının özelleştirilerek şeffaf pazar

²⁴² T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Türkiye Elektromekanik Sanayi Genel Müdürlüğü (TEMSAN), *2008 Sektör Raporu*, s.1

²⁴³ Muammer Tuna, “Enerji, Çevre ve Toplum”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası “II. Çevre ve Enerji Kongresi”, *Bildiriler Kitabı*, 15-17 Kasım 2001, İstanbul, ss.89-90

²⁴⁴ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, “Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları”, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES'2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.13

yapısının oluşturulmasıdır. Bu bakımdan Türkiye, enerji üretim ve dağıtımını serbestleştirmek amacıyla Şubat 2001 tarihinde ‘‘Electricity Market’’ kanununu kabul ederek yürürlüğe koymuştur. Böylece enerji piyasalarında rekabet ortamı sağlanmış olmakla birlikte üretici ve tüketicilerin haklarının ve gümrük vergilerinin güvenlik altına alınması sağlanmıştır²⁴⁵.

Yaygın olan görüşün aksine sektörde üretici hakları ve rekabet ortamı sağlıklı bir şekilde yürütülmeye başlanılmış olmasına karşın, tüketici ve emekçi sınıfının hakları sağlam temellere oturtulamamıştır. Genel olarak tüketiciler piyasa koşullarının etkisine direkt olarak maruz bırakılırken, sendikalaşmadaki yetersizlik ve taşeron kavramının yaygınlaşması emekçi sınıfını olumsuz bir şekilde etkilemektedir.

iii. İlk defa 1970’li yıllardan sonra gündeme gelmeye başlayan çevresel tahribat konusu da enerji politikaları çerçevesinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir. Küresel ısınmaya sebebiyet veren sera gazları salınımının % 80’ini oluşturan enerji üretiminin, 1992 yılında yapılan ‘‘Çevre ve Kalkınma Konferansı’’ nda alınan kararlar neticesinde tehlike yaratan unsurlarının azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda iklim değişikliği, hava kirliliği, asit yağmurları ve atık yönetimi ön plana çıkmaktadır²⁴⁶.

Ekonomik büyümenin sağlıklı bir biçimde sürdürülebilmesi mevcut enerji kaynaklarının verimli şekilde kullanılmasına ve mümkün olduğunca kaynak çeşitliliğine gidilerek enerji güvenliğinin sağlanmasına bağlıdır. 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin ardından dünya toplumları enerji yoğunluğu kavramı üzerine yoğunlaşmışlardır. Birim çıktı üretmek için kullanılması gereken enerji miktarı anlamına gelen ‘‘enerji yoğunluğu’’, azalan kaynakların ve artan enerji ihtiyacının dengelenmesi açısından büyük önem taşımaktadır²⁴⁷.

²⁴⁵ A. Beril Tuğrul, Nilgün Doğan Baydoğan, ‘‘Olası Alternatiflerle Enerji Kaynakları Değerlendirmesi ve Türkiye’’, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK_TMK), *Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, s.268

²⁴⁶ Cemalettin Demircioğlu, ‘‘Türkiye İçin Sürdürülebilir Enerji Çevre Politikaları’’, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara, 2003, ss.18-19

²⁴⁷ Nurdan Aslan ve Tahsin Yamak, ‘‘Türkiye’nin Enerji Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi’’, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt XXI., Sayı 1, Yıl 2006, s.55

Kaynak çeşitliliğini sağlamak adına ise konvansiyonel enerji kaynaklarının yanında alternatif enerji kaynaklarının da devreye girmesi gerekmektedir. Dünya toplam enerji ihtiyacının büyük bölümünü oluşturan birincil enerji kaynakları artık günümüzde güvenilirliğin ötesinde sebep olduğu çevresel sorunlar ve Kyoto Protokolü altında inşa edilen finansal bir sistem olan karbon piyasasında daha geniş paya sahip olabilmenin etkisiyle rağbet görmektedir. Bu nedenle zengin potansiyele sahip alternatif enerji kaynaklarını teşvik etmek amacıyla kapsamlı hükümet politikalarının yanında hukuki zemin yapısının oluşturulması gerekmektedir.

Dünya genelinde bugün itibariyle çok kısıtlı sayıda enerji tedarikçisi konumunda ülke vardır. Türkiye ise Avrupa Birliği gibi ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük bölümünü karşılamada dış kaynaklara bağımlı olan bir ülkedir. Bu nedenle birçok toplumu ortak etkileyen enerji güvenliği sorunu, uluslararası platformda uygulama alanı bulan çözüm stratejilerinin geliştirilmesine sebep olmuş ve Türkiye'nin de benimsemesi gereken politikaları ortaya koymuştur. Kararlaştırılan politikaların en kısa sürede hayata geçirilmesi, Türkiye'nin arz güvenliğini korumasına yardım edebileceği gibi alternatif kaynakların değerlendirilmesi ile enerji ithalatında azalma da sağlanabilecektir²⁴⁸.

Özetle, Türkiye'nin enerji sektörüne yönelik kısa, orta ve uzun vadeli planlamalarını yaparken sürdürülebilir kalkınma prensibini koruması gerekmektedir. Bunu sağlamak adına doğal kaynakları israf etmeden verimli yöneterek, ekolojik ve çevresel dengeyi bozmadan, arz kaynaklarını ve tedarikçilerini çeşitlendirerek alternatif kaynaklardan yararlanmaya yönelik yatırımlara ağırlık vermesi gerekmektedir²⁴⁹.

2. TÜRKİYE'NİN GENEL ENERJİ DURUMU

Genel değerlendirme itibariyle Türkiye, ihtiyacı olan enerji üretimini karşılayabilecek kadar yerli kaynaklara sahip bir ülke değildir. Özellikle günümüzde en yaygın kullanım alanı bulan birincil enerji kaynaklarından olan petrol ve doğalgaz açısından fakir bir ülkedir. Bu yüzden önemli miktarlarda ithalat yapmak durumunda

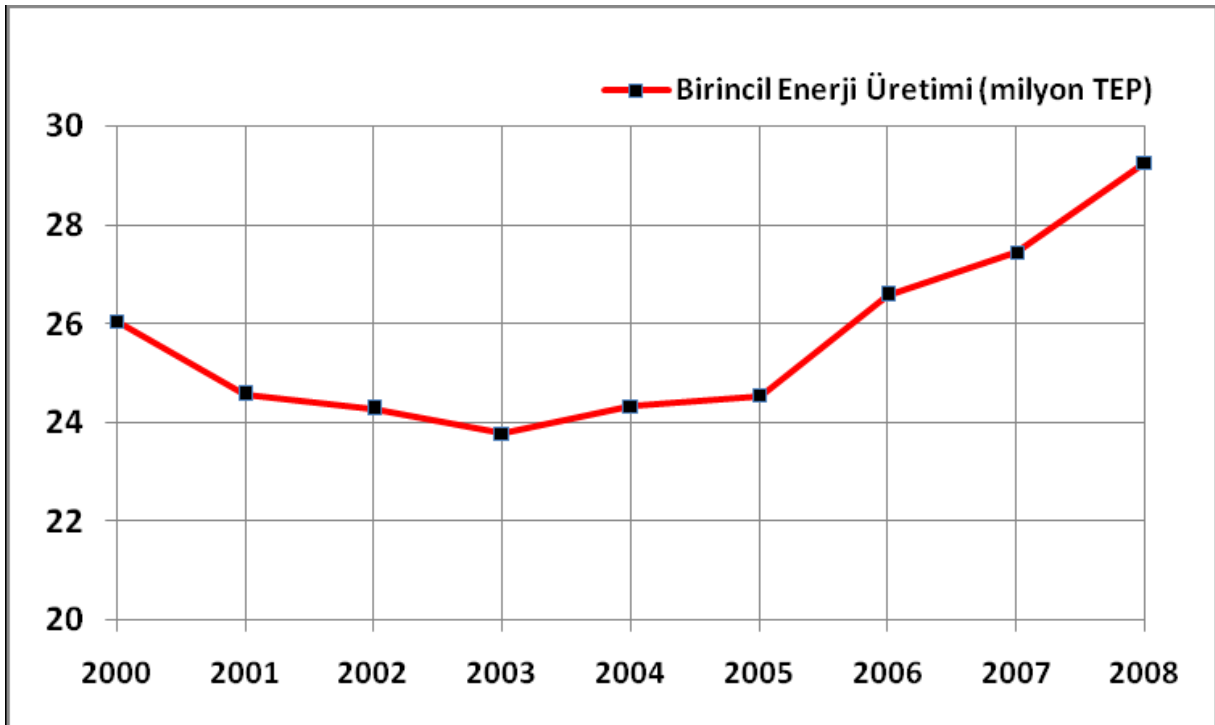
²⁴⁸ Batu Aksoy, "Enerjide Arz Güvenliği'nin Sağlanması ve Türkiye Enerji Stratejisi", *TÜSİAD Enerji Grubu Konferansı*; "Enerjide Arz Güvenliği: Politikalar ve Öneriler", 27 Aralık 2007, İstanbul

²⁴⁹ Selva Tüzüner, "Enerjide Çevrenin Rolü", *Türkiye'de Enerji ve Çevre Paneli*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), 29 Şubat 2008, İstanbul

kalmaktadır. Yerli enerji üretiminde öne çıkan başlıca kaynakları ise linyit kömürü ve hidrolik güçtür.

Türkiye, kalkınmakta olan toplumlar statüsünde yer alan bir ülke olup hızla artan nüfusunun ve gelişme gösteren ekonomisinin bir gereği olarak enerji talebinde de artış yaşanmaktadır. 1970 yılında Türkiye'nin birincil enerji kaynakları üretimi 14,5 Milyon TEP²⁵⁰ olarak ölçülürken bu değer 2000 yılına gelindiğinde yaklaşık 26 Milyon TEP ve 2008 yılında ise iki kat artarak 29 Milyon TEP olarak gerçekleşmiştir.²⁵¹.

Grafik 3.1: Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Üretimi (2000-2008)



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2010-2014), s.12

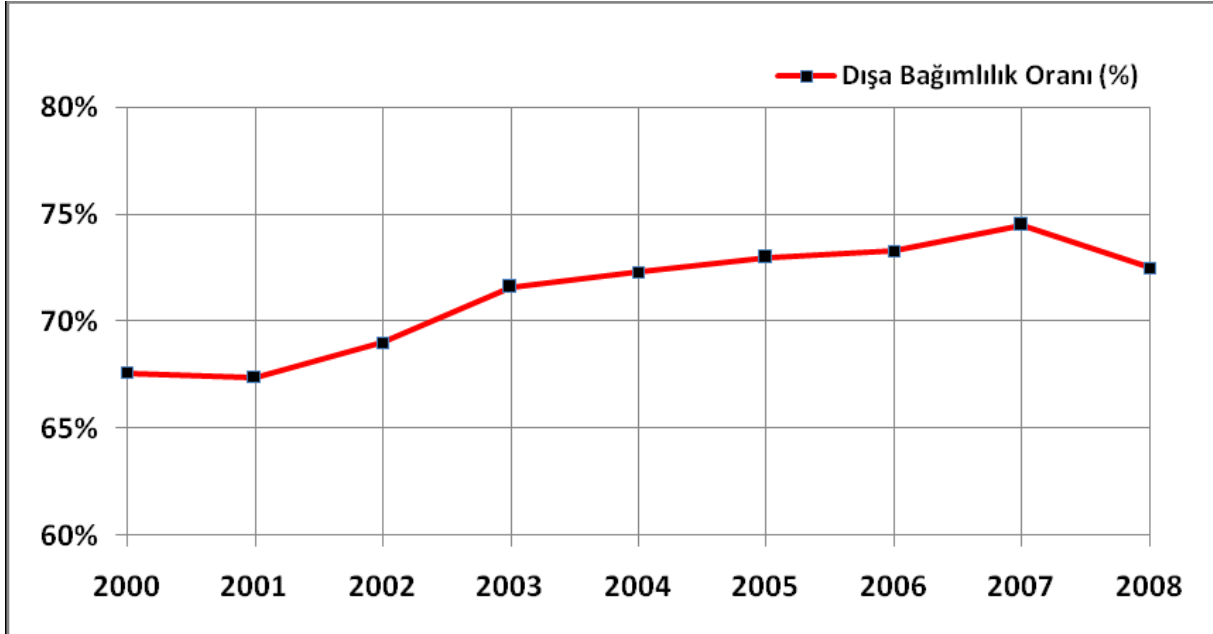
Yine aynı dönem içerisinde birincil enerji tüketimi, 1970 yılında 19 Milyon TEP iken 2008 yılında kadar geçen otuz sekiz senede yaklaşık beş kat artarak 108 Milyon TEP'e yükselmiştir. 2008 yılı verileri analiz edildiğinde enerji gereksiniminin % 73'lük kısmı

²⁵⁰ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, "Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, (UTES), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.13

²⁵¹ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Stratejik Planı (2010-2014), s.12

yabancı kaynaklardan ithal yöntemi ile karşılanmak zorunda kalınmıştır. İthal edilen kaynakları ağırlıklı olarak petrol ürünleri ve doğalgaz oluşturmaktadır.

Grafik 3.2: Türkiye’de Enerji Dışa Bağımlılık Oranları (2000-2008)



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı (2010-2014), s.13

Türkiye’nin 2008 yılı itibariyle üretimini yerli kaynaklarla karşılayamayıp dışarıdan ithal ettiği enerji değeri 85,357 bin TEP’dür. Enerji ithalat kalemleri içerisinde 36,681 bin TEP ile petrol ürünleri ilk sırada yer alırken diğer ithal edilen kaynaklar ise sırasıyla doğalgaz (34,013 bin TEP) ve katı kaynakları oluşturan kömür türleridir (14,595 Bin TEP).

Türkiye, tüketilmek üzere büyük miktarlarda enerji ithalatı yapan bir ülke olmasının yanında kısıtlı miktarlarda da olsa enerji ihracatı yapabilmektedir. 2008 yılında gerçekleştirilen ihracat değeri 7,183 bin TEP civarlarındadır. En çok ihraç edilen enerji türleri ise 6,688 bin TEP ile petrol ürünleri ve 399 bin TEP ile doğalgazdır²⁵².

²⁵² 2008 Yılı Genel Enerji Dengesi, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Web Sitesi, <http://www.enerji.gov.tr>, (Erişim: 27.02.2010)

Tablo 3.1: Türkiye 2008 Yılı Genel Enerji Dengesi / Bin TEP

Enerji Kaynağı	Yerli Üretim (Bin TON)	İthalat (Bin TON)	Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Kurulu Güç Kapasitesi (MW)
Toplam Katı Yakıtlar	21,487	14,595	57,936	10,251
Petrol	2,268	36,681	7,519	2,290
Doğalgaz	931	34,013	98,685	15,055
Yenilenebilirler	4,571	68	34,278	14,221
Toplam	29,257	85,357	198,418	41,817

Kaynak: ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (Erişim: 11.03.2010)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB), verilerine göre 2008 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin toplam kurulu güç kapasitesi 41,817 MW düzeyindedir. Mevcut enerji üretim kapasitesi ağırlıklı olarak fosil kökenli kaynaklardan oluşup yenilenebilir enerji türlerinin katkısı oldukça düşüktür. Yine 2008 yılı sonu itibariyle üretimi gerçekleştirilen elektrik enerjisi miktarı ise 198,418 GW'tır.

Günümüzde Türkiye gereksinimi olan enerjinin yarısından fazlasını ithal etmekte olup, 2020 yılı için öngörülen senaryolarda dışa bağımlılık oranının % 76 seviyelerine çıkacağı üzerinde durulmaktadır. Ekonomik büyüme hızının yaklaşık iki katı olan enerji tüketimi artışı bu durumda 2020 yılında Türkiye'nin omuzlarına 40 milyar dolar seviyesinde bir ithalat yükleyecektir²⁵³.

3. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

İkincil enerji kaynağı olarak kabul edilen elektrik enerjisi, sektör itibariyle tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hızla artış göstermektedir. Ülkeler, sahip oldukları çevresel, coğrafi ve ekonomik çeşitlilikler sebebiyle elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullandıkları kaynaklar da farklılık gösterebilmektedirler. Bu bağlamda ele alındığında

²⁵³ Güven Önal, "Enerjide Öz Kaynakların Kullanımı ve Önemi", *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, Genelkurmay Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı Yayınları, Genelkurmay Basım Evi, Yıl: 1, Sayı: 1, Şubat 2003, Ankara, s.34

Türkiye ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini ağırlıklı olarak fosil kökenli kaynaklardan karşılayan ülkeler grubuna dahil olmaktadır²⁵⁴.

Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ)'nin hazırladığı rapora göre²⁵⁵ 2008 yılı sonu itibariyle Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketimi 198,0 milyar KW-saat olarak gerçekleşirken aynı dönemde elektrik enerjisi üretimi ise 198,2 milyar KW-saat olarak belirlenmiştir. 2008 yılında Türkiye'nin nüfusunun 71 milyon olduğu göz önünde bulundurulduğunda kişi başına düşen enerji tüketimi değeri brüt 2791 KWh/k, net olarak ise 2273 KWh/k veya 1496 kilo Eşdeğeri Petrol (KEP/k)'dür.

Türkiye'nin 2008 yılı elektrik enerjisi üretiminin kaynaklar itibariyle dağılımına baktığımızda % 48,4 ile doğalgaz en büyük payla ilk sırada yer alırken, % 22,7 ile yerli kömür ikinci, ve % 16,7 ile hidrolik enerjinin üçüncü kaynaklar olduğunu görmekteyiz. Diğerleri ise % 6,3 ile ithal kömür, % 5,2 ile sıvı yakıtlar ve % 0,4'ü ise rüzgar gücüdür.

Türkiye'nin son on yıllık dönemde (1999-2008) elektrik enerjisi talebinin senelik ortalama % 4 ile % 6 oranında artış kaydettiği görülmektedir. Türkiye elektrik enerjisi brüt tüketimi ise (Türkiye brüt üretimi + dış alım – dış satım) 2008 yılı itibariyle % 4,2 oranında artışla 198,1 milyar KWh'e kadar yükselmiştir. Mevcut veriler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından analiz edilerek Türkiye'nin önümüzdeki 2009 yılından 2018'e kadar uzanan on senelik dönemde elektrik enerjisi talep projeksiyonu hazırlanmıştır²⁵⁶.

²⁵⁴ Tamer Özyiğit, M. Nahit Serarslan, E. Ertuğrul Karsak, "Türkiye'de Elektrik Üretimi İçin Enerji Kaynaklarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 5, Ekim 2008, İstanbul, s.57

²⁵⁵ Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), *Elektrik Üretim Sektör Raporu 2008*

²⁵⁶ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, *Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009-2018)*, Haziran 2009, ss. 4,12,13

Tablo 3.2: Türkiye (2009-2018) Dönemi Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu / Yüksek Talep

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	ARTIŞ (%)	GW	ARTIŞ (%)
2009	29,900	4,5	194,000	4,5
2010	31,246	6,5	202,730	6,5
2011	33,276	7,5	215,907	7,5
2012	35,772	7,5	232,101	7,5
2013	38,455	7,5	249,508	7,5
2014	41,339	7,5	268,221	7,5
2015	44,440	7,5	288,338	7,5
2016	47,728	7,4	309,675	7,4
2017	51,260	7,4	332,591	7,4
2018	55,053	7,4	357,202	7,4

Tablo 3.3: Türkiye (2009-2018) Dönemi Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu / Düşük Talep

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	ARTIŞ (%)	GW	ARTIŞ (%)
2009	29,900		194,000	
2010	31,246	4,5	202,730	4,5
2011	32,964	5,5	213,880	5,5
2012	35,173	6,7	228,210	6,7
2013	37,529	6,7	243,500	6,7
2014	40,044	6,7	259,815	6,7
2015	42,727	6,7	277,222	6,7
2016	45,546	6,6	295,519	6,6
2017	48,553	6,6	315,023	6,6
2018	51,757	6,6	335,815	6,6

Kaynak: TEİAŞ-APK Dairesi Başkanlığı, Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009-2018), Haziran 2009, ss.12-13

Düşük senaryo ve yüksek senaryo olarak tahminler belirlenmekte olup, düşük senaryoya göre 2018 yılı itibariyle Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi senelik % 6'nın üzerinde bir artışla 335,815 GWh'e yükselirken bu ihtiyacı karşılamak için gerekli olan kurulu kapasitenin de 51,757 MW düzeyine ulaşacağı bekleniyor. Yüksek senaryoya göre ise 2018 yılına kadar elektrik enerjisi talebi senelik ortalama % 7'nin üzerinde bir oranla artış yaşayacağı ve bu artışın karşılanabilmesi için de, 2018 yılı itibariyle 55,053 MW'lık kapasitenin elde edilmesi beklenmektedir.

4. TÜRKİYE’NİN FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye, sahip olduğu enerji çeşitliliğine rağmen mevcut rezervlerin ihtiyacı karşılama kapasitesi açısından oldukça sınırlı durumdadır. Başlıca fosil kökenli enerji kaynakları, linyit, taş kömürü, asfaltit, bitümlü şistler, ham petrol, doğalgaz, uranyum ve toryum olmakla birlikte güneş, rüzgar, jeotermal, hidrolik ve biyokütle gibi pek çok yenilenebilir kaynağını da topraklarında barındırmaktadır²⁵⁷.

Nitekim son zamanlarda geniş kullanım alanı bulan ve Türkiye’nin enerji sorununa çözüm olacağı düşünülen doğalgaz kaynaklarıyla, bunun yanında petrol rezervleri tüketim için yeterli değildir. Gelişen ekonomisi, artan enerji ihtiyacının sağlıklı bir biçimde sağlanabilmesi amacıyla yabancı kaynaklardan ithal oranının azaltılması ve mevcut yerli kaynaklara dayalı üretimin teşviki politikası önem taşımaktadır²⁵⁸.

4.1. Katı Yakıt Rezervleri

Türkiye, katı yakıt rezervlerini meydana getiren taş kömürü, linyit ve bor mineralleri açısından zengin bir potansiyele sahiptir. Özellikle de linyit kaynakları, ikincil enerji kaynağı olan elektrik enerjisi üretiminde yerli girdiyi önemli ölçüde arttırabilecek durumdadır.

4.1.1. Kömür Rezervleri

Türkiye’nin sahip olduğu en geniş kaynaklardan bir tanesi kömür olup 2007 yılında toplam enerji tüketiminde % 28’lik payla önemli bir yer edinmiştir. Kömür rezervleri Türkiye’nin geniş coğrafyasına dağılım göstermekle birlikte tüketim merkezlerine yakın olması sebebiyle kullanışlı kaynaklardır. Ayrıca diğer konvansiyonel enerji türlerine nazaran üretim maliyetlerinin daha düşük olması ve güvenilirliği nedeniyle doğalgaz yerine alternatif olarak düşünülebilen tek kaynaktır.

²⁵⁷ İbrahim Atılğan, “Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 15, No: 1, Yıl: 2000, Ankara, s.32

²⁵⁸ Serdar İskender, “Türkiye’de Enerji ve Geleceğe Yönelik Planlar”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), *Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, s.132

Başlıca kömür kaynaklarımızı taş kömürü ve linyit oluşturmaktadır. Bugün itibariyle Türkiye 560 milyon tonu görünür olmak üzere yaklaşık 1,3 milyar ton taş kömürü rezervine ve 12,3 milyar ton da linyit rezervine sahiptir. Mevcut veriler ağırlıklı olarak 1976-1990 yıllarını kapsayan dönemdeki araştırmalara dayanmakta olup henüz keşif çalışmaları yapılamayan saha sayısı oldukça fazladır. Yeni rezervlerin bulunması halinde kömür rezervleri potansiyelinin artması beklenmektedir. Ülkemizde kömür rezervlerinin % 21'i Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) ve geriye kalan % 79'luk kısmı ise Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve özel sektör tarafından işletilmektedir²⁵⁹.

Taş kömürü ve linyit farklı ısı değerlere sahip kaynaklar olduğu için kullanım alanları da farklılık göstermektedir. Dünya toplam rezervlerinin % 1,6'sını barındıran ülkemizin linyit kaynakları, ortalama 1000 ile 5000 kcal/kg enerji değeri içermekte olup daha çok elektrik enerjisi üretmek amacıyla termik santrallerden yararlanılmaktadır. Taş kömürü ise, yüksek kalorili kömürler grubunda yer alır ve ağırlıklı olarak yüksek ısı değeri gerektiren sanayi kuruluşlarında tercih edilmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre bugün için mevcut ispatlanmış yerli linyit kaynaklarımızdan üretimi mümkün olan enerji potansiyeli 120 milyar KWh/yıl mertebesinde olmasına rağmen henüz bu potansiyelin % 44'lük kısmı değerlendirilebilmiş durumdadır. Aynı şekilde taş kömürü rezervlerinden üretimi mümkün 11 milyar KWh/yıl potansiyelin halen % 32'lik kısmı işletilmektedir. Bu durum, Türkiye'yi ihtiyacı olan kömür çeşitlerini ithal ederek karşılamak zorunda bırakmıştır. Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sektör raporuna²⁶⁰ göre, 2001 yılında 345 milyon dolar tutarında olan kömür ithalatı 2007 yılı itibariyle 2,027 milyon dolar seviyesine ulaşmıştır.

Ülkemizde 2000 yılı kömür tüketiminin sektörel dağılımı içerisinde en büyük payın sanayi kesimine ayrıldığını görmekteyiz. Zengin ısı değere sahip olan taşkömürü tüketiminin büyük bir bölümü çimento ve şeker fabrikaları ile birlikte diğer diğer sanayi tesislerinde ve kok fabrikalarında (demir-çelik tesisleri) gerçekleştirilmiştir. Türkiye

²⁵⁹ Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü (TKİ), *Kömür Sektör Raporu (Linyit)*, Ankara, 2009, s.11

²⁶⁰ Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü (TTK), *Taş Kömürü Sektör Raporu*, Mayıs 2009, s.22

Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu Taşkömürü Sektör Raporu'na göre²⁶¹ 2007 yılına dek enerji sektörünün tüketimden aldığı pay giderek artış göstererek sanayi sektörünü geride bırakmıştır. Tüketilen yaklaşık 10,8 milyon ton taşkömürünün 5,9 milyon tonu elektrik santrallerinde değerlendirilmiştir.

Ekonomik kalkınmanın itici gücünü oluşturan sanayi sektörü, yerli imkanlarla karşılanması mümkün gözükken kömür hammaddesi ile sağlıklı bir gelişim sürdürebilir. Kömürün petrol türevi yakıtlar gibi kısa sürede hızlı değişim gösteren fiyat dalgalanmalarına maruz kalmaması Türkiye'nin iç enerji piyasasında istikrarın korunması açısından önem teşkil etmektedir.

Türkiye, sahip olduğu hızlı gelişen ekonomisi ile daha çok enerji girdisine ihtiyaç duymaktadır. Bu durum yerli kömür üretimindeki eksiklik nedeniyle ithalatla karşılanma yolunu gerekli kılmaktadır. Türkiye'nin kömür ithalatı faturası da bu sebeple her geçen yıl artış kaydetmektedir. Resmi rakamlar²⁶² ülkemizin 2004 yılı kömür ithalatını 2,149 milyon dolar, 2005 yılı ithalatını ise 2,500 milyon dolar olarak göstermektedir. Kömür tüketiminin ülke ekonomisine olan net katkısının optimum seviyeye çıkarılabilmesi, döviz kaybına sebep olan ithalat seçiminin yerine yerli üretimin desteklenmesi ile mümkün olabilmektedir. Kömüre dayalı enerjinin kullanımı açısından önemli fakat zıt bir eğilim ise, kömür enerjisinin Türkiye'yi uluslar arası karbon ticaretinde borçlu konuma getirecek, sera gazı salınımı yüksek bir enerji türü olmasıdır. Bu bağlamda ve özellikle kömüre dayalı enerji kullanımı söz konusu olduğu ölçüde Türkiye'nin de tıpkı diğer ülkeler gibi –aslında her ikisi de ekonomik kalkınmaya ivme kazandıran- “daha fazla enerji üretimi mi? yoksa daha temiz enerji üretimi mi?” ikilemine düştüğü tespitini yapmak mümkündür.

4.1.2. Asfaltit, Bitümlü Şist ve Turba Rezervleri

Enerji üretimine yönelik olarak değerlendirilmesi düşünülen kaynaklardan biri de petrol kökenli kayalar olan asfaltittir. Asfaltit yüksek ısı değere sahip bir yakıt olup genel

²⁶¹ TTK, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. *Taş Kömürü Sektör Raporu*, Mayıs 2009, s.23

²⁶² TKİ, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü. *Kömür Sektör Raporu (Linyit)*, Ankara, 2009, s.13

olarak ısınmada tercih edilir. Ülkemizde, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ)'ne ait sahalarda bugün için tespit edilen rezerv 80 milyon ton civarlarındadır²⁶³.

Bitümlü şistler ise organik ve mineral yapının bir arada bulunduğu, farklı jeolojik evreler sonucu oluşmuş madenlerdir. Bitümlü şistlerden enerji eldesi, organik bölümünün damıtılarak sıvı yakıt üretilmesi veya doğrudan yakılması şeklinde olur²⁶⁴. MTA'nın verilerine göre ülkemizde ispatlanmış bitümlü şist rezervleri 541-1390 Kcal/Kg ısı değeri değerine sahip olup, 1,641 milyon tondur.

Ülkemizde turba rezervleri 19 ilimizin sınırları içerisinde yer almakta olup enerji üretiminin yanı sıra tarımsal alanda da yararlanılmaktadır. Türkiye'de görünür turba rezervleri 200 milyon ton civarlarında olmasına rağmen bugün için enerji üretimine yönelik olarak değerlendirilmeleri ekonomik değildir²⁶⁵.

4.1.3. Bor Mineralleri

Bor mineralleri, kimyasal yapılarında farklı oranlarda bor oksit (B_2O_3) içeren ve enerji, uzay ve hava araçları, cam, nükleer uygulamalar, otomotiv, inşaat ve daha pek çok sektörde kullanılabilen bileşiklerdir. Dünya bor kaynakları ağırlıklı olarak Türkiye, Rusya ve A.B.D' de bulunmakta olup, bugün itibariyle Türkiye, dünya toplam bor rezervlerinin % 72'sini coğrafyasında barındırarak ilk sırada yer almaktadır. Geriye kalan % 8'lik kısma sahip Rusya ikinci ve % 7 ile A.B.D üçüncü ülke konumdadır. Bor kimyasalları eş değeri kurulu üretim kapasitesi olarak ise A.B.D 1,498 bin ton/yıl ile lider durumda iken Türkiye, 1,272 bin ton/yıl ile dünya ikincisidir. Eti Maden tarafından 2008 yılında gerçekleştirilen toplam bor ürünleri satış geliri 536 milyon dolar olup, bunun 519 milyon dolarlık büyük kısmı ihracattan sağlanmıştır²⁶⁶.

²⁶³ T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu: Kömür Çalışma Grubu Raporu*, Yayın No: DPT.2440-ÖİK.496, Ankara, Mayıs 1996

²⁶⁴ Levent Ballice, Mithat Yüksel, Mehmet Sağlam, Cumhur Hanoğlu, "Mevcut Enerji ve Kimyasal Hammadde Kaynakları Arasında Bitümlü Şistlerin Yeri ve Önemi", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Ocak-Şubat-Mart 1995, Sayı: 14, ss.9-10

²⁶⁵ Ülker Güner Bacanlı, "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi", *DEK-TMK Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, ss.93-94

²⁶⁶ Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, *Bor Sektör Raporu 2008*, ss.1-5

4.2. Petrol Rezervleri

Türkiye coğrafyasında ticari amaçlı olarak gerçekleştirilen ilk petrol keşfi, Raman sahasında açılan ‘‘Raman-1’’ isimli kuyu ile hayat bulmuştur²⁶⁷. BOTAŞ’ın hazırladığı Sektör Raporu’na göre²⁶⁸ ülkemizde petrole dayalı enerji tüketimi 2008 yılı itibariyle % 31 düzeyinde gerçekleşmiştir. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü petrol ürünlerinden karşılamasına rağmen sahip olduğu rezervler oldukça sınırlı olmakla birlikte genel olarak Güneydoğu bölgesinde bulunmaktadır. Coğrafik özellikler ve maliyet unsurlarından kaynaklanan zorluklar nedeniyle henüz yeteri kadar keşif yapılamamıştır. Güneydoğu Anadolu’nun üçte ikisi ve denizlerimizin büyük bölümüne ait rezerv potansiyeli bilinmemektedir²⁶⁹.

1954 yılında yerli ve yabancı özel sermayeye sahip şirketlere petrol arama ve işletme hakkı tanınmasıyla birlikte sürdürülen faaliyetler neticesinde 2005 yılına kadar 188 farklı firma tarafından çalışmalar yürütülmüştür²⁷⁰. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Genel Müdürlüğü’nün verilerine göre, 2008 yılı sonu itibariyle Türkiye’nin kalan üretilebilir petrol rezervleri 284,7 milyon varil düzeyindedir. Mevcut rezervlere yeni keşiflerle katkı yapılamaması halinde bugünkü tüketim miktarı hesapları çerçevesinde 19,3 yıl yetecek rezerv bulunmaktadır.

Türkiye’nin petrol ürünlerini işleme rafineri kapasitesi günlük 613 bin varil seviyesinde olup günlük tüketimi karşılayabilecek düzeyde değildir. 1998 yılında günlük 640 bin varil (veya 29,6 milyon ton) olan petrol tüketimi aradan geçen on senelik süre zarfında 2008’de günlük 690 bin varile (veya 32,3 milyon ton) yükselmiştir. Bugün itibariyle Türkiye’nin günlük petrol ürünleri tüketiminin dünya toplam tüketimi içerisindeki payı % 0,8 düzeyindedir²⁷¹.

²⁶⁷ Cemalettin Demircioğlu, ‘‘Türkiye İçin Sürdürülebilir Enerji Çevre Politikaları’’, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara, 2003, s.90

²⁶⁸ Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ), *2008 Yılı Sektör Raporu*, Bilkent-Ankara, s.19

²⁶⁹ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, ‘‘Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları’’, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.15

²⁷⁰ Kutlu Yiğit, ‘‘An Energy Overview of the Republic of Turkey’’, (*MSc Thesis*), Adana, 2006, ss.46-47

²⁷¹ BP, *Statistical Review of World Energy*, Oil Consumption Section, June 2009, s.18

Yerli kaynakların yetersizliği sebebiyle ithalat yapan bir ülke konumunda olan Türkiye'nin 1996 yılındaki petrol ürünleri ithalatı 22,766.621 ton iken 2007 yılına gelindiğinde bu miktar 679,143 ton artışla 23,445.764 tona yükselmiştir. İthalat için ödenen bedel ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yapmakla birlikte dış ticaret açığının da artmasında etkili olmaktadır. 1996 yılında gerçekleşen petrol ithalatı tutarı 3,415 milyar dolar iken 2007 yılında 3,4 kat artarak 11,784 milyar dolara çıkmıştır²⁷².

Petrolde arz güvenliğinin sağlanmasında önemli bir transit köprü görevini üstlenen Türkiye'nin işletmekte olduğu Kerkük-Yumurtalık petrol boru hattından normal koşullarda yılda 70 milyon ton ve Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattından ise yılda 50 milyon ton petrol geçişi sağlanmaktadır. Ayrıca petrol boru hatlarının yanı sıra, boğazlardan senelik ortalama geçiş yapan 50 bin adet deniz taşıtının 5,500 kadarı ham petrol taşımaktadır²⁷³. Enerji tüketiminin her geçen gün artması, iletim yollarının güvenliği ve üstlendiği misyon bakımından Türkiye'nin uluslararası alandaki gücünü pekiştirmektedir.

Ülkemizde petrol ve petrol ürünleri tüketiminin oldukça düşük bir bölümü konut ve sanayi sektörlerinde gerçekleşirken, en büyük tüketim ise, ulaşım sektöründen kaynaklanmaktadır. Türkiye'nin petrol ithalatı faturasının kademeli olarak düşürülmesi, ulaşım sektörünün ihtiyaç duyduğu enerjinin farklı kaynaklarla karşılanması ile mümkün olabilir. Özellikle toplu taşıma araçlarının yerli kömür kaynaklarından üretilebilecek elektrikle çalışması veya yine yerli alternatif enerji seçeneklerinden üretilecek elektrikle karşılanması muhtemeldir. Bu alanda sağlanabilecek bir diğer tasarruf ise, bireysel ulaşımdan olabildiğince toplu ulaşıma geçilmesi yönünde atılacak adımlar yardımıyla olabilir.

4.3. Doğalgaz (Yergazı) Rezervleri

Temiz ve ekonomik bir yakıt olarak bilinen doğalgazın kullanımı son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de artış kaydetmiştir. Doğalgaz bugün itibariyle kentlerde konut ısıtmada, sanayi kuruluşlarında ve elektrik enerjisi üretimine kadar birçok alanda

²⁷² Muzaffer Demirbaş, Hakan Türkay, Musa Türkoğlu, "Petrol Fiyatlarındaki Gelişmelerin Türkiye'nin Cari Açığı Üzerine Etkisinin Analizi", *Süleyman Demirel Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt: 14, Sayı: 3, Yıl: 2009, s.293

²⁷³ T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı (DTM), Web Sitesi, <http://www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/.../pdgb.doc>, (Erişim: 14.03.2010)

yararlanılan bir kaynak haline gelmiştir²⁷⁴. Nitekim ülkemizin sahip olduğu doğalgaz rezervlerinin kısıtlı olması sebebiyle ihtiyacımız olan miktar ithalat yöntemiyle karşılanmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın istatistiklerine göre toplam kurulu gücümüzün % 31,8'ini oluşturan doğalgaz ile ilgili araştırma çalışmaları 1970 yılında başlamış olup ilk bulunan sahalarından üretim 1976 yılında gerçekleşmiştir. 1980'lerden sonra ise yeni rezervlerin keşfi ile birlikte yerli üretim artmasına rağmen tüketim artışına paralel bir ivme yakalanamaması sebebiyle ithalat kaçınılmaz duruma gelmiştir²⁷⁵.

Türkiye'de halen yeni rezerv arama çalışmaları karada ve özellikle deniz sahalarında başta TPAO olmak üzere pek çok yerli ve yabancı firma tarafından yürütülmektedir. Bugüne kadar keşfedilmiş rezerv sayısı 41 olup daha çok Güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgelerinde bulunmaktadır. 2008 yılı sonuna kadar gerçekleştirilen toplam yerli üretim miktarı 10,5 milyar metreküp ve kalan rezervler ise 6,8 milyar metreküptür²⁷⁶.

Türkiye, BP'nin verilerine göre²⁷⁷ 2008 yılında toplam 36 milyar metreküp doğalgaz tüketmiştir. Hızla artan tüketim 1998 yılında 10,3 milyar m³'ten (veya 9,2 milyon TEP) 2008 yılına kadar geçen on senede 36 milyar m³'e (veya 32,4 milyon TEP) yükselmiştir. Bu değer dünya toplam doğalgaz tüketimi içerisinde Türkiye'nin payının % 1,2 olduğunu göstermektedir.

Mevcut tüketim miktarı göz önünde bulundurulduğunda TPAO'nun analizine göre, Türkiye'nin 6-7 yıl yetecek kadar rezerv ömrü kalmıştır²⁷⁸. Bu durum ithal kaynaklardan yararlanmayı zorunlu hale getirmiş olup başlıca imzalanan uluslararası gaz alım sözleşmeleri şu şekildedir.

²⁷⁴ Mehmet Atılğan, H. Kemal Öztürk, Burçin Deda, Eylem Yılmaz, "Doğalgazın ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'nin Enerji Politikası Açısından Değerlendirilmesi", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 72, Yıl: 2002, s.51

²⁷⁵ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, "Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları", *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.16

²⁷⁶ Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ), *2008 Yılı Sektör Raporu*, Bilkent-Ankara, s.21

²⁷⁷ BP, *Statistical Review of World Energy*, Natural Gas Consumption Section, June 2009, ss.27-28

²⁷⁸ Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Genel Müdürlüğü, *2008 Yılı Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu*, Mart 2008, s.39

Tablo 3.4: Türkiye'nin Uluslararası Alanda İmzaladığı Uzun Dönemli Gaz Alım Anlaşmaları

MEVCUT ANLAŞMALAR	MİKTAR (MİLYAR CM ³ /YIL)	İMZALANMA TARİHİ	SÜRE (YIL)	İŞLETMEYE ALMA TARİHİ	ANLAŞMA BİTİM TARİHİ
RUSYA FED. (BATI)	6	ŞUBAT 1986	25	HAZİRAN 1987	2011
CEZAYİR (LNG)	4,4	NİSAN 1988	20	AĞUSTOS 1994	2014
NİJERYA (LNG)	1,3	KASIM 1995	22	KASIM 1999	2021
İRAN	10	AĞUSTOS 1996	25	ARALIK 2001	2026
RUSYA (KARADENİZ)	16	ARALIK 1997	25	ŞUBAT 2003	2025
RUSYA BATI (GAZEXPORT)	7,3	ŞUBAT 1998	23	MART 1998	2021
TÜRKMENİS.	16	MAYIS 1999	30	-	-
AZERBAYCAN	6,6	MART 2001	15	TEMMUZ 2007	2021

Kaynak: Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş (BOTAŞ), 2008 Yılı Sektör Raporu, Ankara, s.21

Türkiye ihtiyacı olan doğalgaz enerjisi için % 97,3 gibi yüksek bir oranla dışa bağımlı olmasına rağmen dünya doğalgaz rezervlerinin büyük bir kısmı yakın çevresinde yer almaktadır. Coğrafi konumunun kazandırmış olduğu bu nitelik Türkiye'nin doğusundaki ve kuzeyindeki enerji kaynaklarının ağırlıklı olarak AB gibi nihai tüketicilere ulaştırılması konusunda "Enerji Koridoru" görevini üstlenmiş durumdadır²⁷⁹. Bu amaçla inşa edilmiş ve yakın bir gelecekte hayata geçirilmesi planlanan başlıca doğalgaz boru hattı projeleri şunlardır²⁸⁰,

- Hazar Bölgesi gaz kaynaklarını Türkiye ve AB'ne taşıması amaçlanan Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) doğalgaz boru hattı (Şah Deniz Projesi), 15 Aralık 2006 tarihinde faaliyete geçmiştir

²⁷⁹ Ahmet Mahmut Kılıç, "Türkiye Enerji Sektöründe Doğalgaz", *II. Doğalgaz ve Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) Yayını, Gaziantep, 2003, s.120

²⁸⁰ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Resmi Web Sitesi, <http://www.enerji.gov.tr/index.php>, (Erişim: 18.03.2010)

- Hazar ve Ortadoğu doğalgaz rezervlerini Avrupa pazarlarına ulaştırmak amacıyla 2007 yılında Güney Avrupa Gaz Ringi (Türkiye-Yunanistan-İtalya Boru Hattı) Yunanistan'a ulaşmış ve faaliyete başlamıştır. Projenin İtalya bağlantısının tamamlanması için 2012 yılı hedeflenmektedir.
- Ortadoğu ve Hazar Bölgesi kaynaklarını AB pazarlarına iletmek amacıyla Türkiye üzerinden Bulgaristan, Romanya, Macaristan ve Avusturya'ya bağlanacak olan NABUCCO projesi halen devam etmektedir.
- Ayrıca Mısır doğalgazını ülkemize iletmeye hedeflenen Arap Doğalgaz Boru Hattı projesi ve Türkmen-Kazak kaynaklarının Hazar geçişli boru hatları projeleri planlanma aşamasındadır.

5. TÜRKİYE VE NÜKLEER ENERJİ

Enerji kaynaklarını çeşitlendirerek arz güvenliğini sağlaması, yakıt maliyetlerini düşürmesi, dışa olan bağımlılığın azaltılması ve çevresel etkilerin diğer enerji türlerine göre daha sınırlı olması gibi özellikleri 1960'lı yıllarda nükleer enerjiye olan ilgiyi arttıran etkenler olarak öne çıkmıştır. Dünyada yaşanan gelişmelerle eş zamanlı olarak Türkiye de, nükleer enerji sektöründe paya sahip olabilmek üzere çalışmalar yürütmeye başlamış olmasına rağmen, çeşitli sebeplerle hedeflerini hayata geçirme fırsatına erişememiştir.

Ülkemizin sahip olduğu önemli radyoaktif hammaddeler uranyum ve toryum olup, rezerv arama işlemleri Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nce (MTA) yürütülmektedir. Yurdumuzda ilk arama çalışmaları 1953 yılında, ilk laboratuvar ortamındaki teknolojik çalışmalar ise 1963 yılında başlamış olup bugün için havza bazında sürdürülmekte ve örtülü cevher sahalarının ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Yakın bir gelecekte nükleer enerji üretimini hedefleyen Türkiye için yakıt hammaddesinin yurt içinden karşılanması, hem kriz dönemlerinde yüksek fiyat dalgalanmalarından etkilenmeyi önleyeceği için, hem de stratejik bir madde olduğu için önemlidir²⁸¹.

²⁸¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Web Sitesi, http://www.mta.gov.tr/v.1.0/daire_baskanliklari/enerji/index.php?id=radyoaktif_hammadde, (Erişim:19.03.2010)

Tablo 3.5: Türkiye’de Uranyum ve Toryum Yataklarının Tenör ve Rezervleri

BÖLGE	ORTALAMA TENÖR / GÖRÜNÜR REZERV
Manisa – Köprübaşı	% 0,04 - 0,5 U ₃ O ₈ Ortalama Tenörlü 2,852 Ton
Uşak – Fakılı	% 0,05 U ₃ O ₈ Ortalama Tenörlü 490 Ton
Aydın – Küçükçavdar	% 0,04 U ₃ O ₈ Ortalama Tenörlü 208 Ton
Aydın – Demirtepe	% 0,08 U ₃ O ₈ Ortalama Tenörlü 1,729 Ton
Yozgat – Sorgun	% 0,1 U ₃ O ₈ Ortalama Tenörlü 3,850 Ton
Eskişehir – Kızılcaören	% 0,21 ThO ₂ Ortalama Tenörlü 380,000 Ton

Kaynak: MTA, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (Erişim: 19.03.2010)

1955 yılında atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanılmasına yönelik olarak düzenlenen I. Cenevre Konferansı’nın ardından 1956’da, Başbakanlığa bağlı Türkiye Atom Enerjisi Komisyonu kurulmuş ve bir yıl sonra 1957’de Türkiye, Birleşmiş Milletler’in bir iştiraki olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA)’na üye olmuştur. 1962 yılında Türkiye’de nükleer çalışma ve araştırmalara yönelik olarak, İstanbul – Büyükçekmece’de 1 MW gücünde TR-1 adlı bir reaktör kurularak işletilmeye başlanmış ve 1980’lerden sonra reaktörün gücü 5 MW düzeyine çıkarılmıştır²⁸².

Türkiye’de nükleer güçten yararlanılarak enerji üretilmesine yönelik olarak ilk etüt çalışmaları 1967-1970 döneminde yapılmıştır. İlk proje teklifi, ABD ve İspanyol firmaları tarafından 400 MW gücünde belirlenerek sunulmuş olmasına rağmen gerçekleştirilememiştir. 1972 yılında ise Türkiye Atom Enerjisi Komisyonu denetiminde Mersin Akkuyu’da santral kurulması düşünülmüşse de hayata geçirilememiştir. Akkuyu projesi 1993 yılında tekrar gündeme gelmiş ve ihalesi yapılmış ancak, “Yap-İşlet-Devret” modeli istenmesi ve dönemin ekonomik koşulları gibi sebeplerden ötürü başarılı olunamamıştır²⁸³.

1982 yılında Türkiye Atom Enerjisi Komisyonu, 2690 Sayılı Kanun’la Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) olarak yeniden yapılandırılmış ve Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) bünyesinde Nükleer Santraller Dairesi Başkanlığı kurulmuştur. 1986 yılında

²⁸² Nükleer Enerjinin Türkiye’deki Tarihçesi, <http://www.ntvmsnbc.com/id/25022241/>, (Erişim: 19.03.2010)

²⁸³ Metin Yıldırım, İbrahim Örnek, “Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji”, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 1, Yıl: 2007, s.35

Ukrayna’da yaşanan Çernobil kazası sonrası ise Türkiye’de nükleer enerji çalışmaları rafa kaldırılarak Nükleer Santraller Dairesi Başkanlığı kapatılmıştır²⁸⁴.

2002 yılında tekrardan gündeme gelen nükleer enerji seçeneği ile birlikte Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na bağlanmıştır. 2006 yılında Türkiye’nin yeni nükleer enerji üretim sahası olarak Sinop belirlenerek, 2007 yılına kadar 5000 MW gücünde santralin inşa edilmesi hedeflenmiş olmasına rağmen gerçekleştirilememiştir²⁸⁵. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın yeni hedefi, 2012 yılına kadar ilk nükleer santralin işletmeye alınması ve 2020 yılında gelindiğinde toplam elektrik enerjisi üretiminde nükleer enerjinin payının % 12,45 oranında gerçekleşmesidir²⁸⁶.

6. TÜRKİYE’NİN ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye fosil kökenli rezervlerinin sınırlı olmasına rağmen alternatif enerji kaynakları yönünden zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Güneş, rüzgar, hidrolik ve jeotermal gibi yenilenebilir (alternatif) kaynaklarından pek çoğu dünya ortalamasının üzerinde olmakla birlikte ekonomik açıdan ideal sayılabilecek potansiyel içermektedir. Yeryüzünde fosil kökenli kaynakların hızla azalması ve çevresel etkileşimler sebebiyle dünyanın önde gelen toplumlarının alternatif kaynaklara yöneliyor olması Türkiye’nin elinde bulundurduğu avantajı stratejik hale getirmektedir.

Ülkemizde alternatif enerji kaynaklarından enerji üretimi, 10.05.2005 tarihinde kabul edilerek yürürlüğe konulan 5346 sayılı ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’’ esasına dayanmaktadır. Mevcut yasa yenilenebilir enerji kaynaklarını (YEK) kapsayan enerji çeşitlerini ‘‘rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga, akıntı enerjisi, gelgit gibi fosil olmayan enerji kaynakları,

²⁸⁴ Kadir Temurçin, Alpaslan Aliağaoğlu, ‘‘Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği’’, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafi Bilimler Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 2, Yıl: 2003, ss.32-33

²⁸⁵ Nükleer Enerjinin Türkiye’deki Tarihçesi, <http://www.ntvmsnbc.com/id/25022241/>, (Erişim: 19.03.2010)

²⁸⁶ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, ‘‘Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları’’, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES’2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.18

kanal-nehir veya rezervuar alanı 15 km²'nin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun kaynaklar'' oluşturmaktadır.

5346 sayılı yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin hükümleri içeren kanunun 1. maddesinde Türkiye'nin enerji alanında öncelikli hedeflerine vurgu yapılarak alternatif kaynakların gerekliliği belirtilmekte olup şu şekildedir²⁸⁷:

MADDE 1.- "Bu kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir."

Bu amaçla Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından hazırlanan VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimi içindeki payının artırılması hedeflenirken²⁸⁸, 2007-2013 yıllarını kapsayan IX. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda ise sürdürülebilir kalkınmanın sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için arz güvenliğini sağlamak adına kaynak çeşitliliğine gidilmesi ve özellikle hidrolik kaynaklar olmak üzere alternatif enerji potansiyelinden azami düzeyde istifade edilmesi öngörülmektedir²⁸⁹.

Türkiye'de genel olarak tüketilen enerji türlerinin % 65'i fosil kökenli yakıtlardır. Bu durum % 75'lere varan oranlarda enerjide dışa bağımlılığa sebep olurken aynı zamanda yıllık 40-50 milyar dolar seviyesinde döviz kaybı demektir. Buna karşın Türkiye'nin oldukça yüksek düzeyde yerli, kullanılabilir ve yenilenebilir niteliklere sahip enerji potansiyeli vardır. Bu alternatif kaynakların verimli ve doğru bir biçimde kullanılması halinde enerjide kendi kendine yetebilir bir ülke konumunu yakalamak mümkün gözükmektedir²⁹⁰.

²⁸⁷ T.C. Resmi Gazete, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü Yayını, 18 Mayıs 2005 Çarşamba, Sayı: 25819

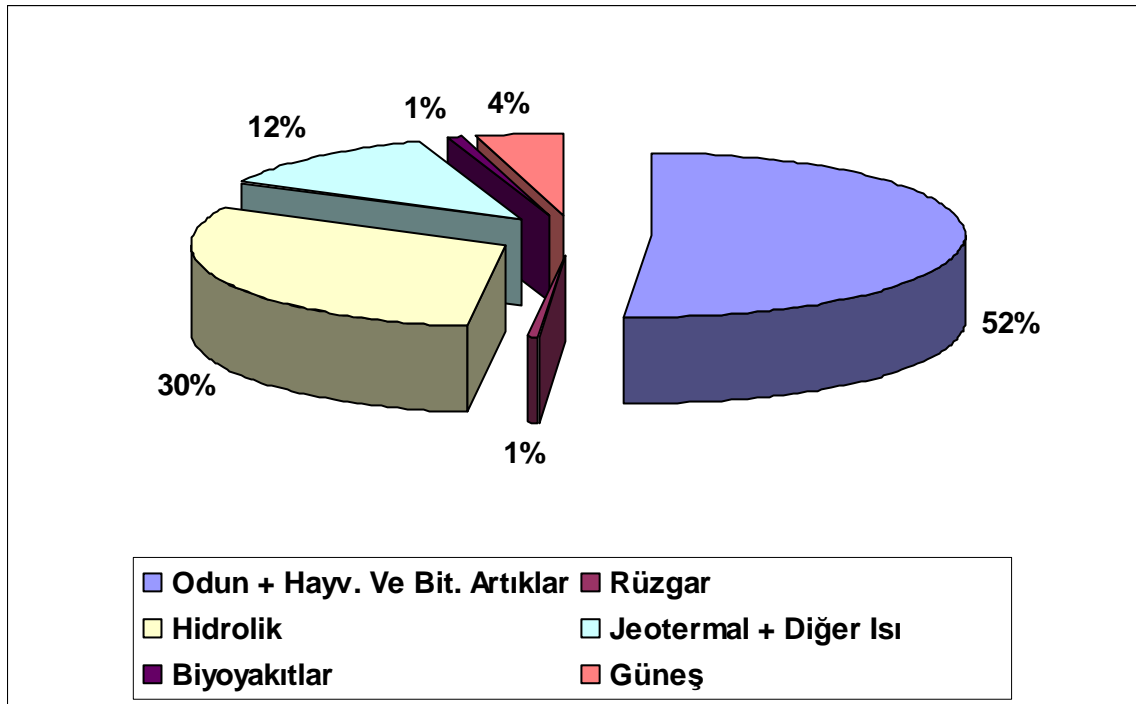
²⁸⁸ Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), *Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013)*, ss.34,77

²⁸⁹ Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Elektrik İşleri Etüt İşleri Genel Müdürlüğü (EİE), *2009-2013 Stratejik Planı*, s.17

²⁹⁰ Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Kentleşme Şurası, "İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme Komisyonu Raporu", Nisan 2009, Ankara, s.24

Türkiye özellikle hidroelektrik, rüzgar, güneş ve biyokütleden oluşan yenilenebilir kaynaklar alanında önemli bir paya sahiptir. Mevcut yenilenebilir enerji kaynakları kömürden sonra ikinci sırada yer almaktadır²⁹¹. Elektrik enerjisi üretimi haricinde ısınma amaçlı odun, bitki ve hayvan atıkları kullanımı kırsal kesimlerinde oldukça fazla rastlanılan bir durumdur. Dolayısıyla Türkiye biyokütle kaynaklarından modern sistemlerle elektrik enerjisi üretiminde yeteri kadar etkili değildir.

Grafik 3.3: Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üretimi Payları



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) Resmi Web Sitesi / 2008 Yılı verileri, <http://www.enerji.gov.tr/index.php/>, (Erişim: 11.03.2010)

Türkiye 2008 yılında ihtiyacı olan enerjinin 29,257 bin TEP değerindeki bölümünü yerli üretimle karşılamıştır. Yerli üretim içerisinde alternatif enerji kaynaklarının payı ise elektrik üretimi ve ısınma amaçlı çevrim dahil olmak üzere toplam 9,384 bin TEP olarak ölçülmüştür. Bu durum Türkiye’nin toplam yerli enerji üretiminde alternatif kaynaklarının payının % 32 seviyesinde olduğunu göstermektedir.

²⁹¹ Çiğdem Karadağ, Işıl Işık Gülsaç, Atilla Ersöz, Mustafa Çalışkan, “Çevre Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.27

Tablo 3.6: Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları Üretimi / 2008

KAYNAK	ORJİNAL BİRİMLER	BİN TEP
ODUN	12,264 (Bin TON)	3,679
HAYVAN VE BİTKİ ARTIKLARI	4,883 (Bin TON)	1,134
HİDROLİK	33,270 (GWh)	2,861
JEOTERMAL	162	140
BİYOYAKITLAR	74 (Bin TON)	66
RÜZGAR	847 (GWh)	73
JEOTERMAL ISI + DİĞER ISI	1011 (Bin TEP)	1,011
GÜNEŞ	420 (Bin TEP)	420
TOPLAM	-	9,384

Kaynak: ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (Erişim: 13.03.2010)

Kömür rezervleri yeterli olmasına rağmen petrol ve doğalgaz gibi kaynaklar için yabancı ülkelere yaklaşık % 75 oranlarında bağımlı olan Türkiye'nin enerji sektörü ağırlıklı olarak fosil kökenli yakıtlara dayanmaktadır. Bu nedenle ülkemizin toplam birincil enerji arzında alternatif enerji kaynaklarının payı düşük seviyelerde kalmaktadır. 2008 yılı genel enerji dengesine baktığımızda yenilenebilir kaynaklarının birincil enerji arzı içerisindeki payı % 8,82 olarak gerçekleşmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimine yönelik olarak değerlendirilmesi durumunda ise mevcut yerli üretim toplam sektör içerisinde önemli bir yere sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) istatistiki verilerine göre 2008 yılında Türkiye'de gerçekleşen 198,418 GWh değerindeki toplam elektrik enerjisi üretiminin 34,499 GWh'e denk gelen % 17,38'lik kısmı alternatif kaynaklardan karşılanmıştır. Elektrik enerjisi üretiminde en büyük paya % 96 oranında (33,270 GWh) hidrolik güç kaynakları hakimdir.

6.1. Türkiye'nin Hidrolik Enerjisi Durumu

Dünyanın yeterli su kaynaklarına sahip her yerinde olduğu gibi Türkiye'de de elektrik enerjisi üretiminde hidrolik gücünden önemli ölçüde yararlanılmaktadır. Hidrolik güç doğal ve yenilenebilir bir kaynak olmakla birlikte yerli üretim imkanı tanınması sayesinde tercih edilen bir enerji türüdür. İlk kurulum aşamasında yüksek finansman gerektirmesine rağmen üretim aşamasında harici yakıt gereksinimi duymaması işletim

maliyetlerini düşürmektedir. Bu durum enerji darboğazı ile baş etmeye çalışan Türkiye'nin sorununu hafifletebilmekte kullanabileceği etkili bir yöntemdir.

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde “brüt potansiyel”, “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” kavramları ön plana çıkmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Türkiye'nin mevcut su kaynaklarından brüt hesapla 433 milyar KWh mertebesinde enerji üretmek mümkündür. Üretimde uygulanacak sisteme bağlı olarak yaşanabilecek teknik zorluklar ve bölgesel sınırlamalar da dikkate alındığında ülkemizin teknik değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli 216 milyar KWh'e düşmektedir. Ekonomik yönden yararlanılabilir potansiyel ise maliyetleri, kaynağın ekonomik optimizasyonu ve diğer enerji türleriyle mukayesesi sonucu gösterdiği üstünlükleri çerçevesinde belirlenen değerdir. Hidrolik enerji üretilirken daha çok ekonomik potansiyel üzerinde durulur. Türkiye'nin 2006 yılı itibariyle ekonomik hidroelektrik potansiyeli 129,9 milyar KWh'tir²⁹².

Türkiye sahip olduğu önemli miktarlardaki teknik ve ekonomik açıdan uygun hidroelektrik üretim kapasitesi ile dünya toplam potansiyelinin % 1'ini oluşturmaktadır. Halen dünyada hidrolik güç değerleri sıralamasında sekizinci ülke konumunda yer alan Türkiye aynı zamanda Avrupa'nın toplam potansiyelinin de % 20'sine hakim durumdadır. Bu avantajla Türkiye, Rusya ve Norveç'ten sonra Avrupa'nın üçüncü büyük hidrolik enerji potansiyeline sahip ülke fırsatını elinde bulundurmaktadır²⁹³.

2009 yılı itibariyle Türkiye, Uluslararası Baraj Komisyonu'nca (ICOLD) belirlenmiş standartlara uygun 673 adet baraja sahiptir. Bu barajların 655 tanesi Devlet Su İşleri (DSİ) ve diğer 18 tanesi de özel sektör tarafından inşa edilerek kullanıma açılmıştır. Ayrıca 172 adette Hidroelektrik Santrale (HES) sahip olan Türkiye'nin toplam hidrolik gücü 13,700 MW olup toplam elektrik enerjisi üretim kapasitesi 47,871 GWh'tir. Ülkemizdeki HES'lerin 23 adeti DSİ ve 235 adeti ise özel sektör tarafından kurulup işleme geçmiştir. Böylece Türkiye'de üretilen toplam hidrolik enerjinin % 80'i DSİ'ce gerçekleştirilmektedir²⁹⁴.

²⁹² Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.33

²⁹³ Hidroelektrik Santralleri Sanayi ve İşadamları Derneği (HESİAD), Web Sitesi, http://www.hesiad.org.tr/hid_pot.htm, (Erişim: 29.01.2010)

²⁹⁴ Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>, (Erişim: 31.01.2010)

Tablo 3.7: Türkiye'nin Hidrolik Enerji Potansiyeli / 2009

2009 YILI İTİBARIYLA	İŞLETMEDE			İNŞA HALİNDE (PROGRAMDA)		
	DSİ	DİĞER	TOPLAM	DSİ	DİĞER	TOPLAM
BARAJ (ADET)	655	18	673	145	1	146
BÜYÜK SU İŞLERİ	242	18	260	63	-	63
KÜÇÜK SU İŞLERİ	413	-	413	82	1	83
HES (ADET)	57	115	172	23*	235	258
KURULU GÜÇ (MW)	10,784	2,916	13,700	3,576	7,270	10,846
YILLIK ÜRTİM (GWh)	38,140	9,461	47,871	11,555	27,849	39,404

Kaynak: DSİ Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>, (Erişim: 31.03.2010)

* Yalnızca İnşa Halindeki HES Sayısı Verilmiştir.

6.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi Durumu

Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan “güneş enerjisi”, Türkiye için önemli bir potansiyel sağlamaktadır. Ekonomik anlamda güneş enerjisinden yararlanmak ekvatorun 40 derece kuzeyi ve 40 derece güneyini kapsayan “Dünya Güneş Kuşağı” bölgesinde mümkün olabilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde 36° ve 42° kuzey enlemleri arasında yer alan Türkiye coğrafi konumunun sağladığı imkanla enerji üretiminde avantajlı duruma sahip olmaktadır.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü'nce 1966-1982 yıllarını kapsayan dönemde gerçekleştirilen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti ölçümleri neticesinde elde edilen verilerin, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından kullanılması sonucu ortaya çıkan analizlere göre hesaplanmıştır. Buna göre Türkiye'nin yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti ise, 1311 KWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 KWh/m²)'dir²⁹⁵. Türkiye genelinde maximum güneşlenme temmuz ayında, en düşük güneşlenme ise aralık ayında gerçekleşmektedir.

²⁹⁵ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, (Erişim: 17.02.2010)

Tablo 3.8: Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(Kcal/cm ² -Ay)	(KWh/m ² -Ay)	(Saat / Ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 Cal/cm ² -Gün	3,6 KWh/m ² -Gün	7,2 Saat/Gün

Kaynak: EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (Erişim: 17.02.2010)

Türkiye'nin en çok güneş enerjisi alan bölgesi senelik 2993 saat ile Güney Doğu Anadolu olup ikinci sırada ise senelik 1956 saatle Akdeniz Bölgesi yer almaktadır. Coğrafi sebeplerden dolayı yurdumuzun en az güneş enerjisi potansiyeli içeren bölgesi ise Karadeniz'dir. Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri'nde ekonomik yönden enerji üretimi mümkün iken Karadeniz Bölgesi kesintili enerji sunması açısından cazip değildir.

Tablo 3.9: Türkiye'nin Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (KWh/m ² -Yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Yıl)
G. DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Kaynak: EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (Erişim: 17.02.2010)

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa ülkelerine göre daha zengin olmasına rağmen yeterli ölçüde yararlanma henüz sağlanabilmiş değildir. Ülkemizde

1970'lerden sonra hızlanan güneş enerjisi uygulamaları kapsamında yeni teknolojilere imza atılırken aynı zamanda maliyetlerde önemli düşüşler kaydedilmiştir. Halen ağırlıklı olarak güneş ısıtıcıları kullanımı ağırlıkta olup kurulu kapasite 12 milyon m² (kapladığı kolektör alanı / m²) civarlarındadır. Türkiye'nin hemen her yerinde güneş enerjili su ısıtıcılarının, yılın % 70'inde tam verimle çalışabildiği tespit edilmiştir²⁹⁶.

Türkiye'de güneş enerjili ısıtıcıların yanında fotovoltaik güneş pilleri kullanımı da mevcut olmasına rağmen henüz yaygın değildir. Daha çok kamu kuruluşlarında tercih edilen güneş pilleri düşük enerji ihtiyacı olan telekomünikasyon, deniz fenerleri, otoyol işaretleri ve diğer sinyalizasyon cihazları gibi alanlarda kullanılmakta olup bugün için mevcut güç kapasitesi 1 MW dolaylarındadır. EİE'nin yapmış olduğu değerlendirmeler çerçevesinde Türkiye'nin birincil enerji üretimine güneş enerjisinin yapmış olduğu katkı 2007 yılı itibarıyla 420 Bin TEP düzeyindedir.

Tablo 3.10: Türkiye'de Güneş Kolektörlerinin Enerji Üretimi / Bin TEP

YIL	GÜNEŞ ENERJİSİ ÜRETİMİ (Bin TEP)
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (Erişim: 17.02.2010)

Türkiye'de güneş kolektörleri alanında geniş bir alt yapı mevcut olup 100'den fazla firma tarafından yerli üretim ve % 30 oranında da ihracat gerçekleştirilmektedir. Ayrıca TSE tarafından "TS-3680 Güneş Enerjisi Toplayıcıları" ve "TS-3817 Güneş Enerjisi-Su Isıtma Sistemlerinin Yapım, Tesis ve İşletme Kuralları" belirlenmiştir²⁹⁷.

Türkiye'de 2007 yılında yaklaşık 18 milyon konut olup bunun 4 milyon kadarı çeşitli şekillerde güneş enerjisinden yararlanmıştır. Güneş enerjisinin aynı dönemde ulusal

²⁹⁶ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık 2006, Ankara, ss.40-41

²⁹⁷ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık 2006, Ankara, ss.63,63

ekonomiye katkısı 600 milyon dolar civarlarında olup yeterli kullanımın yaygınlaşması halinde 3,5 milyar dolarlık kazancın mümkün olduğu belirtilmektedir²⁹⁸.

6.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Durumu

Rüzgar enerjisinin kaynağı güneş olduğundan, güneş enerjisi potansiyeline sahip olan ülkeler rüzgar enerjisi bakımından da zengindirler. Bu açıdan Türkiye önemli miktarlarda rüzgar enerjisi potansiyeline sahip bir ülke konumundadır. 1970’lerde yaşanan petrol krizleri ve enerji sektöründeki aşırı fiyat dalgalanmaları sebebiyle dünyada popüler bir kaynak olmaya başlayan rüzgar enerjisi benzer şekilde Türkiye’de de son yıllarda önemini arttırmıştır.

Ülkemizde mevcut rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, üretime uygun coğrafi alanların keşfi, enterkonnekte sisteme bağlanabilme durumu ve yeni santral kuracak yatırımcılara rehber olması amacıyla başta Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) olmak üzere Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ve özel sektör kuruluşları tarafından gerçekleştirilen ölçümler neticesinde Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) oluşturulmuştur²⁹⁹.

Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası’ndan (REPA) elde edilen verilere göre, Türkiye coğrafyası teknik açıdan 88,000 MW düzeyinde rüzgar enerjisi üretimine elverişlidir. Son değerlendirmelere göre ekonomik açıdan üretime uygun potansiyel ise 10,000 MW civarlarındadır. Yurdumuzun özellikle Ege kıyıları, Marmara Bölgesi ve Doğu Akdeniz Bölgeleri rüzgardan enerji üretimi yönünden elverişli yerlerdir³⁰⁰.

Türkiye’de rüzgar enerjisine dayalı üretim gerçekleştirmeyi planlayan firmalar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na (ETKB) başvuru yaptıktan sonra, projeleri Enerji Piyasası Değerlendirme Kurumu (EPDK) tarafından incelemeye alınarak gerekli izinler çıkarılır. Ülkemizde ilk kurulan rüzgar enerjisi tesisi İzmir Çeşme-Germiyan bölgesindeki 3 adet

²⁹⁸ <http://www.alternaturk.org/turkiye-gunes-enerji.php>, (Erişim: 03.04.2010)

²⁹⁹ Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Elektrik İşleri Etüt İşleri Genel Müdürlüğü (EİE), *2009-2013 Stratejik Planı*, s.30

³⁰⁰ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, ‘‘Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları’’, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES’2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.20

türbinden oluşan 1,74 MW gücündeki santraldir. Türkiye’de 2008 yılı itibariyle kurulu bulunan 13 adet santral toplam 249,15 MW üretim gücünde üretim gerçekleştirmektedir³⁰¹.

Tablo 3.11: Türkiye’deki Kurulu Rüzgar Santralleri (01.06.2008)

YERİ	ŞİRKET	ÜRETİME GEÇİŞ	GÜÇ (MW)	TÜRBİN S.
İZMİR-ÇEŞME	Alize A.Ş.	1998	1.5	3
İZMİR-ÇEŞME	Güçbirliği A.Ş.	1998	7.2	12
ÇANAKKALE-BOZCAADA	Bores A.Ş.	2000	10.2	17
İSTANBUL-HADIMKÖY	Sünjüt A.Ş.	2003	1.2	2
BALIKESİR-BANDIRMA	Bares A.Ş.	I/2006	30	20
İSTANBUL-SİLİVRİ	Ertürk A.Ş.	II/2006	0.85	1
İZMİR-ÇEŞME	Mare A.Ş.	I/2007	39.2	49
MANİSA-AKHİSAR	Deniz A.Ş.	I/2007	10.8	6
ÇANAKKALE-İNTEPE	Anemon A.Ş.	I/2007	30.4	38
ÇANAKKALE-GELİBOLU	Doğal A.Ş.	II/2007	14.9	18
HATAY-SAMANDAĞ	Deniz A.Ş.	I/2008	30	15
MANİSA-SAYALAR	Doğal A.Ş.	I/2008	30.6	38
İZMİR-ALİAĞA	İnnores A.Ş.	I/2008	42.5	17
TOPLAM	-	-	249,15	236

Kaynak: http://www.alternaturk.org/ruzgar_yer.php, (Erişim: 24.02.2010)

Türkiye’de kurulu bulunan yaklaşık 250 MW düzeyindeki rüzgar enerjisi santrallerinin (RES) toplam beş adet santralden oluşan 50,1 MW’lık bölümü direkt olarak ulusal enerji şebekesine bağlıdır. Bu beş adet şebekeden 2 tanesi İzmir-Çeşmede (toplam 8,7 MW), bir tanesi Çanakkale-Bozcaada’da (10,2 MW), bir tanesi İstanbul Hadımköy’de (1,2 MW) ve sonuncusu da Balıkesir-Bandırma’da yer alan 30 MW’lık RES’tir³⁰².

Türkiye’de 1995 yılından sonra popüler hale gelmeye başlayan rüzgar gücünden enerji üretimi hızla gelişme göstererek 2008 yılında 250 MW gücüne ulaşmıştır. EPDK’na sadece 2007 yılı içerisinde yapılan lisans başvurusu toplamı 78,000 MW düzeyinde olup, 2012 yılı sonuna kadar bitirilerek hayata geçirilmesi planlanan rüzgar santrallerinin kapasitesi 1800 MW’tır³⁰³.

³⁰¹ http://www.alternaturk.org/ruzgar_yer.php, (Erişim: 24.02.2010)

³⁰² Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.66,68

³⁰³ Süleyman Tolun, “Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Rüzgar Enerjisi”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.37

Türkiye, yerli imalat sanayinde rüzgar enerjisi için ihtiyaç duyulan türbin gövdesi ve türbin kanatları (pervanesi) gibi önemli bazı parçaları üretmeye başlamış bulunmaktadır. Rüzgar enerjisine gereken önem verildiği takdirde Türk endüstrisinin gelişimine olumlu katkı yapacağı gibi yeni istihdam olanakları da yaratabilecektir³⁰⁴.

Türkiye’de rüzgar enerjisi kaynağına yönelik olarak çeşitli yaklaşımlarda bulunulmasına rağmen, şebeke bağlantılı elektrik üretimi RES uygulamaları açısından yeterli ve net bir yaklaşım mevcut değildir³⁰⁵. Sektöre Karşılaşılan bir diğer problem ise, Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyeli açısından bir çok bölgesi, zengin tarihi ve kültürel alanlar üzerinde olduğundan öngörülen rüzgar enerjisi üretim projeleri SİT alanı engeline takılabilmektedir³⁰⁶.

6.4. Türkiye’de Jeotermal Enerji Durumu

Yer kürenin iç tabakalarında depolanmış ısı enerjisi olan ve “yer içi ısı” anlamına gelen jeotermal enerji, bugün dünyanın pek çok yerinde tercih edilen temiz bir kaynak olduğu gibi ülkemizde de yararlanılan önemli bir enerji türüdür. Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, sahip olduğu genç tektonik tabaka ve ona bağlı olarak gelişim gösteren volkanizma sayesinde jeotermal rezervler açısından oldukça zengin bir hal almaktadır. Ülkemizde ilk gerçekleştirilen jeotermal enerji projeleri, 1962 yılında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından sürdürülen sıcak sulara yönelik envanter çalışmalarının ardından başlamıştır³⁰⁷.

Jeotermal enerji potansiyeli bakımından dünyanın zengin ülkeleri arasında yer alan Türkiye’de 1000 civarlarında sıcak ve mineralli su kaynağı mevcuttur. Bu kaynakların % 95’i ısıtma ve kaplıca uygulamaları için elverişli iken elektrik üretimi için yüksek sıcaklıklı rezerv sayısı sınırlıdır³⁰⁸. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü’nün (MTA)

³⁰⁴ Tanay Sıdkı Uyar, “Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu”, <http://www.sunsite.bcc.bilkent.edu.tr/listeler/enerji/2000/May/att-0062/01-RAPOR.doc>, (Erişim: 07.04.2010)

³⁰⁵ TEV-Rüzgar Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı (TEV) Yayını, TÜBİTAK Matbaası, Ankara, 2001, ss.39-40

³⁰⁶ Ayhan Albostan, Yalçın Çekiç, Levent Eren, “Rüzgar Enerjisinin Türkiye’nin Enerji arz Güvenliğine Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 24, No: 4, Yıl: 2009, Ankara, s.646

³⁰⁷ Şakir Şimşek, *Yer İçi Isısından Yararlanma – Jeotermal Enerji*, Temiz Enerji Vakfı (TEV) Yayını, Kasım 2001, Ankara, s.11

³⁰⁸ T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), *Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu*, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, Ankara, 2001, s.35

çalışmaları sonucunda³⁰⁹ Türkiye'nin teorik olarak jeotermal enerji potansiyeli 31,500 MWt olarak belirlenmiştir. MTA tarafından 2010 yılına kadar sürmesi planlanan araştırma çalışmaları neticesinde mevcut potansiyele ilave olarak 1000 MWt ısı ve 300 MW'ta elektrik enerjisi artışı beklenmektedir.

Türkiye'de bulunan 172 adet farklı sıcaklıklara sahip jeotermal sahalardan doğrudan kullanım miktarı 1229 MWt olup, 827 MWt'ı jeotermal ısıtma uygulamaları için, geriye kalan 402 MWt'ı ise kaplıca amaçlı olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'nin bugün itibariyle işletilmekte olan başlıca jeotermal merkezi ısıtma sistemleri Gönen, Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, Afyonkarahisar, İzmir, Sandıklı, Kozaklı, Diyardin, Salihli, Edremit, Sarayköy, Bigadiç ve Sarıkaya (Yozgat)'dır³¹⁰.

Ülkemizde sıcak kuru kayaçlardan enerji üretimi, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu volkanik bölgelerinde potansiyel öngörülmesine rağmen yüksek finansal gereksinimler sonucu araştırılmamaktadır³¹¹. Türkiye'nin ispatlanmış jeotermal enerjisi haricinde, sıcak kuru kayaçları ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş alana yayılan jeolojik merkezleri³¹² değerlendirildiğinde mevcut potansiyel önemli ölçüde artış gösterebilir.

Jeotermal kaynaklar doğrudan ısı enerjisi olarak kullanılabilirdiği gibi ikincil enerji türü olan elektrik enerjisine dönüştürülerek de yararlanmak mümkündür. Türkiye'de mevcut jeotermal rezervler daha çok orta ve düşük sıcaklıklarda olmasına rağmen elektrik enerjisi üretimine uygun muhtemel 2000 MWe'lik potansiyel olduğu tahmin edilmektedir. 2009 yılı Mayıs ayı itibariyle, Türkiye'nin elektrik enerjisi üretimine yönelik işletilmekte olan santral kapasitesi 77,2 MWe'tir. Ayrıca Aydın ve Çanakkale illerinde EPDK'dan üretim izni alınmış olup halen inşası devam eden toplamda 17 MWe'lik jeotermal elektrik enerjisi santrali mevcuttur.

³⁰⁹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Resmi Web Sitesi, http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/enerji/index.php?id=jeotermalpotansiyel, (Erişim: 08.04.2010)

³¹⁰ Engin Ural (Proje Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık 2006, Ankara, s.112

³¹¹ Umran Serpen, "Jeotermal Enerji Endüstrisinde Teknik ve Teknolojik Gelişmeler", Türkiye VIII. Enerji Kongresi, *Türkiye'deki Jeotermal Uygulamalar ve Projeksiyonların Önemi ve Dünya'daki Yeri*, 8-12 Mayıs 2000, Ankara

³¹² Uğur İnoç, "Türkiye'nin Enerji Sorunu ve Nükleer Enerji" *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Ekim 1978, İzmir s.7

Tablo 3.12: Türkiye’de Jeotermal Elektrik Üretimi Durumu / Mayıs 2009

JEOTERMAL SAHA	KURULU GÜÇ (MWe)	SICAKLIK (°C)	İŞLETME DURUMU	LİSANS ALAN ŞİRKET
Denizli-Kızıldere	15	242	İşletmede	Zorlu Enerji A.Ş.
Aydın-Sultanhisar (Dora-1)	7,95	162	İşletmede	Menderes Jeo. Elektrik Üretim A.Ş.
Aydın-Sultanhisar (Dora-2)	9,95	162	İnşa Halinde	Menderes Jeo. Elektrik Üretim A.Ş.
Aydın-Germencik	47,4	232	İşletmede	Gürmat Elektrik Üretim A.Ş.
Çanakkale-Tuzla	7,5	174	İnşa Halinde	Tuzla Üretim A.Ş.
Denizli-Kızıldere	6,85	140	İşletmede	Bereket Jeo. Enerji Üretim A.Ş.

Kaynak: EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (Erişim: 08.04.2010)

Türkiye’nin jeotermal enerji üretimi alanında sahip olduğu potansiyel, toplam elektrik enerjisi ihtiyacının % 5’ini karşılamaya yetecek seviyede olup, ısınma enerjisi ihtiyacının ise yaklaşık olarak % 30’unu meydana getirebilmektedir. Genel olarak ısınma ve elektrik enerjileri ihtiyacı birlikte ele alınıp değerlendirildiğinde ise, mevcut jeotermal kaynaklar Türkiye’nin toplam enerji ihtiyacının % 14’ünü karşılayabilecek düzeydedir³¹³.

Türkiye’nin mevcut jeotermal enerji potansiyelinden yararlanılarak 5 milyon civarında konutun ısıtılması mümkün iken, kaynakların yerleşim birimlerine uzaklığı ve çoğunun küçük yerleşim birimleri olmaları gibi yapısal sebeplerden dolayı kısa ve orta vadede planlanan hedeflere ulaşmak zor görünmektedir³¹⁴. Jeotermal enerji kaynaklarından enerji üretiminin yanı sıra turizm ve sağlık sektörlerinde de yararlanılmakta ve ikincil ürün olarak da karbondioksit ve kuru buz elde edilebilmektedir. Halen Kızıldere’de kurulu bulunan santralde yılda ortalama 120,000 ton sıvı karbondioksit ve kuru buz üretilmiş ve mevcuttur³¹⁵.

³¹³ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, “Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, (UTES’2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.21

³¹⁴ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jenarum Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, <http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/turkyede-jeotermal>, (Erişim: 09.04.2010)

³¹⁵ Sinan Arslan, Mustafa Darıcı, Çetin Karahan, “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, *Jeotermal Enerji Semineri*, İzmir, 3-6 Ekim, 2001, s.27

Günümüz itibariyle jeotermal kaynaklardan sağlanan elektrik enerjisi üretimi, merkezi ısıtma, karbondioksit üretimi, turizm, sağlık ve diğer alanlarda elde edilen gelirlerin Türkiye ekonomisine toplam katkısı 3 milyar TL olarak hesap edilmiştir. Elektrik dışında çeşitli amaçlarla değerlendirilen jeotermal enerjinin kalorifer yakıtı değeri ise 2 milyar TL'dir. Ayrıca sektörde yaklaşık olarak 40,000 kişi istihdam edilmektedir³¹⁶.

Türkiye'nin mevcut jeotermal potansiyelinin ısıtma, soğutma, elektrik üretimi, turizm, sanayi ve sağlık hizmetlerinde tam kapasite kullanılması halinde ülke ekonomisine sağlayacağı net katma değer yılda 20 milyar doların üzerine çıkacağı ifade edilmektedir³¹⁷.

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'ndan itibaren³¹⁸ jeotermal enerji üretimi gerçekleştirmek isteyen firma ve kuruluşlara devlet tarafından orta ve uzun vadeli yatırım kredisi, % 100 yatırım indirimi ve gümrük muafiyeti, finansman fonu, ilave istihdam ve elektrik enerjisi teşviki, ithal malzeme K.D.V ertelemesi gibi çeşitli teşvikler sunulmaktadır.

6.5. Türkiye'de Biyokütle (Canlı Kütle) Enerjisi Durumu

Tarihsel gelişim sürecinde ilk keşfedilen enerji kaynaklarından biri olan canlı kütle (biyokütle), günümüzde halen Türkiye dahil dünyanın hemen hemen her yerinde başvurulan bir enerji türü olma özelliğini korumaktadır. Biyokütlesel kaynakların ısınma, elektrik üretimi ve araçlarda kullanılan yakıt ihtiyacının karşılanması gibi enerji çeşitliliği sunması, ithal kaynaklara bağımlı olan Türkiye açısından stratejik önem taşımaktadır.

Türkiye sahip olduğu tarıma elverişli araziler, su kaynakları, güneşlenme süresinin genişliği ve iklimi gibi coğrafi özellikleri sayesinde biyokütle yetiştiriciliği açısından önemli potansiyele sahiptir. Türkiye'de gıda üretimi dışında elde edilebilmesi mümkün görünen brüt biyokütle enerji potansiyeli 135-150 milyon TEP/yıl civarlarındadır. Enerji dönüşüm sırasında ve diğer aşamalarda yaşanan kayıplar çıkarıldığında geriye kalan net

³¹⁶ Türkiye Jeotermal Enerji Derneği, <http://www.jeotermalderneği.org.tr/>, (Erişim: 07.04.2010)

³¹⁷ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.265

³¹⁸ T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik ÖİK - Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, Yayın No: DPT: 2441 – ÖİK: 497, Mayıs 1996, s.38

değerin 90 milyon TEP/yıl ve ekonomik anlamda ise 25 milyon TEP düzeyinde üretilebileceği öngörülmektedir³¹⁹.

Türkiye'nin tarıma elverişli arazilerinin % 5'lik kısmının enerji tarımına tahsis edilmesi halinde üretebileceği miktar 150 TWh olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin sahip olduğu geniş coğrafyada çok sayıda küçükbaş ve büyükbaş besi hayvanının yanında kanatlı hayvan gruplarını da barındırdığı göz önünde tutulduğunda, mevcut hayvansal atıkların biyokütlesel enerji potansiyelini önemli ölçüde arttıracığı açıkça görülmektedir. Sadece hayvansal atıkların değerlendirilmesi halinde dahi, üretilebilecek biyokütlesel enerji miktarı 13 milyon TEP düzeyindedir³²⁰.

Tablo 3.13: Türkiye'nin Hayvansal Atık Potansiyeline Denk Gelen Üretilebilecek Biyogaz Miktarı ve Taş Kömürü Eş Değeri

HAYVAN CİNSİ	HAYVAN SAYISI (Adet)	YAŞ GÜBRE MİKTARI (Ton/Yıl)	BİYOĞAZ MİKTARI (M ³ /Yıl)	TAŞ KÖMÜRÜ EŞ DEĞERİ (Ton/Yıl)
Sığır	11.054.000	39.794.400	1.313.215.200	1.181.894
Koyun-Keçi	38.030.000	26.621.000	1.544.018.000	1.389.616
Tavuk-Hindi	243.510.453	5.357.230	417.863.937	376.078
Toplam	292.594.453	71.772.630	3.275.097.137	2.947.587

Kaynak: EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, (Erişim: 02.04.2010)

Türkiye'de enerji tarımı fikri, cumhuriyetin kuruluş yıllarına dayanmasına rağmen 1945'lere kadar mevcut yasal zemin eksikliği ve ulusal politikaların eksikliği sebebiyle uygulanamamıştır³²¹. 1970'lerde yaşanan petrol krizleriyle birlikte XXI. yüzyılın enerji güvenliği ön plana çıkmış, ve belirlenen bu yeni stratejiye paralel olarak sürdürülebilir kalkınmasını güvence altına alabilmek amacıyla Türkiye, alternatif kaynaklarını kullanmanın yanı sıra, bozuk baltalık alanlarını ıslah ederek verimli enerji ormanlarına dönüştürme kararı almıştır.³²²

³¹⁹ Adem Akpınar, Murat İ. Kömürcü, Mustafa H. Filiz, "Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, (UTES'2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul, s.18

³²⁰ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.227

³²¹ Mustafa Acaroğlu, "AB Sürecinde Türkiye'de Biyodizel Üretimi, 'Sorunlar-Öneriler' ", *DEK-TMK Onuncu Türkiye Enerji Kongresi*, s.388

³²² Ülku Eser Ünalı, "Enerji Ormanlığı (Yeşil Kömür) ve Türkiye", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 2, Yıl: 2003, Elazığ, s.56

Türkiye’de biyokütlesel enerjiden ağırlıklı olarak geleneksel yakma işlemi sonucu açığa çıkan ısı enerjisi şeklinde yararlanılmaktadır. Özellikle kırsal kesimde bitkisel kökenli maddelerin payı yüksek olmakla birlikte hayvansal atıklar da değerlendirilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) verilerine göre³²³, 2007 yılında Türkiye’nin birincil enerji arzına 9,60 milyon TEP değerinde katkı sağlayan alternatif enerji kaynaklarının % 52,3’lük bölümünü biyokütlesel enerji ve atıklar oluşturmuştur. 2007 yılında biyokütlesel enerjinin içerisinde katı atıkların payının % 99,5 olduğu hesap edilmiştir.

Türkiye, ihtiyacı olan petrol ve petrol ürünlerinin % 90’ından fazlasını dışarıdan ithal eden bir ülke konumundadır. Biyoyakıtların petrol enerjisi yerine ikame edilebilme özelliği göz önünde tutulduğunda, mevcut potansiyelin etkin bir biçimde değerlendirilmesi halinde, dışa olan bağımlılık önemli ölçüde düşüş gösterebilir³²⁴.

Türkiye’de biyodizel ve bioetanol (biyobenzin) üretimi ‘‘Petrol Piyasası Yasası’’ içerisinde yer almakta olup, akaryakıt ile harmanlanabilen yakıt şeklinde tanımlanmaktadır. Biyodizel üretici firmalar EPDK’dan işleme izni aldıktan sonra araçlarda kullanılan biyodizel için ‘‘TS EN 14214’’, normal yakıt olarak kullanım için ise, ‘‘TS EN 14213’’ standartlarına uygun üretim yapmakla yükümlüdürler.

Ülkemizde biyoyakıt üretimi daha çok ayçiçeği, pamuk, yer fıstığı, soya, susam, kanola ve aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden üretilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın verilerine göre Türkiye’de 2006 yılında tarımı gerçekleştirilmiş olan yağlı tohumların miktarı, ayçiçeği için 1,010,000 ton, pamuk için 976,540 ton, yer fıstığı için 77,454 ton ve 86,855 ton olan diğer bitkilerden oluşup toplamda 2,545,454 ton’dur. Kentsel ve endüstriyel atıklarında hesaba katılmasıyla Türkiye’de senelik 8,6 milyon tona eş değer petrol civarında potansiyel mevcut olup, bunun 6 milyon tonu ısınmada kullanılmaktadır³²⁵.

³²³ IEA-International Energy Agency, IEA Statistics, *Renewables Information 2009*, OECD/IEA Publication, Paris/France, s.376

³²⁴ Metin Demirtaş, Vedat Gün, ‘‘Avrupa ve Türkiye’deki Biyokütle Enerjisi’’, *Celal Bayar Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt: 3, Sayı: 1, Yıl: 2007, s.55

³²⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Web Sitesi, <http://www.enerji.gov.tr>, (Erişim: 03.04.2010)

Türkiye’de 2006 yılı mart ayı itibariyle önceden kapasite raporu alan firmalar da dikkate alındığında biyoyakıt üretici firma sayısı 204’e yükselmiş olup, toplam üretim kapasitesi 2,608,311 ton’dur³²⁶. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ölçümlerine göre³²⁷, Türkiye’de atıklardan üretilen biyogaz kurulu gücü 15 MW düzeyindedir. Ayrıca senelik 22 milyon ton akaryakıt tüketimine sahip olan Türkiye’nin, 1,5 milyon tonu biyodizel ve 160,000 tonu biyoetanol olmak üzere toplamda 1,66 milyon ton yerli üretime uygun kurulu kapasitesi mevcuttur.

Bilimsel çalışmalar neticesinde fındık yağından üretilen biyodizelin standart dizel motorlarda problemsiz bir şekilde adaptasyonu sağlanmıştır. Bu nedenle dünya fındık potansiyelinin % 70’ini elinde bulunduran Türkiye, biyoyakıt üretimi konusunda önemli bir avantaj yakalamış bulunmaktadır³²⁸.

Biyokütle enerji üretilen biyoyakıt, gelişen endüstrisiyle yeni iş imkanları yaratmaktadır. 2006 yılında doğrudan biyoyakıt sektöründe yaklaşık 2500 kişiye istihdam sağlanmıştır³²⁹. Yakın bir gelecekte bu sayının, artan biyoenerji talebine paralel olarak yükseliş göstermesi beklenmektedir. Ayrıca Türkiye’de, yerli üreticiyi korumak adına tarım ürünlerinden elde edilen biyoyakıtlar, petrol kökenli yakıtlara % 2 oranında karıştırıldığında ÖTV’den muaf iken, ithal otobiyodizel için 72 Kr/Lt ÖTV vergisi uygulanmaktadır.

6.6. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Durumu

Konvansiyonel enerji sistemlerine kolay adaptasyonu, sürekli yenilenebilir bir enerji türü olması ve çevreci yakıtlar içerisinde yer alması gibi özellikleri, hidrojenin XXI. yüzyılın umudu olarak görülmesini sağlamaktadır. Enerji taşıyıcısı olan hidrojeni benzersiz kılan unsurlardan bir diğeri de fosil kökenli kaynaklardan üretilmesinin yanında alternatif olarak nitelendirilen kaynaklardan da elde edilebilir olmasıdır.

³²⁶ Mustafa Acaroğlu, ‘‘AB Sürecinde Türkiye’de Biyodizel Üretimi, ‘Sorunlar-Öneriler’ ’’, *DEK-TMK Onuncu Türkiye Enerji Kongresi*, s.388

³²⁷ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Web Sitesi, <http://www.eie.gov.tr>, (Erişim: 02.04.2010)

³²⁸ Cengiz Öner, İbrahim Can, Ahmet Koca, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2007, s.136

³²⁹ Mustafa Acaroğlu, ‘‘AB Sürecinde Türkiye’de Biyodizel Üretimi, ‘Sorunlar-Öneriler’ ’’, *DEK-TMK Onuncu Türkiye Enerji Kongresi*, s.389

Fosil kaynakların büyük bir bölümünün yakın bir gelecekte tüenecek olması, alternatif kaynaklardan gerçekleştirilecek üretimin önemini arttırmaktadır. Bu sebeple alternatif enerji kaynağına sahip olan ülkeler, hidrojen enerjisi temininde de sıkıntı yaşamayacaklardır. Bu açıdan değerlendirildiğinde dünya ortalamasının üzerinde yenilenebilir kaynaklara hakim olan Türkiye, hidrojen enerjisi üretimi bakımından önde gelen ülkeler arasında olma avantajını elinde bulundurmaktadır.

Hidrojen enerjisinden yararlanmanın yaygınlaşması amacıyla 1974 yılında düzenlenen ‘‘Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı (THEME)’’nın ardından, Uluslararası Hidrojen Enerjisi Kurumu kurulmuş ve çalışmalara başlamıştır³³⁰. Türkiye’de, 1990’lı yıllarda ODTÜ başta olmak üzere bir çok üniversitede hidrojen enerjisi konusunda yürütülen bilimsel çalışmalar netice vermiş ve 21 Ekim 2003’te, Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (UNIDO – ICHET)’nin kurulması anlaşması Viyana’da imzalanmıştır. Merkezi İstanbul’da bulunan teşkilat, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve UNIDO arasında mutabakata varılarak onaylanmış olup, başkanlığına Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu getirilmiştir.

Türkiye’nin hidrojen enerjisi üretimine yönelik olarak yürüttüğü çalışmalar genellikle hidrojenin, saflaştırılması, taşınması ve depolanması gibi aşamaları olup, yakın tarihte hayata geçirilmesi planlanan başlıca projeler şu şekildedir³³¹;

- Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Enstitüsü tarafından yürütülen ve AB’nin de destek verdiği, VI. Çerçeve Programı’na yönelik, Hidrojen Teknolojileri Mükemmeliyet Projesi (HYPROSTORE),
- MAM, ODTÜ, İstanbul, Boğaziçi, Sabancı, İTÜ gibi üniversite ve bazı kurumlar tarafından yürütülen katı oksit yakıt pili araştırmaları projesi,
- TÜBİTAK – MAM’ın üstlendiği 1,5 KW gücünde Polimer Elektrolit Membran (PEM) Tipi Yakıt Pili Sistemi kurulum projesi,

³³⁰ Özgür Aslan, ‘‘Hidrojen Ekonomisine Doğru’’, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl: 6, Sayı: 11, Bahar 2007/2, s.287

³³¹ Gülbahar Kurtuluş, F. Öznur Tabakoğlu ve İ. Engin Türe, ‘‘Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Çalışmaları ve UNIDO – ICHET’’, *DEK-TMK Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, ss.462-463

- Bor Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenen Doğrudan Sodyum Borhidrüllü Yakıt Pili Üretimi ve Entegrasyonu Projesi (DSBHYP),
- ICHET tarafından organize edilen Bozcaada Rüzgar-Hidrojen Enerjisi Pilot Projesi ve İstanbul İETT idaresine bağlı 12 otobüsten oluşan hidrojen enerjili otobüs filosu projesi³³²,
- TPAO ve TEMSA işbirliği ile yürütülen hidrojenle çalışan Atatürk Havalimanı Otobüs Projesi, EÜAŞ ve İGDAŞ tarafından planlanan hidrojen üretimi ve doğalgaz borularına verilmesi, bazı özel sektör firmaları ile kurulan konsorsiyumlar çerçevesinde yenilenebilir kaynaklardan hidrojen enerjisi üretimi projeleridir³³³.

Dünyadaki örneklerine benzer şekilde ülkemizde de hidrojen, fosil kökenli kaynakların (ağırlıklı olarak doğalgaz) buhar reformasyonu esasına dayalı elde edilmektedir. Alternatif enerji kaynaklarından hidrojen üretimi henüz maliyetli olduğundan genellikle enerji dışı kullanımlar için tercih edilmektedir. Üretilen hidrojenin en çok kullanıldığı alanlar ise kimya ve petro-kimya sanayi sektörleridir. Türkiye’de yıllık hidrojen enerjisi kullanımı yaklaşık olarak 80,000 m³ civarlarındadır.

Tablo 3.14: Türkiye Geneline Üretilen Hidrojenin Sektörlerde Kullanım Miktarları

SEKTÖR	YILLIK KULLANIM MİKTARI (M ³)
Suni Gübre Sanayi	25,000
Bitkisel Yağ (margarin) Üretimi	16,000
Rafineriler	1,200
Petrokimya Endüstrisi	30,000
Hidrojen Hayvansal Yağ Üretimi	200-300
Gaz veya Sıvı Hidrojen Üretimi	6,000

Kaynak: ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (Erişim: 06.04.2010)

2005 yılı itibariyle hidrojen enerjisi ve yakıt pili üretimi amacıyla oluşturulan araştırma bütçeleri Japonya’da 2,7 milyar \$, ABD 379,1 milyon \$, Kanada 110 milyon \$ ve AB’de VI. Çerçeve Programı kapsamında 150 milyon euro olup, ülkemizde ayrılan bütçe finansal sıkıntılar sebebiyle oldukça düşüktür³³⁴.

³³² Neşe Deriş, *Geleceğin Yakıtı Hidrojen*, Birsen Basım Yayın, İstanbul, 2006, ss.70-75

³³³ Engin Ural (Proj. Sorumlusu), *Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık 2006, Ankara, ss.179-180

³³⁴ Atilla Ersöz, ‘‘Alternatif Enerji Teknolojileri Araştırmaları ve Çevre İlişkisi’’, *TÜBİTAK – MAM Enerji Enstitüsü, Enerji ve Çevre İlişkisinde Alternatif Enerjilerin Yeri ve Önemi Paneli*, 28 Haziran 2006, İstanbul

Türkiye’de hidrojen enerjisi üretimi için kullanılması öngörülen alternatif kaynaklar hidrolik enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerji olup teknolojik yönden geçiş aşamasında olan ülkemizin kısa dönemde hidrolik ve nükleerden, uzun dönemde ise FV Güneş-Hidrojen sisteminden üretim yapması beklenmektedir³³⁵. Ayrıca Türkiye’nin sahip olduğu hidrojen kaynağı potansiyelini ekonomik bir şekilde değerlendirmek amacıyla Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından orta ve uzun vadede yapılabilecekler çok yönlü olarak planlamakta olup, AB müktesebatında hidrojenin yeri ve Türkiye’nin bu konuda uyum sürecinin irdelenmesi üzerine çalışmalar sürdürülmektedir³³⁶.

7. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI

Sanayileşme ile birlikte önemli hammadde girdileri arasında yerini alan enerji, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan ölçüt halini almış durumdadır. Günümüzde gelişmiş olarak nitelendirilen endüstrileşmiş ülkelerin, ulusal ekonomilerinin büyüklüğüne göre kategorize ediliyor olması, bu ülkelerin enerji girdisini gerek sanayi ve gerekse de hizmetler sektöründe aktif olarak değerlendirebildiğinin bir göstergesidir. Ekonomik kalkınmışlık düzeyi ve enerji tüketimi arasında kurulan bu orantılı ilişki, pek çok defa ampirik gözlemler ve ekonometrik hesaplamalarla ortaya konulmuş durumdadır.

Gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerin ekonomileri ile enerji tüketimleri arasında bulunan nedensellik bağı farklı modellerle açıklanmakta olup genel olarak esneklik katsayısı ile belirlenmektedir. Ulusal ekonomide yüzde bir oranında bir artışın yakalanabilmesi için tüketilmesi gereken enerjinin de yüzde bir oranında artması gerektiğini ifade eden esneklik katsayısı değeri, “1” olarak kabul edilir. Buna göre gelişmiş ülkelerin esneklik katsayısı 1’den küçük iken, gelişmekte olan ülkelerin esneklik

³³⁵ Ferruh Ertürk, “Türkiye’nin Alternatif Enerji Üretim İmkanları ve Fırsatları”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, TASAM Yayınları, 26 Nisan 2006, İstanbul, s.115

³³⁶ Oğuz Ertürk, Ayşe Yıldırım, Feridun Kuru, “Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen ve Temiz Enerjilerin AB Müktesebatı ve Uyum Sürecindeki Yeri”, *XXI. Ulusal Kimya Kongresi*, 23-27 Ağustos 2007, Malatya

katsayısı ise 1'e yakın bir değer almaktadır³³⁷. Ortaya çıkan değerler karşılaştırıldığında, gelişmekte olan ülkelerin hızla büyüme göstermeleri sebebiyle enerji tüketimleri çok yoğun iken, gelişmiş ülkelerin büyüme hızları yavaşladığından enerji tüketim yoğunluklarının da düşük olduğu gözlemlenmektedir.

Gelişmiş ekonomik yapıya sahip OECD ülkeleri ile gelişmekte olan ülkelerin esneklik katsayılarında gözlemlenen temel farklılıklar teknolojik üstünlük, enerji kullanım yoğunluğu ve sektörel tercihler şeklinde sıralanabilir. Kalkınmış OECD ülkeleri günümüzde enerji tasarrufu ve verimliliği üzerine odaklanmış durumdadır. Birim ürün çıktısı elde edebilmek amacıyla harcanması gereken enerji düzeyini ifade etmekte kullanılan enerji yoğunluğu, maliyet unsurlarını doğrudan belirleyen faktörlerden bir tanesidir. Pahalı bir girdi olan enerjinin mümkün olduğunca az kullanılarak optimum üretimi gerçekleştirmek anlayışını belirleyen endüstrileşmiş toplumlardaki bu tutum, enerji tüketimini azaltıcı etki yapmaktadır.

Teknolojik üstünlük ise, enerji yoğunluğu ve tüketim verimliliği kavramlarına benzer şekilde, gelişmişlik düzeyleri ve enerji tüketimi arasında fark yaratan bir diğer unsurdur. Eski teknolojiye sahip toplumların sanayi üretimi ile modern tekniklere sahip toplumların sanayi üretimleri arasında ciddi ölçüde maliyet unsurları bulunmaktadır. Bu durum da, ekonominin gelişim sürecini ve dolayısı ile Gayri Safi Milli Hasıla artışını yavaşlatıcı etki yaratmaktadır.

İktisadi açıdan gelişmiş ülkelerin düşük esneklik katsayısına sahip olmalarının bir başka deyişle enerji yoğunluğunun düşük olmasının sebepleri arasında sektörel tercihler de yer almaktadır. Bu ülkeler, yüksek enerji girdisi gerektiren sanayi sektöründen, daha düşük enerjiye ihtiyaç duyulan hizmetler sektörüne doğru yönelmiş bulunmaktadırlar. İmkanlar dahilinde pahalı enerji girdisini asgari düzeye indirmek, kar optimizasyonunun sağlanmasına yardımcı olacak ve böylece milli gelirin yükselmesine de katkıda bulunacaktır.

Gelişim sürecini henüz tamamlamamış olan toplumların tüketmekte olduğu enerjinin büyük bir kısmı, ticari olmayan yani ısınma ve yemek pişirme amaçlı enerji türü sınıfında

³³⁷ Cem Saatçioğlu ve İsmail Küçükaksoy, "Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi", Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, <http://www.sbe.dpu.edu.tr/11/19-41.pdf>, (Erişim: 14.08.2010)

yer almaktadır. Ağırlıklı olarak Çin’de ve Afrika’da yaygın olarak görülen bu kullanım şekli, alternatif enerji kaynaklarından biyokütle enerjisine dayanmaktadır. OECD ülkelerine oranla az gelişmiş ülkelerde enerji yoğunlukları hesaplamalarının yüksek çıkmasına sebep olan bu durum, esneklik katsayısının da 1’e yakın olmasını sağlamaktadır. Bu saptamadan yola çıkarak az gelişmiş ülkelerde enerji tüketiminin GSMH üzerindeki doğrudan katkısının endüstrileşmiş ülke ekonomilerine katkısına kıyasla çok kısıtlı olduğunu söylemek mümkündür.

Türkiye, hızla gelişen ülkeler arasında yer almakta olup göstermiş olduğu endüstrileşme faaliyetleri, enerji girdisinin yoğun bir şekilde kullanıldığı anlamına gelmektedir. Küresel rekabet alanında sahip olduğu payı arttırmak isteyen Türkiye, sanayiye dayalı ihracat programını benimsemiş olup, politikalarını bu doğrultuda belirleme sürecine girmiştir. Ağır sanayi üretiminin de önemli girdilerinin başında gelen enerji, bu nedenle önemini korumaktadır. Türkiye’nin enerji tüketimi ve GSMH gelişim sürecine bakıldığında birbirine paralel doğrusal orantılı bir artış olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 3.15: Türkiye’nin GSMH ve Toplam Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi

YILLAR	GSMH (Milyon Dolar)	TOPLAM TÜKETİM (Bin TEP)
1970	18,326	18,845
1975	48,281	27,446
1980	69,749	31,963
1985	68,199	39,335
1990	152,393	52,646
1995	171,979	62,893
2000	201,463	78,865
2001	144,607	73,946
2002	182,929	76,591
2003	238,409	82,123
2004	301,636	86,142
2005	362,769	89,099

Kaynak: DPT ve ETKB Verileri

1970 yılından 2005 yılına kadar uzanan otuz beş senelik dönemde Türkiye’nin artan nüfusu ve gelişim gösteren ticari sektörleri, beraberinde enerjiye olan talebin de yükselmesini sağlamıştır. Aynı şekilde iktisadi ve sanayisel ilerlemenin ülke ekonomisine ve dolayısıyla GSMH’sına yapmış olduğu katkı birbirinden dönemsel farklılıklar göstermiş olsa bile genel itibariyle pozitif yönlü olarak gerçekleşmiştir.

İstisnai olarak 1970'li yıllarda yaşanan iki petrol krizi, enerji tüketimini doğrudan etkilemiştir. Türkiye'nin 1970-2000 yıllarını kapsayan dönemde senelik ortalama % 45 dolaylarında artış gösteren enerji tüketimi, 1979 petrol krizinin ardından % 16 seviyesine kadar düşmüş ve bu düşüş dolaylı olarak ulusal ekonomiye olumsuz bir şekilde yansımıştır. 1985 yılına dek süren beş senelik dönemde enerji girdisinin düşük arzla birlikte yükselen fiyatı, ekonomide yavaşlamaya sebep olmuş ve aynı dönemde GSMH 69,7 milyar dolar düzeyinden 68,1 milyar dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Enerji fiyatları ulusal ekonominin gelişim sürecinde belirleyici tek etken faktör olmamasına rağmen, önemli kalemler arasında yer almaktadır.

Ekonomik gelişme ile enerji tüketimi arasındaki doğrusal ilişki sadece enerji talebinden kaynaklanan değişimlere bağlı olmayıp, aynı zamanda iktisadi hayatta gerçekleşen dalgalanmalardan da kaynaklanabilmektedir. Nitekim Türkiye'de Şubat 2001 tarihinde meydana gelen finansal kriz, enerji tüketimini düşürücü sonuçlara yol açmıştır. Krizin yaşandığı 2001 yılında GSMH değerindeki beklenen artış 1970-2005 yılları arasındaki dönemde ilk defa hissedilir derecede azalma göstermiştir. Bu durum enerji piyasasını da etkilemiş ve tüketim miktarı ekonomiye paralel olarak 78,8 milyon TEP düzeyinden 73,9 milyon TEP seviyesine düşmüştür.

Tablo 3.16: Türkiye'nin 1970-2005 Döneminde Enerji Sektörünün GSMH İçerisindeki Payı

YILLAR	ENERJİ SEKTÖRÜNÜN PAYI (Bin YTL)	GSMH (Bin YTL)
1970	1	208
1975	6	691
1980	42	5,303
1985	636	35,350
1990	7,745	397,178
1995	192,169	7,854,887
2000	3,716,743	125,596,129
2001	7,015,153	176,483,953
2002	11,355,859	275,032,366
2003	13,044,356	356,680,888
2004	14,277,224	428,932,343
2005	15,460,290	486,401,032

Kaynak: DPT - Devlet Planlama Teşkilatı

Cari fiyatlarla hesaplanan GSMH içerisinde enerji sektörünün payı 1970 yılından günümüze kadar düzenli olarak artış göstermiştir. Türkiye'nin yüksek katma değer artışı sağlayan sanayi sektörüne yönelmesiyle birlikte, enerji talebi ve ulusal ekonomiye yaptığı katkı da önemli derecede yükselmiştir. 1970'li yıllarda GSMH içerisinde yüzde 0,5 gibi düşük bir paya sahip olan enerji sektörü, 2005 yılında yüzde 3'lük seviyeye erişmiş durumdadır.

Türkiye bugün itibariyle enerji yoğun üretim yapan ülkeler arasında yer almakta olup, mevcut fosil enerji kaynaklarının kısıtlı olması, üretimde kullanacağı enerjiyi ithal etmesine sebep olmaktadır. İmalat sektörünün gereksinimi olan enerji, Türkiye'nin ödemek zorunda olduğu ithalat faturasını arttırmakta ve bu durum önemli ölçüde döviz kaybı anlamına gelmektedir.

Ulusal ekonomiye enerji ithalatının getirdiği yük, ödemeler dengesini zorladığı gibi aynı zamanda ithalat seçeneği, imalat sektörünün küresel pazarlarda yakalamak zorunda olduğu rekabet seviyesini de güçleştirmektedir. İthal girdinin maliyetleri arttırıcı etkisi göz önünde bulundurulduğunda, maliyetler doğrudan nihai ürün fiyatına yansımakta ve bu durum da tam rekabet piyasasında rekabet fırsatını olumsuz etkilenmektedir.

Türkiye'nin enerji ithalatı faturasının ulusal bütçe dengesine getirdiği yük, 2000-2006 yılları arası verileri incelendiğinde daha net bir şekilde anlaşılmaktadır. 2000 yılı itibariyle Türkiye'nin toplam ithalat ödemeleri içerisinde enerji sektöründen kaynaklanan ithalatın payı yüzde 17 iken, bu değer 2006 yılına kadar geçen sürede yüzde beş artarak toplamda yüzde 21 seviyesine ulaşmış bulunmaktadır. Bunun anlamı, Türkiye enerji sektöründe her geçen gün yabancı kaynaklara daha fazla bağlanmaktadır ve bu durum doğrudan Türkiye'nin ekonomik gelişim süreci üzerinde olumsuz etki yapmaktadır.

Tablo 3.17: Enerji İthalatının Ödemeler Dengesindeki Payı / Milyon \$

YILLAR	2000	2004	2005	2006
ENERJİ İTHALATI				
Kömür	676,254	1316,62	1686,89	1977,9
Petrol ve Petrol Ürünleri	5642,69	8635,9	12398,1	18337,1
Petrol Gazları ve Doğalgaz	3078,66	4438,86	7130,57	8514,5
Elektrik Enerjisi	132	16	18	19
TOPLAM	9,529	14,407	21,234	28,848
TOPLAM İTHALAT	54,503	97,540	116,563	139,576
ENERJİ İHRACATI				
Kömür	2	3	5	
Petrol ve Petrol Ürünleri	292	1,111	2,027	
Petrol Gazları ve Doğalgaz	15	255	505	128
Elektrik Enerjisi	20	60	103	
TOPLAM	329	1,429	2,641	128
TOPLAM İHRACAT	27,775	63,167	73,472	85,534
NET ENERJİ İTHALAT ÖDEMESİ	9,200	12,978	18,593	28,720
TOPLAM İHRACAT GELİRLERİ İÇİNDE ENERJİ İTHALATININ PAYI	33 %	21 %	25 %	34 %
TOPLAM İTHALAT İÇİNDE ENERJİ İTHALATININ PAYI	17 %	13 %	16 %	21 %

Kaynak: 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, TBMM Enerjiye ve Enerji Verimliliğine Bakış Açıları Paneli, 15-16 Ocak 2009, s.16

2000 yılı ve sonrasındaki dönemde enerji tüketiminde yaşanan ivmelenme, net enerji ithalat faturasının da aynı şekilde yükselmesine sebep olmuştur. Türkiye 2000 yılında toplamda 54,5 milyar dolarlık ithalat yapmış olup, enerjinin ithalat içerisindeki payı 9,2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Yüzde 17'lik ithalat hacmini oluşturan enerji kalemi, ağırlıklı olarak petrol ve petrol ürünleri ile petrol gazları ve doğalgaz ticaretinden kaynaklanmıştır.

Enerji sektöründeki petrol ve petrol ürünleri ithalatı, 2000 yılında 5,6 milyar dolar ile listenin başında yer alırken 2006 yılına gelindiğinde 18,3 milyar dolarla yerini korumaktadır. Azalan petrol rezervleri, OPEC ülkelerinin fiyat mekanizması üzerindeki etkileri, siyasi istikrarsızlık ve maliyet unsurlarında gerçekleşen değişimlerden ötürü sürekli olarak artış gösteren petrol varil fiyatları, Türkiye gibi ithalata bağımlı ülkelerin ödemekle yükümlü olduğu faturaya olumsuz bir şekilde yansımaktadır.

Petrol ve petrol türevlerine benzer şekilde Türkiye'nin, petrolgazı ve doğalgaz ürünlerine ödediği döviz miktarı da her geçen gün artmaktadır. Çevresel faktörlerin ve Karbon Ticareti sürecinin de etkisiyle Türkiye, elektrik enerjisi üretiminde yerli kömür kaynaklarının yerine rezervlerine sahip olamadığı ve ithalatla karşılamak durumunda olduğu doğalgaza yönelmiş durumdadır. 2000 yılında Türkiye doğalgaz ve türevlerine 3 milyar dolar ayırırken bu rakam 2004 yılında 4,4 milyar dolara, 2005'te 7,1 milyar dolara ve 2006'da ise 8,5 milyar dolara kadar yükselmiştir.

Türkiye'nin yüksek oranda enerji ithalatının yanında enerji ihracatı da mevcuttur. Petrol ve petrol ürünlerinin ağırlıkta olduğu enerji ihracat kalemlerinin arasında doğalgaz ve direkt elektrik enerjisi de bulunmaktadır. 2000 yılında 292 milyon dolar olan petrol ürünleri ihracatı, 2004 yılında 1,1 milyar dolara ve 2005 yılında 2 milyar dolara yükselmiştir. Doğalgaz ihracatı ise 2000 yılında 15 milyon dolardan, 2005 yılında kadar 505 milyon dolara çıkmıştır.

Türkiye'nin enerji ihracatı, enerji ithalatının karşılanması oranından oldukça uzaktır. Bununla birlikte, toplam ithalat içerisindeki enerji sektörünün payı artış eğilimindedir. 2006 yılı verileri, toplam enerji ithalatına ödenen miktarın 28,8 milyar dolara ulaştığını göstermektedir. Türkiye'nin 2006 yılı ithalatının 139,5 milyar dolar olduğu göz önüne alındığında, enerji sektörünün toplam ithalat içerisindeki payı yüzde 21 civarlarına ulaşmış durumdadır.

Türkiye'nin enerji sektöründe faaliyet gösteren ve ilk 22 sırada yer alan şirketlerin finansal büyüklükleri, sektörün Türkiye ekonomisine yapmış olduğu katkının önemini bir kez daha vurgulamaktadır. 2008 yılı verilerine göre 22 şirketin net satışları toplamı 127,4 milyar TL seviyesine ulaşmış bulunmaktadır. Enerji sektörünün 2008 yılında yaklaşık 1,7 milyar dolar zarar eden Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) ve Elektrik Üretim Anonim Şirketi'nin (EÜAŞ), karları düşüldüğünde sektörün senelik net karı, 763 milyon dolar seviyesindedir.

Tablo 3.18: Türkiye’deki Enerji Şirketleri Finansal Verileri

SIRA	ŞİRKET	NET SATIŞ (Milyon TL)	NET KAR (Milyon TL)	ÇALIŞAN SAYISI
1	TÜPRAŞ	30,456	432	4,351
2	BOTAŞ	21,082	160	2,805
3	TEDAŞ	20,652	- 1,090	30,000
4	PETROL OFİSİ	17,202	105	1,168
5	SHELL&TURCAS	10,872	208	561
6	EÜAŞ	8,801	- 592	9,655
7	BP	6,377	-0,2	398
8	AYGAZ	3,579	25	1,431
9	İGDAŞ	2,612	13	2,250
10	TPAO	1,398	1,566	4,668
11	ZORLU ENERJİ	667	- 336	891
12	ENERJİSA	657	- 32	328
13	AKENERJİ	607	88	217
14	SOMA ELEKTRİK	582	29	1,017
15	ENERJİ PETROL	408	4	120
16	BURSAGAZ	360	40	86
17	AKSA ENERJİ	333	12	225
18	KAYSERİ VE CİV. E.	320	2	602
19	ATAER ENERJİ	131	6	27
20	PARK ELK. MADEN.	110	74	417
21	AYEN ENERJİ	100	41	174
22	GESAN YATIRIM	89	0,8	92
TOPLAM		127,405	763	61,493

Kaynak: PETROTURK, Altan Kolbay, “Türkiye’nin En Büyük 22 Enerji Şirketi”, <http://www.petroturk.com>, (Erişim: 16.08.2010)

Enerji sektörünün istihdam üzerindeki etkileri de Türkiye ekonomisine olumlu katkı yapmaktadır. Ülkemizin önde gelen enerji şirketlerinin 2008 yılında yarattığı işgücü sayısı 61,493 kişidir. Doğrudan istihdama ek olarak yan sektör kuruluşlarının yarattığı işgücü olanakları da hesaba katıldığında, dolaylı işgücü ortaya çıkmakta ve istihdam oranı yükselmektedir. Konvansiyonel enerji sistemlerinin geçerli olduğu bir ekonomide alternatif enerji sistemlerinin de üretime katılması, atıl durumda bulunan enerji kaynaklarının iktisadi anlamda kazanılmasını sağlayacağı gibi aynı zamanda yeni imalat sektörlerini hayata geçireceğinden istihdam yaratıcı özelliği de değerlendirilmiş olacaktır.

Serbest piyasa ekonomisine geçiş süreci çerçevesinde kamu kesimine ait olan TÜPRAŞ’ın, 12 Eylül 2005 tarihinde özelleştirilmesi ve beraberinde diğer devlet eliyle yürütülen enerji hizmetlerinin özel sektöre devredilmesi, Türkiye ekonomisine yapacağı

katkı açısından ve AB'ne tam üyelik çalışmaları kapsamında atılmış önemli bir adımdır. Enerji piyasasının tam rekabet ortamına açılması, şeffaf bir yapının oluşmasına katkı sağladığı gibi fiyatların piyasa koşullarında oluşmasına ve tam rekabet çerçevesinde fiyat mekanizmasının tüketici lehine şekillenmesinde yardımcı olmaktadır.

Özelleştirme sektöründe 2010 yılında yaşanan son güncel gelişmeler, kamu kesiminin tekelinde bulunan ve tüketici konumundaki abonelere elektrik dağıtım hizmeti veren kuruluşların özel sektöre devredilmesi olmuştur. Böylece elektrik dağıtım sektöründe devlet tekeli kırılmış ve bu hizmet tamamen özel kesime devredilmiştir. Kar amacı üzerine faaliyet gösteren özel kesim kuruluşları, mevcut hizmeti sağlarken kar optimizasyonu ilkesine göre hareket edeceklerinden ötürü sektörün karlılığının da artması da beklenmektedir.

Özel kesimin enerji sektöründe gösterdiği faaliyetler çerçevesinde doğabilecek haksız rekabet ortamının hukuksal güvence altına alınması, nihai tüketicilerin yasalardan kaynaklanan haklarının korunması ve piyasadaki tam rekabet ortamının düzenlenmesi gibi konulardaki gereksinimlerden ötürü 2001 yılında bağımsız bir Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurularak faaliyete geçirilmiştir³³⁸. EPDK kurumu ayrıca alternatif enerji kaynaklarından yararlanarak üretim yapan şirketleri ve yenilenebilir enerji konusundaki mevzuatı da yönetme görevini üstlenmektedir.

³³⁸ A. Yavuz Ege, “Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye'nin Uyumunu”, AB'nin Enerji Politikası ve Türkiye, Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı, Mayıs 2004, s.35

Tablo 3.19: Türkiye'nin Sektörel Enerji Tüketimi / 1970 - 2007

YILLAR	KONUT	SANAYİ	ULAŞTIRMA	TARIM	ENERJİ DIŞI	ÇEVİRİM VE ENERJİ SEKT.	TOPLAM (BinTEP)
1970	8656	4122	3208	510	344	2031	18871
1975	11099	6286	5148	695	517	3693	27438
1980	12833	7955	5230	963	527	4465	31973
1985	14439	9779	6195	1506	812	6669	39399
1990	15538	14542	8723	1956	1031	11377	52988
1995	17596	17372	11066	2480	1386	13703	63679
2000	20058	24501	12008	3073	1915	18945	80500
2001	18122	21324	12000	2964	1638	19354	75402
2002	18463	24782	11405	3030	1806	18845	78331
2003	19634	27777	12395	3086	2098	18836	83826
2004	20252	29358	13907	3314	2174	18814	87819
2005	22923	28084	13849	3359	3296	19564	91074
2006	23860	30996	14994	3610	4163	22201	99824
2007	24623	32466	17282	3945	4430	24879	107625

Kaynak: ETKB - Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı,
<http://www.enerji.gov.tr>, (Erişim: 15.08.2010)

Türkiye'nin enerji talebinin sektörel dağılımında en büyük payı sanayi kesimi almaktadır. Bu durumun en önemli sebeplerinin başında Türkiye'nin imalat sanayinde göstermekte olduğu büyüme eğilimi gelmektedir. Günümüz ekonomilerinin gelişim sürecinde gözlemlenen tarım sektöründen sanayi ve hizmetler sektörlerine doğru hızlı geçiş benzer şekilde Türkiye'de de yaşanmaktadır. Sektörel enerji talebinin analizinde tarım kesiminin ihtiyaç duyduğu talep diğer kesimlere göre oldukça düşük kalmış bulunmaktadır. 1970'li yıllarda tarım kesiminin toplam enerji tüketiminden aldığı pay 2000'lere kadar hızlı bir şekilde artış göstermiş olup 2000 yılından sonra yavaşlama eğilimine girmiştir.

Sanayi kesiminden sonra toplam enerji tüketiminden en çok pay alan sektörler konut ve doğrudan çevrim sektörleridir. Evsel tüketim 1970 yılından 2007 yılına kadar geçen süreçte üç kat artarak 8,6 milyon TEP düzeyinden 24,6 milyon TEP'e yükselmiştir. Enerji talebinin yaklaşık dörtte birini oluşturan konut sektörünün ihtiyaç duyduğu ısınma ve elektrik enerjisinin yerli jeotermal kaynaklardan karşılanması halinde Türkiye ekonomisine önemli katkı sağlayabilir. Beş milyon adet konutu ısıtmaya yetecek kadar jeotermal kaynaklarımız olmasına rağmen henüz verimli bir şekilde ekonomiye kazandırılabilmiş değildir.

Hizmetler sektörü içerisinde yer alan ulaştırma kesiminden kaynaklanan talep artışı ise, konut ve sanayi kesimlerine oranla daha düşük kalmasına rağmen artış eğilimindedir. Günümüzde hizmet sektörünün daha karlı olması sebebiyle bu kesime verilen önem artmış durumdadır. Gelişmiş OECD ülkeleri ve AB ağır sanayi yerine hizmet sektörünün gelişimine öncelik tanımaktadır. Hizmet sektörünün girdi bileşiminde enerjinin payı düşerken emek gücünün payı artmaktadır. Bu sebeple hizmetler sektörüne yönelmek, gerek ulusal ekonominin gelişimine yapmış olduğu olumlu katkı ve gerekse de istihdam sorunlarının azaltılması hususundaki etkinliği nedeniyle tercih edilmektedir.

Türkiye'nin enerji talebinde meydana gelen değişimler, ticari sektörün ihtiyaç duyduğu enerji payının diğer kesimlere göre daha yüksek oranlarda artış gösterdiği yönündedir. 2007 yılı itibariyle Türkiye ekonomisinin itici gücünü oluşturan sanayi sektörünün toplam enerji tüketiminden aldığı pay yüzde 30'lara ulaşmış bulunmaktadır. Mevcut veriler Türkiye'nin yakalamış olduğu hızlı kalkınma evresini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek için sektörel yatırımlara ağırlık vermesi gerektiği yönündedir. Ticari hayatta önemli bir girdi olan enerjinin alternatif enerji kaynakları gibi daha ekonomik yöntemlerle elde edilmesi, Türkiye ekonomisine sağlayacağı katkı açısından önem taşımaktadır.

Tablo 3.20: Türkiye'nin İmalat Enerji ve Ulaştırma Sektörlerinde Sabit Sermaye Yatırımları, (1998 Fiyatlarıyla, Bin YTL)

YILLAR	İMALAT SEKTÖRÜ	ENERJİ SEKTÖRÜ	ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ	TOPLAM S.S.Y
1970	1,060,036	203,520	379,978	3,245,405
1975	1,993,892	299,187	820,408	5,221,803
1980	1,531,721	548,588	656,857	4,959,762
1985	1,257,920	646,151	1,251,727	5,786,427
1990	1,630,245	683,276	1,564,032	8,567,337
1995	2,195,106	304,505	1,839,618	10,498,097
2000	2,447,997	956,954	3,861,368	12,875,712
2001	1,556,485	970,626	2,159,221	8,885,380
2002	1,880,141	875,918	1,786,680	8,549,876
2003	2,567,347	683,787	1,865,421	9,463,119
2004	4,062,710	534,223	2,738,318	12,244,829
2005	5,054,129	740,971	3,458,367	15,385,258

Kaynak: DPT - Devlet Planlama Teşkilatı

Türkiye'nin 1970 yılından günümüze kadar gerçekleştirmiş olduğu sabit sermaye yatırımları analiz edildiğinde enerji sektörüne gereken hassasiyetin gösterilemediği

anlaşılmaktadır. Türkiye ekonomisinde sabit sermaye yatırımları ağırlıklı olarak öncü sektör konumunda bulunan imalat kesimine yapılmıştır. İmalat sektörünün dışında önemli yatırım kalemlerinden birini oluşturan ulaştırma sektörü de sabit sermaye yatırımlarından enerji sektörünün üzerinde bir pay alabilmiştir.

Toplam sabit sermaye yatırımları içerisinde enerji kesiminin sahip olduğu pay istikrarlı bir artış sergilememekle birlikte 2001 yılında yaşanan finansal kriz yatırımları etkilediği ve dolayısı ile enerji sektörünü olumsuz etkilemiştir. Enerji sektörüne yapılan yatırımlarda 2001-2004 yıllarını kapsayan dönemde sürekli olarak düşüş yaşanmıştır. Türkiye'nin ihtiyacı olan enerjiyi güvenli bir şekilde temin edebilmesi için 2020 yılına kadar 120 milyar ABD Doları yatırım yapması gerekmektedir³³⁹. Mevcut yatırım ihtiyacının içerisinde alternatif kaynaklardan enerji üretiminin altı çizilirken, altyapı yatırımlarının önemli finansman gerektiren yatırım kalemleri içerisinde yer aldığı belirtilmektedir.

Dünya genelinde enerji sektörüne yapılan yatırımlar ağırlıklı olarak alternatif enerji kaynaklarına yönelmiş durumdadır. 2004 yılında dünya genelinde alternatif enerji kaynaklarına yapılan toplam yatırım 30 milyar ABD Doları iken bu rakam, 2005 yılında 38 milyar ABD Doları'na kadar ulaşmıştır. Yatırımlardan alternatif enerji kaynaklarının aldığı paylar sırasıyla yüzde 37 ile rüzgar enerjisi, yüzde 26 ile güneş panelleri (PV), yüzde 11 ile güneş enerjili ısıtıcılar, yüzde 11 ile hidroelektrik enerji, yüzde 7 ile biyokütle enerjisi ve yüzde 7 oranı ile jeotermal enerjilerdir. Ülkeler bazında ise enerji sektörüne ayrılan yatırım harcamaları 2005 yılında, Almanya ve Çin için 7 milyar dolar, ABD 3,5 milyar dolar, İspanya ve Japonya 2 milyar dolar ve hemen ardından daha düşük yatırım harcamasıyla Hindistan gelmektedir³⁴⁰.

Ayrıca ülkelerin yatırım harcamalarının yanında Dünya Bankası'nın da alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda yapmış olduğu finansal yardımlar mevcuttur. Dünya Bankası 2004 yılında hidroelektrik enerjisi üretimi kapsamında gerçekleştirdiği 150 milyon dolarlık finansman desteğini 2005 yılında 420 milyar dolara çıkarmıştır. Ayrıca Dünya Bankası, Karbon Ticareti "Carbon Trade" nezninde gerçekleştirdiği finansman

³³⁹ Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), *Elektrik Üretim Sektör Raporu 2008*, s.5

³⁴⁰ Global Financial Investment Report, "Future Investment", Green Peace and European Renewable Energy Council (EREC) Publication, The Netherlands, p.21

haricinde Küresel Çevre Fonu ‘‘Global Environment Fund’’ kapsamında yarısı diğer enerji ajanslarında karşılanmak üzere 100 milyon dolar kaynak aktarmaktadır³⁴¹.

Gerekli enerji talebini mümkün olduğunca düşük maliyetli kaynaklardan sağlamak, Türk sanayisinin rekabetçi olabilmesi açısından üzerinde hassasiyetle durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Mevcut yapısal sorunun önüne geçilebilmesi, ithal enerji girdisinin yerli imkanlarla ikame edilmesini gerektirmektedir. Fakat rezervlerin sınırlı olması imalat sektörünü yeni arayışlara itmektir. Bu noktada devreye giren hidroelektrik, rüzgar gücü ve güneş enerjisi gibi alternatif kaynaklar önemli ölçüde enerji talebinin karşılanması konusunda çözüme yakın kaynaklar olarak öne çıkmaktadırlar.

Tablo 3.21: Konvansiyonel ve Alternatif Enerji Kaynaklarının Yatırım ve Üretim Maliyetleri

ENERJİ TÜRÜ	DIŞA BAĞIMLI / YEREL	KALAN ÖMÜR (YIL)	YATIRIM MALİYETİ (\$ / KWh)	ÜRETİM MALİYETİ (Cent / KWh)
Petrol	Dış	40-45	1500-2000	6,0
Kömür	Yerel / Dış	200-250	1400-1600	2,5-3,0
Doğalgaz	Dış	60-65	600-700	3,0
Nükleer	Dış	-	3000-4000	7,5
Hidrolik	Yerel	-	750-1200	0,5-2,0
Rüzgar	Yerel	-	1000-2000	3,5-4,5
Güneş	Yerel	-	Yüksek	10,0-20,0
Jeotermal	Yerel	-	1500-2000	3,0-4,0

Kaynak: Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi, <http://web.gyte.edu.tr>, (Erişim: 17.08.2010)

Konvansiyonel enerji kaynakları ile alternatif enerji kaynaklarının maliyet analizleri yapıldığında, ilk yatırım maliyetleri açısından birbirlerine yakın değerler çıksa da, özellikle hidrolik ve rüzgar enerjileri üretim maliyetleri fosil kaynakların yerine ikame edilebilecek seviyelerdedir. Ayrıca alternatif kaynaklardan üretim gerçekleştirilmesi yerel girdi ve kaynak kullanımını gerekli kıldığından dışa bağımlılık söz konusu olmamakta ve döviz kaybına sebebiyet vermemektedir. Güneş enerjisi üretimi ileri teknoloji gerektirdiğinden gerek ilk yatırım maliyetleri ve gerekse de üretim maliyetleri açısından diğer alternatif enerji kaynaklarına oranla daha yüksek maliyetlidir. Jeotermal kaynaklardan enerji üretimi

³⁴¹ Global Financial Investment Report, ‘‘Future Investment’’, Green Peace and European Renewable Energy Council (EREC) Publication, The Netherlands, p.21

ise düşük maliyetli olmasına karşın bölgesel rezervlerle sınırlı oluşu, rüzgar gücünden yararlanılarak üretilen enerji türünü ön plana çıkartmaktadır.

Rüzgar enerjisine yapılması öngörülen yatırımların Türkiye açısından sağlayacağı bir diğer fayda da, Kyoto Protokolü çerçevesinde oluşturulan Karbon Ticareti piyasasında Türk firmalarının göstermiş olduğu iştiraklerdir. 2006 yılı verilerine göre Zorlu, Demirer ve Bilgin Enerji gruplarının gerçekleştirdiği rüzgar enerjisi yatırım projeleri kapsamında ürettikleri yaklaşık 800 bin ton karbonsuz enerji değerince kredi satışı gerçekleştirerek önemli finansman sağlamışlardır. Uluslar arası piyasada karbonun tonu 2,5-3 Euro olup, Londra ve Chicago gibi borsalarda karbon endeksi olarak işlem görmektedir. Karbon kredisi ise, ülkelerin ürettiği toplam elektriğin, toplam karbon salınımına oranı ile ortaya çıkan katsayıya göre hesaplanmaktadır. 2006 yılında karbon ticareti 60 milyar dolarlık piyasa değerine ulaşmış olup, hızlı gelişim gösteren sektörler arasına girmiştir³⁴².

Enerji sektörü tüm dünya ekonomisinde olduğu gibi Türkiye'nin ekonomisinde de geniş yere sahiptir. Önemli olan nokta ulusal ekonomiye bu derece katkı yapan enerji girdisini mümkün olan en düşük maliyetli şekilde ve yerli kaynaklardan elde etmektir. Bu noktada sınırlı olan yerli fosil kaynak rezervleri yerine ikame edilebilmesi muhtemel alternatif enerji kaynaklarıdır. Fosil kaynaklara uygun enerji sistemlerinin yerine alternatif enerji kaynaklarına uygun sistemlerin üretilmesi Türkiye'nin yerli sanayinin gelişimine ve dolayısıyla ekonomisine katkı sağlayacaktır.

8. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE İLGİLİ YAPILAN SWOT ANALİZLER

Alternatif kaynaklardan enerji üretiminin Türkiye şartlarında yapılabilirliğini açıklamak amacıyla hazırlanan SWOT Analizi, aynı zamanda sektörün karşı karşıya bulunduğu fırsatları ve tehditleri de ortaya koymaktadır. Alternatif enerji alanında yatırım yapmayı planlayan girişimcilerin göz önünde bulundurmaları gereken temel ilkelerin ve Türkiye ekonomisi içerisinde yer alan yatırım ortamının irdelendiği SWOT Analiz, kısaca yatırımcı rehberi olarak algılanabilir.

³⁴² Tuğba Tekerek, "60 Milyar Dolarlık Karbon Pazarında 3 Türk Şirketi", <http://www.milliyet.com.tr>, (Erişim: 18.08.2010)

Güçlü Yönleri,

- Dünya genelinde yaşanan arz güvenliği, kaynak çeşitliliği ve enerjide dışa bağımlılığın asgari düzeye indirilebilmesi gibi gelişmeler neticesinde alternatif kaynakların önemi artmaktadır. Söz konusu durum dünyaya paralel bir şekilde Türkiye’de de geçerli olup, alternatif enerji kaynaklarına olan güven gelişme göstermektedir³⁴³.
- Alternatif enerji türlerinin yakıt giderinin olmaması ve düşük işletim maliyetleri gibi avantajları geniş çaplı enerjiye ihtiyaç duyan Türkiye için en ekonomik enerji yatırımları olarak görülmektedir. Ayrıca 2005 yılında, 5346 sayılı ‘‘Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımı’’na ilişkin kanunun hayata geçirilmesiyle birlikte, özel sektörün ilgisi artmış ve yatırımlarda da önemli derecede rekabet ortamı doğmuştur³⁴⁴.
- Enerji, günümüz dünyasında iktisadi hayatın önemli bir boyutu haline gelmiş bulunmaktadır. Türkiye’nin enerji sektöründe gerek enerji koridoru ve gerekse de alternatif enerji kaynakları açısından zengin olması sebebiyle bölgesel güç olma yolunda önemli bir avantaj kazanmaktadır³⁴⁵.
- Türkiye’de alternatif enerji kaynaklarına yönelik mevcut çalışmalar, ülkenin önde gelen üniversitelerinin yürüttüğü bilimsel araştırmalarla sınırlı kalmasına rağmen, bugün için çok sayıda bilimsel kuruluş, bakanlık, yerli ve yabancı özel sektör firmaları tarafından desteklenerek çeşitli projeler yürütülmektedir³⁴⁶.
- Ülkemizde alternatif enerji sektöründe araştırma çalışmaları yürüten üniversite, enstitü, özel şirketler, konuda uzman ve yatırımcıları koordineli ve yüksek standartlarda projeler yürütmek amacıyla biraraya getiren, Türkiye Rüzgar Enerjisi Üreticileri Birliği (TÜREB) gibi çeşitli kurum, birlik ve dernekler hayata geçirilmiştir³⁴⁷.
- Alternatif enerji kaynaklarının önemi ulusal politikalara da yansımış bulunmaktadır. Son zamanlarda yaşanan olumsuz diplomatik gelişmeler çerçevesinde İsrail ile pek çok iktisadi anlaşma iptal edilmesine rağmen, ülkemizde

³⁴³ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.282

³⁴⁴ Engin Ural, *Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, TÇV Yayını, Aralık 2006, Ankara, s.217

³⁴⁵ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.45

³⁴⁶ Demir İnan, *Türkiye’de Temiz Tükenmez Enerjiler*, Sinemis Yayıncılık, Ankara, 2006, ss.14-17

³⁴⁷ Engin Ural, *Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, TÇV Yayını, Aralık 2006, Ankara, s.86

üretilecek olan hidrojen enerjili araçların ihracatı anlaşması konusunda bir aksilik yaşanmamıştır.

Zayıf Yönleri,

- Türkiye’de alternatif enerji üretimine yatırım yapmak isteyen girişimcilerin sınırlı oluşunun asıl sebebi, devletin yatırımcılara sağlamış olduğu parasal sübvansiyonların, düşük faizli kredi, vergi iadesi veya muafiyeti gibi teşviklerin görece yetersizliğidir.
- Türkiye’de son yıllarda özellikle elektrik üretimi başta olmak üzere, enerji sektöründe doğalgaza yönelme hız kazanmıştır. Bu durum yerli kaynaklardan yararlanma oranının düşmesine sebep olurken, aynı zamanda alternatif enerji kaynaklarının gelişim sürecinin olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır³⁴⁸.
- Türkiye’de alternatif enerji alanında yürütülmekte olan çalışmaların yeterli seviyelere ulaşamamasının sebebi, sektörde faaliyet gösteren kurum ve şirketlerin bütçelerinin kısıtlı oluşudur³⁴⁹.
- Türkiye coğrafyasında dünya ortalamasının üzerinde miktarlarda alternatif enerji kaynağı bulunmasına rağmen sektörün günümüze kadar yavaş gelişme göstermesinin temel sebeplerinden biri de yasal zemin eksiliği olmuştur. 5346 Sayılı yenilenebilir enerjileri düzenleyen kanunun yürürlüğe girmesine rağmen sektörde karşılan pek çok yasal zorluk henüz aşılabilmiş değildir³⁵⁰.
- Alternatif enerji sektöründeki üretici hakları ve rekabet ortamı, yenilenebilir enerji kaynaklarını düzenleyen yasa çerçevesinde denetim altına alınırken, tüketici ve emekçi sınıfının haklarını koruyan herhangi bir yasal düzenleme mevcut değildir³⁵¹.
- Türkiye’de alternatif enerji sektöründeki yatırımcıların ihtiyaç duyduğu ölçüm verileri, EİE, MTA ve DMİ gibi kamu kuruluşlarınca sağlanmaktadır. Sadece devlet eliyle ve kısıtlı imkanlarla yürütülen ölçüm çalışmaları yeterince sağlıklı

³⁴⁸ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, ss.49-50

³⁴⁹ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, TÇV Yayını, Aralık 2006, Ankara, s.63

³⁵⁰ Engin Ural, “*Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji...*”, TÇV Yayını, s.184

³⁵¹ Atilla Akkoyunlu, “*Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri*”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, İstanbul, 26 Nisan 2006, s.141

değildir. Bu sebeple özel sektör araştırmaları çeşitli teşviklerle cazip hale getirilmelidir³⁵².

Fırsatlar,

- Yürütölmekte olan araştırmalar, Türkiye'nin alternatif enerji türleri bakımından dünya ortalamasının üzerinde bir kaynağa sahip olduğunu göstermektedir. Buna rağmen Türkiye'de alternatif enerji üretimi dünya ortalamasının altında kalmaktadır. Mevcut potansiyelin tam olarak kullanılması halinde Türkiye, kendi iç talebini karşılayabilmenin ötesinde enerji ihraç eden bir ülke olma statüsünü yakalayabilir³⁵³.
- Türkiye, güneş ve hidrojen kaynakları gibi alternatif enerji üretim alanlarında uluslar arası faaliyet gösteren, Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu (ISES) gibi kurumlara üye olması ve Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (UNIDO – ICHET) İstanbul'da kurulması, Türkiye'nin prestijini arttırdığı gibi alternatif enerji üretiminde yeni teknolojilerin ölkemizde geliştirilmesine ve teknoloji ihracatına fırsat tanımaktadır³⁵⁴.
- Alternatif enerji kullanımı, Türkiye'nin üstlenmiş olduğu gelişmiş ölkeler düzeyine ulaşma misyonunu hayata geçirebilmesi amacıyla gerçekleştirmesi gereken sürdürülebilir kalkınma, toplumsal refah seviyesinin artışı ve sosyo-ekonomik hedefler için önemli bir fırsattır³⁵⁵.
- Türkiye'nin enerji gereksinimini karşılayabilmesi için 2020 yılına kadar gerçekleştirilmesi öngörölen 120 milyar dolarlık yatırımın, alternatif enerji kaynaklarına yönlendirilmesi Türkiye ekonomisi açısından önemli bir fırsattır. Ayrıca son yıllarda yabancı yatırımcılar da ölkemizin hızlı gelişme gösteren enerji sektörüyle yakından ilgilenmektedirler. Yabancı yatırımcılara teşvik sağlanması halinde, doğrudan yabancı sermaye artışı sağlanabileceği gibi aynı zamanda

³⁵² Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.175

³⁵³ Metin Yerebakan, “*Mikro Enerji Santralleri...*”, s.282

³⁵⁴ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğu (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, (02.03.2010)

³⁵⁵ Vural Altın, “Türkiye'nin 2023 Enerji Vizyonu”, *Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Enerji Teknolojileri Öngörü Raporu*, TÜBİTAK Yayını, 24 Temmuz 2003, s.434

istihdam yapısı üzerinde yaşanacak olumlu gelişmeler ülke ekonomisine katkıda bulunabilir³⁵⁶.

- Alternatif enerji kaynaklarının gelişimi, Türkiye ekonomisinin Kyoto Protokolü kapsamında faaliyet gösteren ve 60 milyar dolarlık finansal büyüklüğe ulaşan, uluslar arası karbon ticareti piyasasından aldığı payın artmasında etkili olabilir³⁵⁷.
- Yakın bir gelecekte enerji üretiminde kullanılacak olan hidrojen sistemleri için gerekli bor kaynaklarının ve Karadeniz'in tabanında yer alan H₂S gibi özel rezervlerin Türkiye coğrafyasında yer alması, ülkemiz açısından değerlendirilmesi gereken önemli fırsatlardan bir tanesidir³⁵⁸.

Tehditler,

- Alternatif enerji kaynakları yağış, rüzgar ve kuraklık gibi doğal tabiat olaylarından yüksek mertebede etkilenirler. Türkiye'nin sahip olduğu coğrafyadaki iklim hızlı ve sürekli değişim gösterdiğinden, zaman zaman alternatif enerji üretiminde aksaklıklarla karşılaşılabilir³⁵⁹.
- Türkiye'de ortalama elektrik toptan satış fiyatının belirlenmesinde yaşanan gecikmeler, alternatif enerji yatırımcılarının finansman ve kredi bulma gibi işlemlerinde bir takım gecikme ve zorluklara sebep olmaktadır. Aynı zamanda bu durum, projelerin tamamlanarak faaliyete geçme süresini de aksatabilmektedir³⁶⁰.
- Ülkemizde alternatif enerji kaynaklarından üretilen enerjilere yönelik AR-GE projesi desteği sağlanmadığı gibi herhangi bir devlet teşvikinin de bulunmaması, üretim yapmak isteyen girişimci ve yatırımcıların farklı kaynaklara yönelerek alternatif enerji popülaritesinin düşmesine sebep olmaktadır.
- Türkiye tarım açısından elverişli topraklara sahip bir ülke konumundadır. Hidrolik baraj göllerinin yüzey alanları geniş olduğundan daha hızlı buharlaşarak ekosistemi etkilemekte ve civar bölgedeki tarım alanlarının tuzlanarak verimliliklerini

³⁵⁶ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), <http://www.eie.gov.tr>, (02.03.2010)

³⁵⁷ Tuğba Tekerek, "60 Milyar Dolarlık Karbon Pazarında 3 Türk Şirketi", <http://www.milliyet.com.tr>, (Erişim: 18.08.2010)

³⁵⁸ M.S. Uğur Bilici, "Enerji Taşıyıcısı Hidrojen, Hidrojen Taşıyıcısı Sodyum Borhidrür", *Teknoloji Dergisi*, Ocak 2004, s.47

³⁵⁹ Metin Yerebakan, *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008, s.27

³⁶⁰ Engin Ural, *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Aralık 2006, Ankara, s.94

yitirmesine sebep olmaktadır. Bu durum Türkiye için ekonomik kayıplara yol açmaktadır³⁶¹.

- Türkiye ortamında enerji sektörü yatırımcılarının, EPDK ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı gibi kamu kuruluşlarından almakla mükellef olduğu lisans hakkı gibi prosedürlerin ve diğer bürokratik engellerin yoğun oluşu, alternatif enerji üretim santrallerinin faaliyete geçirilmesinde gecikme ve engel oluşturmaktadır³⁶².
- Türkiye’de hidrolik kaynakların diğer enerji türlerine nazaran az da olsa çevresel zararları mevcuttur. Bu sebeple dünyada olduğu gibi ülkemizde de hidrolik yapılar için 07.02.1993 tarihinden itibaren Çevre Etkileşim Değerlendirmesi (ÇED) raporu zorunlu hale getirilmiştir³⁶³.

9. AVRUPA BİRLİĞİ’NE ÜYELİK SÜRECİNDE TÜRKİYE’NİN ENERJİ SEKTÖRÜNDE UYUM POLİTİKALARI

Avrupa Birliği’nin tarihsel enerji gelişimine baktığımızda 1951 yılında kurulan Avrupa Kömür Çelik Topluluğu’na (AKÇT) dayandığını görmekteyiz. Paris Antlaşması bünyesinde gerçekleşen bu yeni oluşumu, 1957 yılında Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (AAET) veya herkesçe bilinen adıyla EURATOM ’un kurulması ve bir yıl aradan sonra 1958’de Avrupa Ekonomik Topluluğu (AET)’nin faaliyete geçmesi izlemektedir³⁶⁴. Böylece ortak bir enerji politikası benimsenmeye başlanmıştır. Birliğin enerji alanındaki faaliyetlerini yasal çerçevelere oturtarak düzenleyecek olan bu kurumlar, aynı zamanda üye ülkelerin arasındaki enerji transferinin güvenliğini de sağlayacaktır.

Büyük miktarlardaki arz kaynaklarının verimli şekillerde tüketiminin yanı sıra, çıkarılması ve işlenmesi gibi safhalarında, çevreye de birtakım olumsuz etkileri olmaktadır. Yaşam kalitesini düşüren bu etkileri minimum düzeyde tutabilecek önlemler alınırken, insanlara sağladığı refahın da göz ardı edilmemesi dikkat gerektiren bir noktadır. 1974 yılında düzenlenen Stockholm Konferansı’nın ardından Avrupa’da başlayan çevresel

³⁶¹ Sedat Kadioğlu, Zarife Tellioğlu, “Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri”, Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB), *I. Enerji Sempozyumu*, 12-14 Kasım 1996, Ankara, s.58

³⁶² Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.109

³⁶³ Gökmen Yalçın, Güven Eken, “Türkiye’nin Baraj Politikası ve Önemli Doğa Alanları Doğa Derneği Kurumsal Görüşü”, TMMOB-İnşaat Mühendisleri Odası (İMO), *Su Politikaları Kongresi*, 21-23 Mart 2006, Ankara, s.262

³⁶⁴ Alexandre Kiss, Dinah Shelton, *Guide To International Environmental Law*, Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands, 2007, p.225

duyarlılık beraberinde Avrupa Ekonomik Topluluğu Komisyonu (EEC)'nun ilk çevresel eylem planını hayata geçirmesini sağlamıştır³⁶⁵.

Giderek artan enerji bağımlılığı 21. yüzyılın başlangıcı ile Avrupa Birliği'nin uyguladığı stratejileri yenilemesine sebep olmuştur. Ağırlıklı olarak üzerinde durulan konu ise enerji sektöründe bir iç pazarın kurulması olmuştur. Mevcut iç enerji pazarı sayesinde tüketiciler, farklı gaz ve elektrik üreten firmalar arasında serbestçe seçim yapabilirken aynı zamanda bütün üreticilerin eşit şartlarda ulaşabildiği bir ortam sağlanmış olur. Ayrıca yenilenebilir enerji formlarına yatırım yapılabilmesini, çevresel etkilerin azaltılmasını ve enerji arz güvenliğini de sağlar.³⁶⁶

Mevcut faktörlerin ışığında Avrupa Birliği'nin benimsediği enerji politikası, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV)'nin hazırlamış olduğu "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası" isimli kitapta³⁶⁷, "rekabet gücü, enerji arzının güvenliği ve çevrenin korunması arasında bir dengeye vararak, toplam enerji tüketiminde kömürün payını korumak, doğalgazın payını artırmak, nükleer enerji santralleri için azami güvenlik şartları tahsis etmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak" şeklinde özetlenmektedir.

Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde Türkiye, pek çok alanda olduğu gibi enerji alanında da çeşitli uyum politikaları belirleyerek, enerji sektörüne yönelik yasal düzenlemelere gitmiştir. Bu amaçla öncelik verilen hukuki mevzuata uyum çalışmaları kapsamında, 2003 yılında kabul edilen 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu ve Enerji Verimliliği Kanunları kabul edilerek yürürlüğe girmiştir³⁶⁸.

Enerji sektöründe Avrupa Birliği mevzuatına uyum çerçevesinde, elektrik enerjisi sektörünün yeniden yapılandırılması çalışmaları tamamlanmış olup, Dünya Bankası'nın

³⁶⁵ Alexandre Kiss, Dinah Shelton, *Guide To International Environmental Law*, Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands, 2007, p.225

³⁶⁶ http://europa.eu/legislation_summaries/energy/internal_energy_market/index_en.htm, (Erişim: 11.04.2010)

³⁶⁷ Armağan Candan (Haz.), *Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayını, Ağustos, 2005, İstanbul, s.7

³⁶⁸ Alberta Baroso and Luisa Minoli, PHARE Business Support Programme III of the European Union for Bulgaria, Croatia, Romania, Turkey, *UEAPME-SME FIT II Eğitim Dökümanı Enerji Politikası*, (G. Serkan Yıldız, Çağın Demiray Çev.), Türkiye Esnaf ve Sanatkarları Konfederasyonu (TESK), s.23

sağladığı kredi desteği ile ‘‘Elektrik Enerjisi Sektör Reformu Strateji Belgesi’’ hazırlanarak Yüksek Planlama Kurulu’nda onaylanmıştır. Yapısal sorunların giderilmesini amaçlayan proje kapsamında özelleştirme programlarının düzenlenmesi, piyasa koşullarında iyileştirmeler ve rekabetçi bir ortam yaratılmasının yanında geçiş sürecini başarılı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak tedbirlerin alınması hedeflenmektedir³⁶⁹.

Avrupa Birliği ülkeleri enerji tüketiminde büyük oranda petrol ve doğalgazdan oluşan fosil kaynaklara dayalı olup, mevcut rezervlerin sınırlı olması sebebiyle ihtiyacını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Önemli tedarikçi konumunda bulunan ve dünya toplam petrol rezervlerinin % 75’ini, doğalgaz rezervlerinin ise % 65’ini elinde bulunduran Orta Doğu ve Orta Asya ülkelerinin Türkiye’nin doğusunda yer alması³⁷⁰, Avrupa’nın enerji güvenliğini sağlaması açısından ülkemize ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Coğrafi konumunun Türkiye’ye sağladığı enerji koridoru olma avantajı, AB ile sürdürülen müzakere süreci ve enerji politikalarının belirlenmesinde etkili olmaktadır. 2004 Yılında Türkiye için hazırlanan İlerleme Raporu’nda³⁷¹, ülkemizin Kafkas ve Ortadoğu’da bulunan petrol ve doğalgaz kaynaklarının Avrupa’ya taşınmasında oynadığı kilit rolü yeni projelerle güçlendirmeye çalışıldığının altı çizilmektedir.

Avrupa Birliği’nin XX. yüzyılda enerji politikalarında rasyonel değişiklikler yapması zorunlu hale gelmiştir. Enerji devrimi çerçevesinde verimlilik, enerjinin depolanarak saklanması, arz güvenliğinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve çevresel tahribatın azaltılması ön plana çıkmaktadır. 2007 yılı mart ayında Almanya önderliğinde toplanan 27 Avrupa ülkesi başkanları, 2020 yılına kadar alternatif kaynakların enerji üretiminde % 20 oranında paya sahip olması gerektiği konusunda anlaşmaya varmışlardır³⁷².

³⁶⁹ Hürrem Cansevdi (Ed.), *Avrupa Birliği’nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye’nin Uyumu*, İktisadi Kalkınma Vakfı (IKV) Yayınları, Aralık 2004, İstanbul, ss.60-61

³⁷⁰ Nusret Alemdaroğlu, *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.42,45

³⁷¹ Commission Of The European Communities, *2004 Regular Report on Turkey’s Progress Towards Accession*, SEC 2004 1201, COM (2004) 656 Final, 06.10.2004, Brussels, p.114

³⁷² Steven Hill, *Europe’s Promise, Why The European Way is The Best Hope in an Insecure Age*, University of California Press, London / England, 2010, pp.157-160

Avrupa ülkelerinin enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların payının artacağı buna rağmen uzunca bir süre fosil yakıtların ağırlığını koruyacağı tahmin edilmektedir³⁷³. Bu durumda zengin enerji rezervleri ile Avrupa arasında güvenli bir enerji köprüsü olma misyonunu üstlenen Türkiye'nin, önemini koruması beklenmektedir. Bu fırsatı değerlendirmesi gereken ülkemizin yeni petrol ve doğalgaz boru hattı projelerini hızla tamamlaması öncelikli hedefleri arasında yer almalıdır.

Ayrıca AB Komisyonu Kyoto Protokolü hedeflerinin yakalanabilmesi için, sera gazı salınımlarına sebebiyet veren enerji ve endüstriyel sektörlerde politik düzenlemelere giderek yatırımların karbon emisyonlarını düşürücü, verimli teknolojilere yönelmesini sağlamaktadır³⁷⁴.

Avrupa Birliği mevzuatına uyum çalışmaları kapsamında Türkiye, enerji verimliliği alanında ilk somut adımı 1993 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) içerisinde kurmuş olduğu Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi (UETM) ile atmıştır. Kurumun amacı, çeşitli projeler düzenlemek ve teknik eğitim vermek suretiyle, başta sanayi, ulaşım, binalar, elektrik üretim, iletim ve dağıtım alanları olmak üzere farklı uygulamalarla AB'ne uyumlu verimlilik çalışmaları yürütmektir. Ayrıca AB'nin 16 Aralık 2002 tarihli Binalarda Enerji Performansı Direktifi (2002/91/EC) uyarınca Türkiye, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı yapı malzemeleri ve enerji performansı ile ilgili işlemlerin yürütülmesi amacıyla yeniden yapılandırılması gerekli görülmektedir³⁷⁵.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde ekonomik kalkınmanın sürdürülebilmesinde, toplumsal refah seviyesinin artırılmasında ve küresel rekabet anlayışı içerisinde sanayi ve diğer ticari faaliyetlerin sağlıklı bir biçimde yürütülebilmesinde itici güç olan enerji, XXI. yüzyılda etkisini daha derinden hissettirmektedir. Dünyanın her geçen gün artan nüfusu ile birlikte yaşam standartları seviyesinin yükselmesi, enerjiye olan talebi de orantılı olarak

³⁷³ Laura Cozzi, *European Energy Outlook: Energy Security and Environmental Challenges*, International Energy Agency, The European Parliament, 18 October 2005, Brussels, p.13

³⁷⁴ Yda Schreuder, *The Corporate Greenhouse, Climate Change Policy in a Globalizing World*, Zed Books, New York / USA, 2009 s.123

³⁷⁵ Kubilay Kavak, *Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, *DPT Uzmanlık Tezi*, Yayın No: DPT: 2689, Eylül 2005, ss.73-96

arttırmaktadır. Diğer taraftan konvansiyonel enerji kaynaklarının tabiatta rezervlerle sınırlı oluşu, insanlığı yeni enerji türlerinin keşfine ve yeni teknolojik gelişmelere doğru yönlendirmektedir.

Gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi olan ve aynı zamanda uluslararası alanda güç teşkil edebilmenin vazgeçilmez unsurlarından biri olan enerji, bu yüzden ülke politikalarının belirlenmesi konusunda da önemli rol üstlenmektedir. Enerji hammaddelerine olan yakınlık, enerji nakil güvenliği, kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve verimli üretim teknolojilerinin yanı sıra çevresel duyarlılığın artması, günümüz enerji sektöründe en çok tartışılan konular arasına girmişlerdir.

Dünya genelinde yaşanan güncel gelişmeleri yakından takip eden ve enerji sektörünün geleceğinin şekillenmesinde söz sahibi olmak isteyen Türkiye, enerji alanında öngördüğü hedefler doğrultusunda ulusal politikalarını belirlemek durumundadır. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan ve hızlı bir büyüme evresini yakalayan Türkiye'nin, demografik ve sanayi alanındaki özelliklerine paralel olarak enerji tüketim ihtiyacı da artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmaya dair Türkiye, 1980'li yıllardan itibaren çok sayıda yasal düzenleme, finansman ve yapım modellerini gündemine getirmiş ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı çerçevesinde serbest piyasa ekonomisine geçiş ve enerji sektörünün özelleştirilerek rekabete açılmasını kapsayan yeniden yapılanma süreci çalışmalarını başlatmıştır.

Ülkemizin 2007 yılında 106 milyon TEP düzeyinde olan enerji tüketiminin, yapılan analizler neticesinde 2020 yılında iki katına çıkarak, 222 milyon TEP düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Hızla artan talebin yerli kaynaklardan karşılanması mümkün görünmemektedir. Türkiye'nin sahip olduğu ve birincil enerji kaynaklarının büyük bölümünü meydana getiren petrol ve doğalgaz (yer gazı) kaynaklarının sınırlı olması, ihtiyaç duyulan miktarın yurt dışından ithal edilmesini gerektirmektedir. Bugün için yaklaşık % 75 olan enerjide dışa bağımlılığın, 2020 yılına kadar artan talepe paralel olarak yükselmesi beklenmektedir.

Türkiye'nin yerli kömür kaynakları elektrik enerjisi üretiminde değerlendirilmesine rağmen, verimli rezervlerin sayısının az olması ve sebep olduğu çevresel kirlilik nedeniyle

son yıllarda doğalgaza yönelme görülmektedir. Bununla birlikte, Mart 1994'te yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Aralık 1997'de kabul edilen Kyoto Protokolü yükümlülükleri gereği Türkiye, çevresel tahribatın önlenmesi kapsamında temiz yakma teknolojilerine ağırlık vermiş ve küresel ölçekte önemli bir ticaret hacmi oluşturan karbon piyasasından pay alma politikalarını benimsemiştir.

Giderek artan enerji açığının güvenilir bir biçimde karşılanabilmesi hususunda Türkiye'nin fosil kökenli kaynakları yetersiz olmasına rağmen, alternatif enerji kaynakları ve nükleer enerji seçeneği ön plana çıkmaktadır. 1960'lardan günümüze kadar geçen 50 senelik süreçte Türkiye, yerli radyoaktif hammaddeye sahip bir ülke konumunda olmakla birlikte finansal, çevresel, teknolojik ve politik sebeplerden ötürü hedeflediği nükleer enerjiyi hayata geçirememiştir. Alternatif enerji kaynakları yönünden ise, dünya ortalamasının üzerinde bir potansiyeli coğrafyasında bulunduran Türkiye, bu fırsatı en iyi şekilde değerlendirmeyi amaç edinmelidir.

Enerji arzının çeşitlenmesine katkı sağlayan alternatif kaynaklar, aynı zamanda enerji ithalatına olan hayati bağımlılığın büyük ölçüde azalmasında, ülke ekonomisinin petrol gibi stratejik yakıtların uluslararası piyasalarda maruz kaldığı fiyat dalgalanmalarından daha az etkilenmesinde ve politik istikrarsızlıkların sebep olduğu kısıtlamalardan korunmasında önemli rol üstlendikleri için Türkiye açısından büyük bir avantaj ortaya koymaktadırlar. Dünya enerji sektöründe yeniden yapılanma sürecine girmiş bulunmaktadır. Konvansiyonel kaynakları meydana getiren fosil yakıtlardan alternatif, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına doğru uzanan değişim trendi, her geçen gün daha popüler hale gelmektedir. Türkiye de, vakit kaybetmeden bu değişim sürecinin bir parçası olma yolunda emin adımlar atmak zorundadır.

Türkiye, alternatif enerji türleri bakımından zengin bir ülke olup, mevcut ekonomik ve teknolojik dinamikler göz önünde bulundurulduğunda, yatırım yapılabilmesi için en uygun sektör rüzgar enerjisidir. Türkiye'nin ekonomik açıdan üretilebilmesi mümkün 10.000 MW'lık rüzgar potansiyeli, enerji talebinin önemli ölçüde karşılanabilmesi için yeterlidir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi sektöründe bugün itibarıyla ulaşılmış olduğu teknolojik nokta, türbin üretiminde kullanılan kule, kanatlar ve bazı parçaların yerli imkanlarla üretilebilmesine izin vermektedir. Finansal açıdan ele alındığında ise, karbon

ticareti kapsamında rüzgar enerjisi sektörüne yatırım yapan Türk girişimciler, yüksek karbon üretimi yapan ülke ve özel firmalardan karbon finansmanı kredisi sağlayabilmektedirler. Bu krediler, rüzgar enerjisi yatırımlarının finansmanını kolaylaştırdığı gibi, sektörün daha cazip hale gelmesinde de etkili olmaktadır.

Rüzgar türbinlerinin maliyetleri son 15 yılda, yerli girdi kullanımı ve yerli mühendislik hizmetlerinin de etkisiyle yarı yarıya düşüş göstermiştir. Rüzgar enerjisi üretim santrallerinin, faaliyete geçirilmesinde harcanan maliyetleri 5 ila 7 sene gibi kısa bir sürede amorti ediyor olması, rüzgar enerjisini diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha cazip kılmaktadır. Türkiye’de enerji sektöründe rüzgar enerjisi yatırımları belirgin bir biçimde ağırlık kazanmış durumdadır. EPDK’na sadece 2007 yılında gerçekleştirilen lisans başvuruları 78,000 MW düzeyindedir. Ayrıca özel kesim enerji yatırımcılarının ürettiği olduğu elektrik için, devletin vermiş olduğu alım garantisi de, rüzgar enerjisi sektörünü genişleten diğer etkenler arasında yer almaktadır. Mevcut güncel gelişmeler analiz edildiğinde rüzgar enerjisi sektörünün, Türkiye’nin iktisadi gelişimi üzerindeki olumlu etkisi büyüktür. Dünya ekonomisinde görülen resesyon sürecine rağmen, rüzgar enerjisi sektörünün hızla büyümeye devam etmesi de göz önünde bulundurulduğunda, enerji alanında bölgesel etkinliğini arttırmak isteyen Türkiye için, rüzgar enerjisi yatırımları önemli bir fırsattır. Sektörün gelişim sürecinde güçlü temellere oturtulabilmesi ve sağlıklı politikaların oluşturulabilmesi amacıyla çözülmesi gereken sorunlar şu şekilde sıralanabilir;

- I. Türkiye enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve arz güvenliğinin sağlanması hususunda, fosil kökenli yakıtların yanı sıra coğrafyasında bulunan ve yüksek potansiyele sahip alternatif (yenilenebilir) enerji kaynaklarını da değerlendirmelidir.
- II. Türkiye’de siyasi hareketliliğin aktif olması sonucu enerji ile ilgili projelerin ve hedeflerin sürekli değişmesi, sektördeki gelişmelerin sağlıklı ve hızlı bir biçimde ilerlemesine engel olmaktadır. Bu yüzden enerji programları uzun vadeli hazırlanarak süreklilik arz etmesi sağlanmalıdır.
- III. Alternatif enerji yatırımcılarına devlet bankaları ve özel bankacılık kesimi tarafından sağlanan kredi finansmanı kapsamında uygulanan faizler düşürülerek yatırımlar daha cazip hale getirilmelidir.

- IV. Türkiye’de alternatif enerji kaynakları konusunda yeterli derecede kamuoyu bilinçlendirmesi henüz yapılabilmiş değildir. En kısa zamanda gerek kamu sektörü ve gerekse de özel sektör işbirliği çerçevesinde bilinçlendirme çalışmalarının yürütülmesi gerekmektedir.
- V. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması amacıyla teşvikler sunulmasına rağmen, yeterli seviyelerde değildir. Yatırımcılara sağlanan sübvansiyonlar, vergi iadesi ve vergi muafiyeti gibi cazip teşvikler genişletilmelidir.
- VI. Türkiye’de özellikle alternatif enerji kaynakları olmak üzere, enerji sektöründe hayata geçirilmesi öngörülen projeler hukuki zemin eksikliği nedeniyle çeşitli aşamalarda sıkıntılar yaşamaktadır. Mevcut yasalar ve hukuki düzenlemeler en kısa zamanda tamamlanarak sistemdeki tıkanmaların önüne geçilmelidir.
- VII. Türkiye’de başta rüzgar enerjisi olmak üzere, bazı alternatif enerji kaynaklarından yararlanma konusunda gerekli ekipman ve donanımları yerli teknoloji ile üretilebilme imkanına sahip olduğu halde, dış kaynaklardan ithal etme yoluna gidilmektedir. Bu durum döviz kaybına sebep olduğu gibi yerel teknolojinin ve endüstrinin gelişimini de olumsuz bir şekilde etkilemektedir.
- VIII. Türkiye, Kyoto Protokolü sürecinde çevresel taahhütlerin yerine getirilmesi ve Karbon Ticareti piyasasından ekonomik kazanç sağlamak amacıyla, elektrik enerjisi üretiminde başta rüzgar enerjisi olmak üzere diğer alternatif enerji kaynaklarını etkin bir biçimde değerlendirmelidir.
- IX. AB’ne tam üyelik sürecinde Türkiye, alternatif enerji sektöründe mevzuat uyum çalışmalarını başlatmış olup, düzenlemelerin işlevsellik kazanabilmesi açısından süratle hayata geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ülke ekonomimize yapacağı katkı açısından yabancı enerji yatırımcılarının aşmak durumunda kaldığı bürokratik engeller çözümlenmelidir.

KAYNAKÇA

Aburas, R. A. ‘‘Economic Aspects of Solar Technologies for Power Generation’’, IEEE, *International Conference on Renewable Energy Clean Power*, Conference Publication No:385, 2001, p.134

Acaroğlu, Mustafa. ‘‘AB Sürecinde Türkiye’de Biyodizel Üretimi, ‘Sorunlar-Öneriler’ ’’, *DEK-TMK Onuncu Türkiye Enerji Kongresi*, s.388

Akkoyunlu, Atilla. ‘‘Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri’’, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, Atilla Sandıklı, Hasret Dikici Bilgin (Ed.), Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM) Yayınları, İstanbul, 26 Nisan 2006

Aklin, Kerem; Sabit Atman. *Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik açıdan Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2006, ss.19-70

Akpınar, Adem; Kömürcü, İ. Murat; Filiz; H. Mustafa. ‘‘Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Enerji Kaynakları’’, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, (UTES’2008), 17-19 Aralık 2008, İstanbul

Aksoy, Batu. ‘‘Enerjide Arz Güvenliği’nin Sağlanması ve Türkiye Enerji Stratejisi’’, *TÜSİAD Enerji Grubu Konferansı*; ‘‘Enerjide Arz Güvenliği: Politikalar ve Öneriler’’, 27 Aralık 2007, İstanbul

Albostan, Ayhan; Çekiç, Yalçın; Eren, Levent; ‘‘Rüzgar Enerjisinin Türkiye’nin Enerji arz Güvenliğine Etkisi’’, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 24, No: 4, Yıl: 2009, Ankara, ss.646-647

Alemdaroğlu, Nusret. *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, ss.13-14

Alemdaroğlu, Nusret. *Enerji Sektörünün Geleceği Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye’nin Önündeki Fırsatlar*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2007, s.68

Altın, Vural. ‘‘Türkiye’nin 2003 Enerji Vizyonu’’, *Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Enerji Teknolojileri Öngörü Raporu*, TÜBİTAK Yayını, 24 Temmuz 2003, s.434

Aras, Bülent; Arzu Yorkan. ‘‘Avrupa Birliği ve Enerji Güvenliği: Siyaset Ekonomi ve Çevre’’, *Stratejik Rapor No:13*, Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM) Yayını, Aralık, 2005, İstanbul, s.21

Armannsson, Halldor. ‘‘CO2 Emmission from Geothermal Plants’’, *International Geothermal Conference*, Reykjavik Island, September 2003, p.56

Arslan, Sinan; Darıcı, Mustafa; Karahan, Çetin. “Türkiye’nin Jeotermal Enerji Potansiyeli”, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, *Jeotermal Enerji Semineri*, İzmir, 3-6 Ekim, 2001, s.27

Aslan, Nurdan; Yamak, Tahsin. “Türkiye’nin Enerji Sorununun Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Değerlendirilmesi”, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt XXI., Sayı 1, Yıl 2006, s.55

Aslan, Özgür. “Hidrojen Ekonomisine Doğru”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl: 6, Sayı: 11, Bahar 2007/2, s.287

Atılğan, İbrahim; “Türkiye’nin Enerji Potansiyeline Bakış”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: 15, No: 1, Yıl: 2000, Ankara, s.32

Atılğan, Mehmet; Öztürk, H. Kemal; Deda, Burçin; Yılmaz, Eylem. “Doğalgazın ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye’nin Enerji Politikası Açısından Değerlendirilmesi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 72, Yıl: 2002, s.51

Ayduğan, Fatih. “Enerji Kaynakları ve Ulaştırmasının Güvenliği”, *Sempozyum Türkiye’nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, Harp Akademileri Basımevi, Yenilevent / İstanbul, 26-27 Ocak 2006, s.25

Bacanlı, Güner. “Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik enerjinin Önemi”, *DEK-TMK Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, ss.93-94

Baker, Cecilia (Ed.). *Energy Revolution: A Sustainable Pathway To A Clean Energy Future For Europe*, *Report For EU-25*, Green Peace International, September, 2005, s.7

Ballice, Levent; Yüksel, Mithat; Sağlam, Mehmet; Hanoğlu, Cumhuri. “Mevcut Enerji ve Kimyasal Hammadde Kaynakları Arasında Bitümlü Şistlerin Yeri ve Önemi”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Ocak-Şubat-Mart 1995, Sayı: 14, ss.9-10

Baroso, Alberta; Minoli, Luisa. PHARE Business Support Programme III of the European Union for Bulgaria, Croatia, Romania, Turkey, *UEAPME-SME FIT II Eğitim Dökümanı Enerji Politikası*, (G. Serkan Yıldız, Çağın Demiray Çev.), Türkiye Esnaf ve Sanatkarları Konfederasyonu (TESK), s.23

Baykara, Z. Sema. “İklim Değişikliği, Alternatif Enerji Seçenekleri ve Nükleer Enerji”, *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi*, Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin (Ed.), Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM) Yayınları, İstanbul, Haziran, 2006, s.131

Blaabjerg, Frede; Chen, Zhe. *Power Electronics for Modern Wind Turbines*, Morgan and Claypool Publishers, USA, 2006, p.12

Bockris, John O’M.; Veziroğlu, T. Nejat.; Smith, Debbi. *Güneş Enerjisi*, Cep Üniversitesi İletişim Yayınları, 1993, s.55

Boller, Beat; Posselt, K. Ulrich; Veronesi, Fabio (Ed.). *Fodder Crops and Amenity Grasses, Handbook of Plant Breeding*, Springer Science and Business Media LLC., USA, 2009, p.3

BOTAŞ, Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi. *2008 Yılı Sektör Raporu*, Bilkent/Ankara

Bowen, G. Richard. “Environmental Impact of Geothermal Development”, *Geothermal Energy Resources, Production and Stimulation*, Paul Kruger and Carel Otte (Ed.), Stanford University Press, USA, 1973, p.198

BP, British Petroleum. *Statistical Review of World Energy*, June 2009

Büchi, N. Felix; Minoru Inaba; Thomas J. Schmidt (Ed.). *Polymer Electrolyte Fuel Cell Durability*, Springer Science and Business Media Publications, 2009, USA, p.29

Candan, Armağan. *Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayını, Ağustos 2005, İstanbul, ss.7-23

Cansevdi, Hürrem (Ed.). *Avrupa Birliği'nin Enerji ve Ulaştırma Politikaları ve Türkiye'nin Uyumunu*, İktisadi Kalkınma Vakfı (İKV) Yayınları, İstanbul, Aralık 2004, s.18

Cassedy, S. Edward. *Prospects for Sustainable Energy, A Critical Assessment*, Cambridge University Press, UK, 2000

Charlier, R. H.; Finkl, C. W. *Ocean Energy, Tide and Tidal Power*, Springer Science and Business Media LLC. Publications , Germany, 2009

Chiras, Dan. *The Homeowner's Guide to Renewable Energy*, New Society Publishers, Canada, 2006, p.233

Commission Of The European Communities. *2004 Regular Report on Turkey's Progress Towards Accession*, SEC 2004 1201, COM (2004) 656 Final, 06.10.2004, Brussels

Cozzi, Laura. *European Energy Outlook: Energy Security and Environmental Challenges*, International Energy Agency, The European Parliament, 18 October 2005, Brussels, p.13

Craddock, David. *Renewable Energy Made Easy, Free Energy From Solar, Wind Hydropower and Other Alternative Energy Sources*, Atlantic Publishing Group, USA, 2008, pp.144-148

Creative Science and Research. *Fuel From Water*, New Albany / USA, 2004

Çağlar, İlyas; Taymaz, Tuncay; Yolsal, Seda; Avşar, Ümit. “Sıfır Zararlı Jeotermal Enerji”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Temmuz 2006, s.52

Demirağ, Osman. “Türkiye'nin İç ve Dış Enerji Kaynakları Arasında Petrolün Yeri ve Önemi”, *Seminer: Türkiye'nin Enerji Politikasında Petrolün Yeri ve Önemi*, İktisadi Araştırmalar Vakfı, 10 Kasım 2000, İstanbul, s.13

Demirbaş, Muzaffer; Türkay, Hakan; Türkoğlu, Musa. Musa Türkoğlu, “Petrol Fiyatlarındaki Gelişmelerin Türkiye’nin Cari Açığı Üzerine Etkisinin Analizi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, Cilt: 14, Sayı: 3, Yıl: 2009, s.293

Demircioğlu, Celalettin. , “Türkiye İçin Sürdürülebilir Enerji Çevre Politikaları”, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi / Yönetim Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, 2003

Demirtaş, Metin; Gün, Vedat. “Avrupa ve Türkiye’deki Biyokütle Enerjisi”, *Celal Bayar Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt: 3, Sayı: 1, Yıl: 2007, s.55

Deriş, Neşe. *Geleceğin Yakıtı Hidrojen*, Birsan Basım Yayın, İstanbul, 2006

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) Resmi Web Sitesi,

Dickson, H. Mary; Mario Fanelli. *What is Geothermal Energy*, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, February 2004, İtaly, pp.48-51

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jenarum Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, <<http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/turkyede-jeotermal>>, (Erişim: 09.04.2010)

Donnel; C. K. Johnston. “Hydro, UK’s Dependable Renewable”, IEEE, *International Conference on Renewable Energy Clean Power*, Conference Publication No:385, 2001, p.110

Doolittle, S. Jesse. *Energy, A Crisis - A Dilemma or Just Another Problem ?*, Matrix Publishers, USA, 1977

DPT, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu: Kömür Çalışma Grubu Raporu*, Yayın No: DPT.2440-ÖİK.496, Ankara, Mayıs 1996

DPT, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, *Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu*, Ankara, 2001

DPT, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik ÖİK - Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, Yayın No: DPT: 2441 – ÖİK: 497, Mayıs 1996

DPT, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. *Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013)*

DTM, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı. Web Sitesi, <<http://www.dtm.gov.tr/dtmadmin/upload/EAD/.../pdgb.doc>>, (Erişim: 14.03.2010)

Ege, Aylin. “Avrupa Birliği’nde Nükleer Enerji ve Türkiye”, *Avrupa Birliği’nin Enerji Politikası ve Türkiye*, Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı Yayını, Çankaya / Ankara, Mayıs 2004, ss.133-134

EIA, Energy Information Administration. *Internatioal Energy Outlook 2009*, United States Department of Energy, DOE/IEA Publications, DOE/EIA-0484(2009), May 2009

EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi. <<http://www.eie.gov.tr>>

Eral, Meral; Mahmoud A.A. Aslan; Sema Akyıl. “Nükleer Enerji ve Çevre”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Temmuz-Ağustos-Eylül, Sayı:24, 1997, s.27

Ersöz, Atilla. “Alternatif Enerji Teknolojileri Araştırmaları ve Çevre İlişkisi”, *TÜBİTAK – MAM Enerji Enstitüsü, Enerji ve Çevre İlişkisinde Alternatif Enerjilerin Yeri ve Önemi Paneli*, 28 Haziran 2006, İstanbul

Ertürk, Ferruh. “Türkiye’nin Alternatif Enerji Üretim İmkanları ve Fırsatları”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, TASAM Yayınları, 26 Nisan 2006, İstanbul, s.115

Ertürk, Oğuz; Yıldırım, Ayşe; Kuru, Feridun. “Enerji Kaynağı Olarak Hidrojen ve Temiz Enerjilerin AB Müktesebatı ve Uyum Sürecindeki Yeri”, *XXI. Ulusal Kimya Kongresi*, 23-27 Ağustos 2007, Malatya

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü. *Bor Sektör Raporu 2008*

ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Web Sitesi, <<http://www.enerji.gov.tr/index.php>>

ETKB, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. *Stratejik Planı (2010-2014)*

ETKB, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Türkiye Elektromekanik Sanayi Genel Müdürlüğü (TEMSAN), *2008 Sektör Raporu*

ETKB, Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşler Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE). *2009-2013 Stratejik Planı*

EÜAŞ, Elektrik Üretim Anonim Şirketi. *Elektrik Üretim Sektör Raporu 2008*

Evans, L. Robert. *Fueling Our Future, An Introduction to Sustainable Energy*, Cambridge University Press, UK, 2007

Farret, A. Felix; Simoes, M. Godoy. *Integration of Alternative Sources of Energy*, A. John Willey and Sons Inc. Publications, USA, 2006

Fisher, G. David; Erickson, R. Richard (Ed.). *The Solar System*, Salem Press, USA, 2010, p.763

Foust, D. Thomas; Ibsen, N. Kelly; Dayton, C. David; Hess, J. Richard; Kevin E. Kenny. “The Biorafinery”, *Biomass Recalcitrance, Deconstruction the Plant Cell Wall for Bioenergy*, Michael E. Himmel (Ed.), Blackwell Publishing LTD., USA, 2008, p.11

Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Rüzgar Enerjisi Araştırma Merkezi, <http://web.gyte.edu.tr> , (Erişim: 17.08.2010)

Gerpen, Jon Van. ‘‘Biodiesel: Small Scale Production and Quality Requirements’’, *Biofuels, Methods and Protocols*, Jonathan R. Mielenz (Ed.), Humana Press, USA, 2009, p.281

Gibilisco, Stan. *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*, McGraw-Hill Companies Publication, USA, 2007, pp.173-225

Gipe, Paul. *Wind Energy Basics, A Guide to Small and Micro Wind Systems*, Chelsea Green Publishing Company, USA, 1999

Gleason, Carrie. *Geothermal Energy Using Earth’s Furnace*, Crabtree Publishing Company, Canada, 2008, p.33

Goetzberger, Adolf; Joachim Knobloch, Bernhard Voss. *Crystalline Silicon Solar Cells*, Rachel Waddington (İng. Çevr.), UK, 1998, p.5

Green Peace International and EREC. European Renewable Energy Council. *Future Investment, A Sustainable Investment Plan For The Power Sector To Save The Climate*, Report Global Financial Energy Investment, July 2007

Grimston, Malcom. ‘‘Nuclear Energy’’, *The New Energy Paradigm*, Dieter Helm (Ed.), Oxford Review of Economic Policy and Oxford University Press, Great Britain, 2007

Harper, D. J. Gavin. *Fuel Cell Projects For The Evil Genius*, The McGraw-Hill Publications, USA, 2008, pp.51-95

Helm, Dieter. ‘‘Introduction: The Return of Energy Policy’’, *The New Energy Paradigm*, Dieter Helm (Ed.), Oxford Review of Economic Policy and Oxford University Press, Great Britain, 2007, p.5

Hidroelektrik Santralleri Sanayi ve İşadamları Derneği (HESİAD), Web Sitesi, <http://www.hesiad.org.tr/hid_pot.htm>, (Erişim: 29.01.2010)

Hill, Steven. *Europe’s Promise, Why The European Way is The Best Hope in an Insecure Age*, University of California Press, London / England, 2010, pp.157-160

Hordeski, Michael Frank. *Alternative Fuels, The Future of Hydrogen*, Published by the Fairmont Press Inc., USA, 2007, p.171-173

IEA, International Energy Agency. *Cities Towns and Renewable Energy*, OECD/IEA Publications, Paris/France, 2009

IEA, International Energy Agency. *Empowering Variable Renewables, Options for Flexible Electricity Systems*, OECD/IEA Publications, France, 2008

IEA, International Energy Agency. IEA Statistics, *Renewables Information*, OECD/IEA Publications, Paris/France, 2009

IEA, International Energy Agency. IEA-Statistics, *CO2 Emmissions From Fuel Combustion Highlights 2009 Edition*, OECD/IEA Publications, Paris/France, 2009

IEA, International Energy Agency. International Energy Outlook 2009, *World Energy Demand and Ekonomik Outlook*, How The Energy Sector Can Deliver On A Climate Agreement In Copenhagen, October 2009

IEA, International Energy Agency. *Key World Energy Statistics*, OECD/IEA Publications, Paris/France, 2009

IEA, International Energy Agency. *Nuclear Power, Sustainability Competition Climate Change*, OECD/IEA Publications, Paris/France

İnan, Demir. *Türkiye’de Temiz Tükenmez Enerjiler*, Sinemis Yayıncılık, Ankara, 2006, ss.14-17

İnan, Demir. “Denizlerdeki Enerji”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Haziran 1996, ss.72-73

İnan, Serin. *Rüzgar Enerjisi*, Temiz Enerji Vakfı (TEV) Yayını, Ankara, 2001, s.16

İnol, Uğur. “Türkiye’nin Enerji Sorunu ve Nükleer Enerji” *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Ekim 1978, İzmir s.7

İskender, Serdar. “Türkiye’de Enerji ve Geleceğe Yönelik Planlar”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), *Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, s.132

Işık, Alim. I. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, *TBMM Enerjiye ve Enerji Verimliliğine Bakış Açıları Paneli*, 15-16 Ocak 2009, İstanbul, s.16

Jeotermal Enerji, <<http://www.enerji2023.org/index.php>>, (Erişim: 08.04.2010)

Jones, Lackie (Ed.). *Renewable Energy World Magazine*, Volume 12, Number 1, January-February, 2009 p.10

Jones, Van. *The Green Collar Economy*, Harper Collins Publishers, USA, 2008, p.116

Kabak, Kubilay. Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, *DPT Uzmanlık Tezi*, Yayın No: DPT: 2689, Eylül 2005, ss.73-96

Kadıoğlu, Sedat; Tellioglu, Zarife. “Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri”, Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB), *I. Enerji Sempozyumu*, 12-14 Kasım 1996, Ankara, s.58

Kakaç, Sadık. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Bugünü ve Yarını”, *TÜBA-Günce Dergisi*, Sayı 34, Mayıs 2006, s.4

Kar, Shri Kalpataru. “Renewable Energy and Energy Management”, *Renewable Energy and Energy Management* (İçinde), Kar, Shri Kalpataru; B. C. Kusre; R. Katakı (Ed.), International Book Distributing Co, 2007, p.125

Karadağ, Çiğdem; Gülsaç, Işıl Işık; Ersöz, Atilla; Çalışkan, Mustafa. “Çevre Dostu ve Temiz: Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.27

Karaosmanoğlu, Filiz. “Dünyada Enerjiye Duyulan İhtiyaç ve Alternatif Enerji Kaynaklarına Yöneliş”, *Sempozyum Türkiye'nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, Harp Akademileri Basımevi, Yenilevent / İstanbul, 26-27 Ocak 2006, ss.9-10

Kılıç, Ahmet Mahmut. “Türkiye Enerji Sektöründe Doğalgaz”, *II. Doğalgaz ve Enerji Yönetimi Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) Yayını, Gaziantep, 2003, s.120

Kılıç, Nurel. “Avrupa Birliği Sürecinde Enerji Sektörünün Konumu ve Enerji Yol Haritaları”, *Sektörel AR-GE Bülteni*, İzmir Ticaret Odası, Eylül 2006, s.11

Kılıç, Nurel. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, *Sektörel AR-GE Bülteni*, İzmir Ticaret Odası Yayını, Mart 2008, s.33

Kiss, Alexandre; Shelton, Dinah; *Guide To International Environmental Law*, Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands, 2007, s.225

Kolbay, Altan. “Türkiye'nin En Büyük 22 Enerji Şirketi”, PETROTURK, <http://www.petroturk.com>, (Erişim: 16.08.2010)

Kurtuluş, Gülbahar; Tabakoğlu, F. Öznur; Türe, İ. Engin. “Türkiye’de Hidrojen Enerjisi Çalışmaları ve UNIDO – ICHET”, *DEK-TMK Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, ss.462-463

Kutlu, Yiğit. “An Energy Overview of the Republic of Turkey”, (*MSc Thesis*), Adana, 2006

Kyoto Protokolü, <<http://bianet.org/bianet/cevre-ekoloji/54452-kyoto-protokolu>>

Liptak, Bela. *Post-Oil Energy Technology*, The World’s First Solar-Hydrogen Demonstration Power Plant, CRC Press, USA, 2009, p.119

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Resmi Web Sitesi, <http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/enerji/index.php?id=jeotermalpotansiyel>, (Erişim: 08.04.2010)

McVeigh, J. C. *Energy Around The World*, An Introduction to Energy Studies Global Resources, Needs, Utilization, Pergamon Press, UK, 1984, p.118

Morris, Neil. *Geothermal Power, Facts-Issues-The Future*, Smart Apple Media Publications, China, 2007, p.19

MTA, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Web Sitesi, <http://www.mta.gov.tr/v.1.0/daire_baskanliklari/enerji/index.php?id=radyoaktif_hammadde>, (Erişim:19.03.2010)

Murphy, Earl Finbar. *Energy and Environmental Balance*, Pergamon Press, 1980, USA, pp.22-23

Murphy, Hugh. ‘‘Hot Dry Rock Reservoir Development and Testing in the USA’’, *Hydraulic Fracturing and Geothermal Energy*, S. Nemat Nasser, A. Abe, S. Harikawa (Ed.), Martinus Nijhoof Publishers, USA, 1982, p.33

Netzer, David. *Alberta Bitumen Processing Integration Study, Energy Final Report*, Published by Government of Alberta, March 2006, pp.10-58

Nükleer Enerjinin Türkiye’deki Tarihi. <<http://www.ntvmsnbc.com/id/25022241/>>, (Erişim: 19.03.2010)

OECD; IEA; ES-EuroStat, *Energy Statistics Manual*, OECD/IEA Publications, Paris/France, 2005

Ogueke, N. V.; E. E. Anyanwu; O. V. Ekechukwu. A Review of Solar Water Heating Systems, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, American Institute of Physics, 2009, p.20

Olgun, Hayati. ‘‘Küçük Hidroelektrik Santralleri’’, *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.51

OPEC, Organization of Petroleum Exporting Countries. *Annual Statistical Bulletin*, 2005

Önal, Güven. ‘‘Enerjide Öz Kaynakların Kullanımı ve Önemi’’, *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, Genelkurmay Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı Yayınları, Genelkurmay Basım Evi, Yıl: 1, Sayı: 1, Şubat 2003, Ankara, s.34

Öner, Cengiz; Can, İbrahim; Koca, Ahmet. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2007, s.136

Özyiğit, Tamer; Serarslan, M. Nahit; Karsak, E. Ertuğrul. ‘‘Türkiye’de Elektrik Üretimi İçin Enerji Kaynaklarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi’’, *İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 5, Ekim 2008, İstanbul, s.57

Rajeshwar, Krishnan; McConnell, Robert; Licht, Stuart (Ed.). *Solar Hydrogen Generation, Toward a Renewable Energy Future*, Springer Science and Business Media, LLC., USA, 2008, p.12

Rooney, Anne. *Solar Power, Energy for the Future and Global Warming*, Gareth Stevens Publishing, USA, 2008

Saatçioğlu, Cem; Küçükaksoy, İsmail. “Türkiye Ekonomisinin Enerji Yoğunluğu ve Önemli Enerji Taşıma Projelerinin Ekonomiye Etkisi”, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, <http://www.sbe.dpu.edu.tr/11/19-41.pdf>, (Erişim: 14.08.2010)

S. M.; Bilici, Uğur. , “Enerji Taşıyıcısı Hidrojen, Hidrojen Taşıyıcısı Sodyum Borhidrür”, *Teknoloji Dergisi*, Ocak 2004, s.47

Satman, Abdurrahman. “Dünyada Enerji Kaynakları”, *Türkiye’de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, Atilla Sandıklı, Hasret Dikici Bilgin (Ed.), Türkasya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM) Yayınları, 26 Nisan, 2006, İstanbul, s.51

Satman, Sabit. “Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Rezervleri”, *Sempozyum Türkiye’nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, T.C. Genelkurmay Başkanlığı Harp Akademileri Komutanlığı Stratejik Araş. Enstitüsü Müd., Harp Akademileri Basımevi, 26-27 Ocak 2006, İstanbul, s.65

Scheer, Hermann. , *Energy Autonomy, The Economic, Social and Technological Case for Renewable Energy*, Published by Earthscan, UK, 2007, p.61

Schlager, Neil; Weisblatt (Ed.). *Alternative Energy Volume One*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006

Schlager, Neil; Weisblatt (Ed.). *Alternative Energy Volume Two*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006

Schlager, Neil; Weisblatt (Ed.). *Alternative Energy Volume Three*, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Thomson Gale, 2006

Schreuder, Yda. *The Corporate Greenhouse, Climate Change Policy in a Globalizing World*, Zed Books, New York / USA, 2009 s.123

Selçuk, Nevin. “Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji İhtiyacı Açısından İzleyeceği Politika Ne Olmalıdır?”, *Sempozyum: Türkiye’nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır?*, Harp Akademileri Basımevi, Yenilevent / İstanbul, 26-27 Ocak 2006, s.155

Serpen, Ümran. “Jeotermal Enerji Endüstrisinde Teknik ve Teknolojik Gelişmeler”, Türkiye VIII. Enerji Kongresi, *Türkiye’deki Jeotermal Uygulamalar ve Projeksiyonların Önemi ve Dünya’daki Yeri Bildirisi*, 8-12 Mayıs 2000, Ankara

Shea, Cynthia Pollock. *Worldwatch Paper 81, Renewable Energy Today’s Contribution Tomorrow’s Promise*, Lester R. Brown (Dir.), Worldwatch Institute Publications, January 1988, p.24

Söder, Lennart. “The Value of Wind Power”, *Wind Power in Power Systems*, Thomas Ackermann (Ed.), A. John Willey and Sons Inc. Publications, England, 2005, p.171

Şahin, Mükerrerem. *Hidrojen Enerjisi Teknolojileri*, Anıl Matbaacılık, Kızılay/Ankara, Mayıs 2006

Şimşek, Şakir. *Yer İçi Isısından Yararlanma – Jeotermal Enerji*, Temiz Enerji Vakfı (TEV) Yayını, Kasım 2001, Ankara, s.11

T.C. Resmi Gazete. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü Yayını, 18 Mayıs 2005 Çarşamba, Sayı: 25819

Tabak, John; D. Ph. *Natural Gas and Hydrogen, Energy and the Environment*, Facts on File Inc. An Imprint of Infobase Publishing, USA, 2009, p.144

TEİAŞ, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı. *Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009-2018)*, Haziran 2009

Temurçin, Kadir; Aliğaoğlu, Alparslan. “Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği”, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafi Bilimler Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 2, Yıl: 2003, ss.32-33

TEV, Temiz Enerji Vakfı. *TEV-Rüzgar Enerjisi*, Yayını, TÜBİTAK Matbaası, Ankara, 2001

The National Academies Press, *Catalysis For Energy*, Fundamental Science and Long Time Impacts of the U.S Department of Energy, Basic Energy Sciences Catalysis Science Program, USA, 2009

The National Academies Press. *Liquid Transportation Fuels from Coal and Biomass*, Technological Status Costs and Environmental Impacts, USA, 2009

TKİ, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü. *Kömür Sektör Raporu (Linyit)*, Ankara, 2009

Tolun, Süleyman. “Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Rüzgar Enerjisi”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK Yayını, Yıl: 42, Sayı: 498, Mayıs 2009, s.37

TPAO, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü. *2008 Yılı Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu*, Mart 2008

TTK, Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü. *Taş Kömürü Sektör Raporu*, Mayıs 2009

Tuğrul, A. Beril; Baydoğan, Nilgün Doğan. “Olası Alternatiflerle Enerji Kaynakları Değerlendirmesi ve Türkiye”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK_TMK), *Türkiye Onuncu Enerji Kongresi*, İstanbul, s.268

Tuna, Muammer. “Enerji, Çevre ve Toplum”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası “II. Çevre ve Enerji Kongresi”, *Bildiriler Kitabı*, 15-17 Kasım 2001, İstanbul, ss.89-90

TÜBİTAK, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu, *Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi*, 24 Temmuz 2003, Ankara

Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. *Kentleşme Şurası*, İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme Komisyonu Raporu, Nisan 2009, Ankara

Türkiye Jeotermal Enerji Derneği, <<http://www.jeotermalderneği.org.tr/>>, (Erişim: 07.04.2010)

Twidell, John; Weir Tony. *Renewable Energy Sources*, British Library Cataloguing in Publication Data, UK, 2005, p.183

United Nations Publication. *Discussion Papers on Sustainable Forest Management No:2*, Sustainable Development and Biofuel Use as a Way Towards the Kyoto Protocol Implementation, 2005

Ural, Engin. (Proje Sorumlusu), *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Türkiye Çevre Vakfı (TÇV) Yayını, Ankara, Aralık 2006

Uyar, Sıdkı Tanay. “*Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu*”, <<http://www.sunsite.bcc.bilkent.edu.tr/listeler/enerji/2000/May/att-0062/01-RAPOR.doc>>, (Erişim: 07.04.2010)

Ünalı, Ülkü Eser. “Enerji Ormanlığı (Yeşil Kömür) ve Türkiye”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 2, Yıl: 2003, Elazığ, s.56

WEC, World Energy Council. *European Climate Change Policy Beyond 2012*, London/UK, 2009

WEC, World Energy Council. *WEC Statement 2009*, Building the New World Energy Order

WEC, World Energy Council. *World Energy and Climate Policy: 2009 Assessment*, London/UK, 2009

Williams, J. Richard. *Solar Energy Technology and Applications*, Ann Arbor Science Publishers, 1974, USA

Williams, Robert; Karakezi, Stephen; Parikh, Jyoti Parikh; Watanabe, Chihiro (Ed.). *The Outlook for Renewable Energy Technologies, Working Paper Number 14*, Prepared by the Scientific and Technical Advisory Panel (STAP) of the Global Environment Facility (GEF), USA, 1998

WWEA, World Wind Energy Association. *World Wind Energy Report 2008*, WWEA Publication, Germany, 2009

Yalçın, Gökmen; Eken, Güven. “Türkiye’nin Baraj Politikası ve Önemli Doğa Alanları Doğa Derneği Kurumsal Görüşü”, TMMOB-İnşaat Mühendisleri Odası (İMO), *Su Politikaları Kongresi*, 21-23 Mart 2006, Ankara, s.262

Yerebakan, Metin. *Mikro Enerji Santralleri*, İstanbul Ticaret Odası (İTO) Yayınları, İstanbul, 2008

Yıldırım, Metin; Örnek, İbrahim. “Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji”, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 1, Yıl: 2007, s.35

Yılmaz, Gaye. *Suyun Metalaşması*, Sosyal Araştırmalar Vakfı (SAV) Yayını, İstanbul, Eylül 2009, s.278

Dünya Nüfusu ve Enerji Tüketimi,

<<http://www.site.mynet.com/nukleerguc/nukleerenerji/id5.htm>>, (Erişim: 09.08.2010)

<http://europa.eu/legislation_summaries/energy/internal_energy_market/index_en.htm>, (Erişim: 08.01.2010)

<<http://www.alternaturk.org/>>, (Erişim: 08.01.2010)

<<http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>>, (Erişim: 31.01.2010)

<<http://www.kimyamuhendisi.com>>, (Erişim: 14.01.2010)

Tuğba Tekerek, “60 Milyar Dolarlık Karbon Pazarında 3 Türk Şirketi”,

<<http://www.milliyet.com.tr>> , (Erişim: 18.08.2010)