

**TÜRKİYE’NİN ENERJİDE
DIŞA BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASINDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ
KAYNAKLARININ ÖNEMİ**

Selvi Nur ÇELİK
(Yüksek Lisans Tezi)
Eskişehir, 2012

**TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASINDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ**

Selvi Nur ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İktisat Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nazım ÇATALBAŞ

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Eylül, 2012

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Selvi Nur ÇELİK'in, "Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi" başlıklı tezi 15 Kasım 2012 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, İktisat Anabilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Yard.Doç.Dr.Nazım ÇATALBAŞ
Üye : Prof.Dr.Rıdvan KARLUK
Üye : Yard.Doç.Dr.Murat ERTUĞRUL

Prof.Dr.B.Zafer ERDOĞAN
Anadolu Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

Yüksek Lisans Tez Özü

TÜRKİYE’NİN ENERJİDE DIŞA BAĞIMLILIĞININ AZALTILMASINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Selvi Nur ÇELİK

İktisat Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eylül 2012

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nazım ÇATALBAŞ

Günümüzde mal ve hizmet üretimindeki genişlemeye paralel olarak enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Mevcut enerji talebinin önemli bir kısmını karşılayan fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğalgaz) ise sonsuz ihtiyaçları karşılayabilme konusunda sınırlı enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtların mevcudiyeti noktasında sıkıntı yaşayan ülkeler bu kaynağa ulaşılabilirlik konusunda yüksek maliyetlere katlanmak zorunda kalmaktadır. Bu durumda ülkelerin ekonomik büyümeleri açısından fosil yakıtların yerini alacak yenilenebilir enerji kaynaklarının gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Türkiye artan enerji talebini karşılayabilecek yeterli miktarda fosil yakıt kaynaklarına sahip olmadığından dolayı yüksek maliyetlere katlanarak enerjide dışa bağımlı hale gelmiştir. Türkiye geniş bir kaynak potansiyeline sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik AR-GE çalışmaları ve sürdürülebilir enerji politikaları ile enerjide dışa bağımlılığını azaltabilir. Bu çalışmanın amacı, fosil yakıtlar yerine kullanılacak çevre dostu, sınırsız ömre sahip ve düşük maliyetli yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemini ortaya koymaktır. Birinci bölümde enerji kaynaklarının tanımlarına, özelliklerine, avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir. İkinci bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının Dünya ve Türkiye açısından potansiyeli, kurulu gücü ve yatırım maliyetleri incelenmiştir. Son bölümde ise fosil yakıtlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi, tüketimi, ithalattaki payları ve yatırım maliyetleri karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlar, AR-GE

Abstract

THE IMPORTANCE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN DECREASING EXTERNAL ENERGY DEPENDENCE OF TURKEY

Selvi Nur Çelik

Department of Economics

Anadolu University, Graduate School of Social Sciences, September 2012

Adviser: Assis. Prof. Dr. Nazım ÇATALBAŞ

Nowadays, in parallel with expansion of the production of goods and services, the demand for energy is increasing. The demand for energy will remain important as long as there is life in the world. Fossil fuels (oil, coal, natural gas), which meet an important part of existing energy demand, are not unlimited energy sources in meeting infinite needs. In addition, the countries experiencing difficulties regarding the presence of fossil fuels have to bear high costs in accessing to this source. In this case, regarding economical growth of countries, renewable energy sources, which will take the place of fossil fuels, appear to be highly necessary.

Not having sufficient amount of fossil fuel sources to meet the increasing demand for energy, Turkey became an external dependent country in energy bearing high costs. Turkey can decrease its external dependence with sustainable energy policies and R&D studies regarding the use of renewable energy sources in which it has a wide range of resource potential. The aim of this study is to put forth the importance of eco-friendly renewable energy sources for Turkey which can be substituted for fossil fuels with their unlimited life and low cost. In the first chapter the definitions of energy sources, characteristics, advantages and disadvantages are given. In the second chapter, in terms of the world and Turkey, the potential of renewable energy sources, installed capacity and investment costs were investigated. And in the last chapter, production, consumption, import shares and investment costs of fossil fuels and renewable sources of energy were analyzed in comparison.

Key Words: Renewable energy sources, fossil fuels, R & D

21/09/2012

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tez/proje çalışmasının bana ait, özgün bir çalışma olduğunu hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumunda bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde intihal içermediğini beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durum saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Selvi Nur Çelik

İçindekiler

	<u>Sayfa</u>
Jüri ve Enstitü Onayı.....	ii
Öz.....	iii
Abstract.....	iv
Etik İlke ve Kurallara Uygunluk Beyannamesi.....	v
Özgeçmiş.....	vi
Tablolar Listesi.....	xii
Şekiller Listesi.....	xiii
Kısaltmalar Listesi.....	xiv
Giriş	1

Birinci Bölüm

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1. Güneş Enerjisi.....	3
1.1. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Enerjisi.....	3
1.2. Güneş Enerjisi Teknolojileri.....	5
1.2.1. Güneş pili sistemleri (fotovoltaik sistemler).....	5
1.3. Güneş Enerjisinin Maliyeti.....	6
1.4. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	6
2. Rüzgâr Enerjisi.....	7
2.1. Rüzgâr Enerjisinden Faydalanma İmkânları.....	7
2.1.1. Mekanik enerji üretimi.....	7
2.1.2. Elektrik enerji üretimi.....	8
2.2. Rüzgâr Türbinleri.....	8
2.3. Rüzgâr Enerjisi Maliyet Analizi.....	9
2.3.1. Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulum, operasyon, bakım ve onarım maliyetleri.....	9
2.4. Rüzgâr Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	10
3. Jeotermal Enerji.....	11
3.1. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	12

	Sayfa
3.2. Jeotermal Enerjide Maliyetler.....	13
3.3. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	14
4. Biyokütle Enerjisi.....	14
4.1. Biyokütle Yetiştiriciliği.....	15
4.1.1. Enerji tarımı.....	15
4.1.2. Enerji ormancılığı.....	16
4.2. Biyokütle Çevrim Teknolojileri.....	16
4.3. Biyokütle Enerjisinin Maliyeti.....	17
4.4. Biyokütle Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	17
5. Hidrojen Enerjisi.....	19
5.1. Hidrojenin Temel Özellikleri.....	19
5.2. Hidrojen Üretimi.....	19
5.3. Hidrojenin Kullanım Alanları.....	20
5.3.1 Yakıt pilleri.....	20
5.3.2. Yakıt olarak hidrojen.....	20
5.4. Depolama ve Taşıma.....	21
5.5. Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	21
6. Hidroelektrik Enerjisi.....	21
6.1. Hidroelektrik Santrallerde Sınıflandırma.....	22
6.1.1. Düşülerine göre.....	22
6.1.2. Ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre.....	22
6.1.3. Kapasitelerine göre.....	22
6.1.4. Yapılışlarına göre.....	23
6.1.5. Üstünde kuruldukları suyun özelliklerine göre.....	23
6.2. Hidroelektrik Santrallerde Türbin Çeşitleri.....	23
6.2.1. Pelton türbini.....	23
6.2.2. Francis türbini.....	24
6.2.3. Kaplan türbini.....	24
6.2.4. Boru tipi (S türbinleri) türbinler.....	24
6.3. Hidroelektrik Santrallerde Enerji İletim Tesisleri.....	24

6.3.1. Su alma yapıları	25
6.3.2. İletim yapıları.....	25
6.3.2.1. Basınçlı tüneller.....	25
6.3.2.2. Basınçsız tüneller.....	25
6.3.3. Yükleme odası veya denge bacası	25
6.3.4. Vanalar ve vana odası.....	26
6.3.5. Cebri borular.....	26
6.3.6. Santral.....	26
6.3.7. Kuyruk suyu kanalı ve eşiği.....	26
6.4. Hidrolik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	26

İkinci Bölüm

Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Durumu

1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanımı	28
1.1. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımı.....	28
1.2. Dünyada Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı.....	30
1.3. Dünyada Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Kullanımı.....	31
1.4. Dünyada Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı.....	33
1.5. Dünyada Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı.....	36
1.5.1. Kuzey ve Orta Amerika.....	37
1.5.2. Güney Amerika.....	37
1.5.3. Avrupa.....	37
1.5.4. Batı ve Doğu Asya.....	38
1.5.5. Afrika.....	38
1.6. Dünyada Yenilenebilir Enerjide Yatırım Trendi.....	38
2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanımı.....	39
2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Potansiyeli.....	39
2.1.1. Türkiye’de güneş enerjisi uygulamaları.....	42
2.1.1.1. Güneş pilleri – fotovoltaik (PV) sistemler.....	42

	<u>Sayfa</u>
2.1.1.2. Güneş kolektörleri.....	45
2.1.2. Türkiye’de güneş enerjisinin maliyeti.....	45
2.1.3. GAP Bölgesi termal güneş uygulamaları potansiyeli.....	46
2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı.....	47
2.2.1. Rüzgâr enerjisi yatırım maliyetleri.....	49
2.2.2. Türkiye’de rüzgâr enerjisinin gelişimi.....	50
2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Kullanımı.....	52
2.3.1. Jeotermal enerji potansiyeli.....	53
2.3.2. Jeotermal enerjide maliyetler.....	57
2.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi.....	57
2.4.1. Türkiye’nin biyokütle potansiyeli.....	57
2.4.1.1. Biyoetanol üretimi.....	58
2.4.1.2. Biyodizel üretimi.....	58
2.4.1.3. Biyogaz üretimi.....	59
2.5. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi.....	60
2.5.1. Türkiye hidrojen enerjisi potansiyeli.....	60
2.5.2. Hidrojen enerjisi maliyeti.....	61
2.6. Türkiye’de Hidroelektrik Enerjisi.....	61
2.6.1. Türkiye hidrolik potansiyeli.....	61
2.6.1.1. Teknik potansiyel.....	62
2.6.1.2. Hidroelektrik santrallerinin yatırım maliyeti.....	63
2.6.2. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP).....	64
2.7. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerjide Konumu.....	64

Üçüncü Bölüm

Türkiye’nin Enerji Sektöründe Dışa Bağımlılığı ve Yenilenebilir Enerji

1. Fosil Yakıtlar.....	66
1.1. Türkiye’de Kömür Rezervi ve Üretimi.....	66
1.1.1. İthalat ve tüketim.....	66
1.2. Türkiye’de Doğalgaz.....	67
1.2.1. Üretim, rezerv ve tüketim.....	67

	<u>Sayfa</u>
1.3. Türkiye’de Petrol.....	69
1.3.1. Üretim, rezerv ve tüketim.....	69
2. Kyoto Protokolü.....	70
3. Türkiye’de Enerjinin Genel Durumu.....	72
4. Türkiye’de Enerji Sektörü.....	77
5. Yenilenebilir Enerji Sektörü.....	83
6. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Politikaları, Hedefleri ve Stratejileri.....	84
7. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi ve Enerjide Dışa Bağımlılığının Seyri.....	89
Sonuç.....	91
Kaynakça.....	95

Tablolar Listesi

Tablo 1. Rüzgâr Enerjisi Santral Kurulumunda Maliyetlerin Dağılımı.....	9
Tablo 2. Türkiye'nin Günlük Toplam Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	41
Tablo 3. Ticari Modüllerin Mevcut Verimleri.....	45
Tablo 4. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	47
Tablo 5. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (yıllık ortalama rüzgâr hızı >7,0 m/s-50m a.g.l.).....	48
Tablo 6. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (yıllık ortalama rüzgâr hızı >6,5 m/s-50m a.g.l.).....	49
Tablo 7. Türkiye'de Jeotermal Enerji ile Bölgesel Isıtma Yapılan Yerler.....	55
Tablo 8. Türkiye Elektrik Üretim Projelerinin Olduğu Jeotermal Saha Sıcaklıkları (2012).....	56
Tablo 9. Türkiye'de Biyoetanol Mevcut Durum.....	58
Tablo 10. Türkiye'de Biyodizel Mevcut Durum.....	59
Tablo 11. Türkiye'de Biyogaz Mevcut Durum.....	59
Tablo 12. Türkiye'de GAP Projesi Kapsamında Üretilen ve Gelecekte Üretilecek Olan Hidroelektrik Enerji Miktarlarının Potansiyel Üretimi.....	62
Tablo 13. Türkiye'de Hidroelektrik Üretiminin Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payı.....	63
Tablo 14. Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (2011).....	72
Tablo 15. Türkiye'de Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2011).....	73
Tablo 16. 2001-2010 yılları Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi.....	75
Tablo 17. Kişi Başına Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi (2011).....	76
Tablo 18. Türkiye'nin Dış Ticaret Dengesi ve Enerji İthalatı (Değer 000 \$).....	81
Tablo 19. Türkiye'nin Enerji Denge Tablosu (Bin Tep).....	82
Tablo 20. Enerji Türlerinin Bağımlılığının ve Kalan Ömürlerin Karşılaştırılması.....	86
Tablo 21. Enerji Türlerinin Yaklaşık Olarak Yatırım ve Birim Enerji Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	87

Şekiller Listesi

Şekil 1. Güneşten Gelen Işınımın Dağılımı.....	4
Şekil 2. Dünya Rüzgâr Enerjisi Toplam Kapasitesi 1996-2011.....	30
Şekil 3. Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal Enerji Kullanımı.....	32
Şekil 4. Dünyada Etanol ve Biyodizel Üretimi.....	36
Şekil 5. Yenilenebilir Enerjide Küresel Yatırım.....	39
Şekil 6. PV Modül Üretim ve Teknolojilerinin Verim ve Maliyetleri.....	44
Şekil 7. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi’nin Gelişimi.....	51
Şekil 8. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün İllere Göre Dağılımı (%).....	54
Şekil 9. Türkiye’de Jeotermal Potansiyel Alanların Bölgelere Göre Dağılımı.....	52
Şekil 10. Yıllar İtibariyle Türkiye Doğalgaz Üretimi.....	68
Şekil 11. Yıllar İtibariyle Türkiye Ham Petrol Üretimi.....	69
Şekil 12. Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimi.....	74
Şekil 13. Türkiye’de Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Dağılımı (MTEP).....	77
Şekil 14. Türkiye’de Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklara Dağılımı (MTEP)....	78
Şekil 15. Türkiye’de Birincil Enerji İthalatının Kaynaklara Dağılımı (MTEP)....	79
Şekil 16. Türkiye’de Enerji Dengesi ve Gelişimi.....	80
Şekil 17. Yenilenebilir Enerjide Küresel Yatırım: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler.....	83

Kısaltmalar Listesi

CO₂	Karbondioksit
DEK-TMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EIA	ABD Enerji Enformasyon İdaresi
EPD	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EUAŞ	Elektrik Üretim A.Ş
FIT	Şebekeye satış tarifesi
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GES	Güneş enerjisi santralleri
GWth	Gigawatt ısı
HES	Hidroelektrik Santral
H₂S	Hidrojen sülfür
ICHET	Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
IHA	Uluslararası Su Enerjisi Birliği
K	Kelvin sembolü
Kcal	Kalori
Kg	Kilogram
KM²	Kilometre kare
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt saat
Lbe	Litre benzin eşdeğeri
Lt	Litre
M	Metre
MARKA	Doğu Marmara Kalkınma Ajansı
MJ	Megajoule
MI	Megalitre
MÖ	Milattan önce

MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elektrik
MWt	Megawatt termal
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
ÖTV	Özel Tüketim Vergisi
PV	Fotovoltaik
REN21	21. Yüzyıl Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı
RES	Rüzgar enerjisi santralleri
TEP	Ton eşdeğer petrol
TEPGE	Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü
TÇV	Türkiye Çevre Vakfı
TMMOB	Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği
TPAO	Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TWh	Terawattsaat
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı.
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
V/G	Varil/Gün
\$	Amerikan doları

Giriş

Hızlı ekonomik büyüme ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılama konusunda sadece kaynakların var olması değil, ayrıca kaynakların en güvenilir, çevre dostu, sürdürülebilir ve düşük maliyetli olması da önemlidir. Enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan fosil yakıtlara erişim, kullanım noktasında karşılaşılan sıkıntılar ve olumsuzluklar, ülkelerin enerji politikalarına yansımış ve ülkeler yeni enerji kaynaklarına yönelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyümeleri açısından fosil yakıtların yerine değerlendirilmesi gereken enerji kaynaklarıdır. Güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, hidrojen ve biyokütleden elde edilen enerji çevre dostu, sürdürülebilir ve düşük maliyetlidir.

Sahip olunan enerji kaynakları ülkeler arasında eşit dağılmamıştır. Bu bakımdan kaynağa erişim sonucunda devreye giren yüksek maliyetler, ülkelerin ekonomisine büyük maliyetler yüklemektedir. Maliyetlerin minimum düzeye çekilmesi dünyanın ekonomik geleceği için önemli bir unsurdur.

Türkiye geliştirmekte olan bir ülke olarak hem sanayi hem de günlük hayatta kullanılan enerji miktarı her geçen gün artmaktadır. Artan talebe cevap vermek ve enerji arz güvenliğini sağlamak için en doğru enerji kaynaklarına ulaşmak gerekmektedir. Türkiye enerji ihtiyacının önemli bir yüzdesini (%70) fosil yakıtlardan ithal olarak sağlamaktadır. Enerjide dışa bağımlılık Türkiye'nin ekonomisi için büyük bir sorundur. Bu sorunun aşılabilmesi yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine bağlıdır. Araştırma-geliştirme (AR-GE) çalışmaları ile geliştirilecek teknoloji ve etkin bir politika sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sağlanmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, fosil yakıtlar yerine kullanılacak çevre dostu, sınırsız ömre sahip ve düşük maliyetli yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemini ortaya koymaktır. Çalışmanın birinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümünde Dünya'nın ve Türkiye'nin enerji potansiyeli ve kullanımı incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise fosil yakıtlar ile

yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi, tüketimi, ithalattaki payları ve yatırım maliyetleri karşılaştırılarak, çalışmanın en önemli sorusu olan gelecek için en uygun enerji kaynağının hangisi olacağı sorusuna cevap verilmiştir. Sahip olduğu özellikler bakımından yenilenemeyen ve yüksek maliyetli olan nükleer enerji çalışmaya dahil edilmemiştir.

Birinci Bölüm

Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1. Güneş Enerjisi

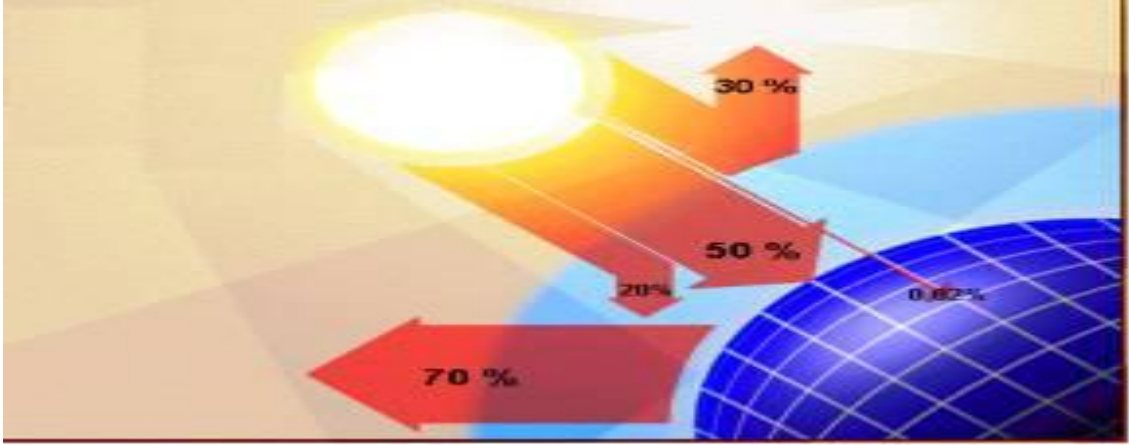
Güneş sistemi içerisinde yer alan güneş hem dünya için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı hem de yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde temel bir enerji kaynağıdır. Genel olarak bakıldığında enerji kaynakları içerisinde güneş birincil enerji kaynağıdır (Acaroğlu, 2003: 15). Konvansiyonel enerji kaynaklarının neredeyse hepsi güneş kökenli enerji kaynaklarıdır. Yapılan ölçümler çerçevesinde güneş 1,39 milyon km. çapında (Dünya'nın yaklaşık 110 katı büyüklüğünde), dünya'dan 150 milyon km. uzaklıkta yoğun sıcak gazlar içeren küredir. Yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 K, iç bölgelerindeki sıcaklık ise 8×10^6 K ile 40×10^6 K arasında değişmektedir (Türkiye Çevre Vakfı, 2006: 35).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan hidrojen gazını helyuma dönüştüren füzyon reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan çok güçlü bir enerji kaynağıdır. Hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında, saniyede 4 milyon ton kütle enerjiye dönüşerek, yaklaşık 3.5×10^{26} değerindeki enerjinin ışınım şeklinde uzaya yayılır. Güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden, dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşten gelen güç insanlığın yıllık ticari gereksiniminin 16.000 katından çoktur. Dünyadaki tüm elektrik santrallerinin toplam gücü, güneşten gelen gücün 61.000'de birinden azdır. Güneşten gelen güç dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği toplam gücün 527.000 katıdır (Görgün, 2008: 2).

1.1. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Enerjisi

Dünya ile güneş arasındaki yaklaşık uzaklık 150 milyon km'dir. Dünya'nın hem kendi eksenini etrafında hem de güneş etrafında dönmesi nedeniyle güneşten gelen enerji hem günlük hem de yıllık olarak değişmektedir. Yeryüzüne bir günde düşen güneş enerjisi, güneşin toplam enerjisinin yaklaşık milyarda biridir. Bunun değeri 1.5×10^{16} MJ (1MJ =

10^6 Jolue)'dür. Dünya'ya gelen güneş enerjisi 130 trilyon ton taş kömürüne eşdeğerdir. Bu değer dünyada tüketilen toplam enerjinin ise 15 bin katına eşdeğerdir (Acaroğlu, 2003: 18).



Şekil 1. Güneşten Gelen Işınımın Dağılımı

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [YEGM], http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html (Erişim Tarihi: 20.12.2011)

Şekil 1'de görüldüğü gibi güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmamaktadır. Güneş ışınımının yaklaşık %30'u dünya atmosferinden geçerken yansımalar nedeniyle geri yansıtılır. %50'lik kısmı ise atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Bu enerji ile dünyada sıcaklık artar ve insanlık için gerekli yaşam koşulları mümkün hale gelir. Bu ısınma aynı zamanda rüzgâr hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da neden olmaktadır. Güneş ışınımının yaklaşık %20'lik bir kısmı ise atmosfer ve bulutlarda tutulmaktadır. Ve %1'den daha azlık bir bölümü fotosentez olayında kullanılmak üzere bitkilerde toplanır. Bitkiler, fotosentez sürecinde güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretir. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın temel kaynağıdır. Sonuç itibariyle dünya'ya gelen güneş ışınımı, ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir (TÇV, 2006: 36).

1.2. Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneş enerjisi bilinen en eski temel enerji kaynağıdır. Yenilenebilir, çevre dostu ve insanlık var oldukça mevcut olacak bir enerji kaynağıdır. Dünya'nın kendi eksenini ve güneş etrafındaki dönüşünden kaynaklı günlük ve mevsimlik olarak ısı değişimleri söz konusudur. Ayrıca güneş enerjisinin ışınım miktarı atmosferik koşullarla belirlenmektedir. Dolayısıyla bazı güneş enerjisi uygulamaları enerjinin depolanmasını zorunlu kılmaktadır.

Güneş ışınlarından yararlanmak amacı ile pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Geliştirilen teknolojilerden bazıları güneş enerjisini ışık ya da ısı olarak doğrudan kullanmakta bazıları ise elektrik elde etmektedir. Güneş enerjili sıcak su sistemleri, suyu ısıtmak için güneş ışınlarından yararlanır. Bu sistemler çoğunlukla bir termal güneş paneli ile bir depodan oluşur. Yaygın ısı güneş enerjisi uygulamaları şunlardır: düzlemsel güneş kolektörleri, yoğunlaştırıcı güneş enerjisi santralleri, vakum tüplü güneş enerjisi sistemleri, güneş ocakları, trombe duvarı, geçişli hava paneli, güneş havuzları, güneş bacaları ve su arıtma sistemleridir (Yerebakan, 2010: 40-41).

1.2.2. Güneş pili sistemleri (fotovoltaik sistemler)

Güneş pili yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, elektrik şebekesi olmayan yerlerde, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda, ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilir (TÇV, 2006: 53).

Güneşin olmadığı durumlar söz konusu iken ve özellikle de gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Akümülatör vasıtasıyla güneş pilleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek enerjiyi depolar. Bu özelliği sayesinde güneş

ışığından yoksun alanlarda ve güneşin yetersiz olduğu durumlarda depolanan güneş enerjisi kullanıma sunulur.

1.3. Güneş Enerjisinin Maliyeti

Güneş enerjisinin maliyeti güneş enerjisi pilleri ve güneş modüllerinin maliyeti üzerinden iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Ortalama ölçekte güneş enerjisi modülleri ve pillerinin yatırımın içindeki payları yaklaşık %50 civarındadır. Güneş enerjisi modüllerinin küçük ölçekli üretimlerde kurulum maliyeti 6.000–7.500 Euro dolaylarındadır. Daha büyük ölçekli MW üretimlerinde 3.000 Euro dolaylarında görülebilmektedir. Kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen yıllık bakım maliyeti: 10 usd/ KWh'tır (Yılmaz ve Kösem, 2011: 39).

1.4. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş enerjisi doğada mevcut olan temiz ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. Çevreye zarar veren herhangi bir kirletici, radyasyon, gaz vb. olumsuzluklara sahip değildir. Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duymamaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin bakım maliyetleri düşük düzeylerde dir.

Güneş enerjisinin bir takım avantajları olsa da aynı zamanda bazı dezavantajları da içinde barındırmaktadır. Güneş ışınlarının birim yüzeye düşen ışınımı az olması dolayısıyla büyük alanlara gereksinim duymaktadır. Güneş ışınımı mevsimler arasında ve gece gündüz boyunca farklı olmaktadır. Bu durum enerjinin depolanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), 2009: 43). Güneş ışınımından etkili bir biçimde yararlanabilmek için kurulan sistemin açık bir alanda ve güneş ışınlarını dik açı ile alan bir yerde kurulması gerekmektedir. Ayrıca günümüz teknolojileriyle yüksek kurulum maliyetlerine sahiptir.

2. Rüzgâr Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin daha net anlaşıldığı yakın dönemlerde kullanım ve yapım teknolojisi en hızla gelişen yenilenebilir enerji kaynağı *rüzgâr enerjisi*dir.

Güneş denizleri, karaları ve atmosferi farklı miktarlarda ısıtmaktadır. Buna bağlı olarak yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eden, yatay hava hareketlerine *rüzgâr* denir. Rüzgârın yönü, sıklık ve hızı gibi faktörler rüzgâr enerjisinin potansiyelini belirlemede kullanılmaktadır (Yamak, 2006: 62).

Diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının güneşten türediği gibi rüzgâr enerjisinin de temel kaynağı güneştir. Temiz, yenilenebilir, çevre dostu, enerjiye çevrilmesi kolay olması bakımından günümüzde önem arz eden bir enerji kaynağıdır. Rüzgârın özellikleri, güneş ışınlarının farklı ısı dağılımından dolayı zamansal ve coğrafi olarak değişiklikler gösterir. Bu nedenden dolayı büyük kapasiteli rüzgâr santrali kurmayı ve uzun süreli rüzgâr ölçümlerinin yapılmasını gerektirir.

2.1. Rüzgâr Enerjisinden Faydalanma İmkânları

Rüzgâr enerjisinden temel olarak iki farklı şekilde yararlanma olanağı vardır. Bunlar; mekanik ve elektrik enerjisi üretimidir.

2.1.1. Mekanik enerji üretimi

Rüzgâr enerjisi aracılığıyla var olan enerjiyi mekanik enerjiye çevirerek, elde edilen mekanik enerjiyle, ev ve çiftliklerde su ihtiyacının sağlanmasında, arazilerin kurutulmasında, su pompalamada, kesme, biçme, öğütme, sıkıştırma ve yağ çıkarma gibi alanlarda kullanılmaktadır. Su pompalamada kullanılan rüzgâr enerjisi diğer pompalamalara göre daha avantajlıdır. Özellikle rüzgâr enerjisinin bol miktarda ve bedava olması en önemli avantajlarından. Aynı zamanda karmaşık bir yapıda olmadıkları için bakım ve onarım maliyetleri de oldukça düşüktür (TÇV, 2006: 69).

2.1.2. Elektrik enerjisi üretimi

Rüzgâr enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisi elde edilmektedir. Rüzgâr enerjisinin elektriksel uygulamaları üç grupta toplanmaktadır:

Şebeke bağlantılı AC uygulamaları: Rüzgâr enerjisinden elde edilen enerjinin tamamı ya da artan kısmı şebekeye verilmektedir. Rüzgâr türbinlerinin ürettiği elektrik enerjisinin faz ve frekansının şebeke değerleri ile uyumlu olmalıdır ve türbinler diziler halinde gruplanarak santral meydana getirmelidir.

Şebeke bağlantısı olmayan AC/DC uygulamaları: Şebekeden bağımsız olan yerlerde rüzgâr esmediği zamanlarda elektriksel depolama sistemi vasıtasıyla elektrik enerjisi sağlanmaktadır.

Uzak DC sistem uygulamaları: Demiryolları sinyalizasyonu, röle ve meteoroloji istasyonları, yangın gözetleme kuleleri, dağ evleri, deniz feneri, deniz-hava iletişim sistemleri ve uzak pompa istasyonlarının elektrik enerjisi ihtiyacını sağlamak için kullanılmaktadır. İhtiyaç duyulan güç 20W- 4KW (kilowatt) arasındadır (TÇV, 2006: 69).

2.2. Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr enerjisinin temel kaynağı güneş enerjisidir. Rüzgâr enerjisi güneşle sınırlı ve tükenmeyen bir kaynaktır. Rüzgâr türbinleri, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektedir.

Rüzgâr enerjisi dönüştürme sistemleri 50 W ile 2-3 MW (megawatt) arasında mekanik veya elektrik gücü sağlayabilmektedir. Rüzgârın hızı yükseklikle orantılı olarak, gücü ise rüzgâr hızının kübü ile orantılı olarak artmaktadır. Topoğrafik koşullara göre yerden 50 m yükseklikteki özgül güç, hız 3.5 m/s den küçük iken 50W/m^2 den az olabilmekte, hız 11.5m/s den büyük iken 1800W/m^2 den çok olabilmektedir. Ortalama rüzgâr hızı yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Bu değişkenlikten dolayı elde edilecek enerji,

yıllık ortalama hız değerinden hesaplanan enerjiden daha fazla olmasından dolayı belli bir bölgede rüzgâr türbinleri aracılığıyla üretilebilecek elektrik enerjisi üretim miktarının hesabında, yıllık ortalama rüzgâr hızından çok, gözlemlenen dağılım veya Weibull dağılımı ile hesaplanmış rüzgâr hızı sıklık dağılımı kullanılmaktadır. Rüzgâr türbinleri tarafından üretilen enerjinin miktarı, rüzgâr hızı dağılımına bağlıdır (Şipar, 2011: 23-24).

2.3. Rüzgâr Enerjisi Maliyet Analizi

Rüzgâr enerjisi, mevcut olan teknoloji ile KW başına yapılan yatırımlar bakımından yüksek sermaye gerektirmesine rağmen yakıt ve işletme maliyetleri düşük bir enerji kaynağıdır. Küresel rüzgâr enerjisi piyasasının büyümesiyle birlikte rüzgâr enerjisi kaynaklı elektrik üretiminin maliyetleri de gittikçe düşüş göstermektedir.

2.3.1. Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulum, operasyon, bakım ve onarım maliyetleri

Rüzgâr türbinlerinin maliyeti rüzgâr enerjisi santrallerinin toplam maliyeti içerisinde yaklaşık %75'dir. Bu santrallerde üretilen elektriğin maliyeti dalgalanan yakıt fiyatlarından hiçbir şekilde etkilenmemektedir. Örneğin doğalgaz kaynaklı elektrik üretim santrallerinde üretilen elektriğin maliyetinin yaklaşık %40-70'i yakıt maliyeti (doğalgaz) ve bakım onarım maliyetlerinden oluşmaktadır. Operasyon, bakım ve onarım maliyetleri ise bir rüzgâr türbininin ürettiği elektriğin KWh başına maliyetinin yaklaşık %20–25'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Bu maliyetler sigorta maliyetleri, periyodik bakımlar, tamir ve yedek parça gibi maliyetlerden oluşmaktadır (Özcan, 2009: 25).

Tablo 1. Rüzgâr Enerjisi Santral Kurulumunda Maliyetlerin Dağılımı

	Yatırım (€1.000/MW)	Toplam Maliyetteki Payı (%)
Türbin	928	75,9

Şebeke Bağlantısı	109	8,9
Kuruluş	80	6,5
Arazi Kirası	48	3,9
Elektrik Bağlantısı	18	1,5
Danışmanlık	15	1,2
Finansal Maliyetler	15	1,2
Yol Yapımı	11	0,9
Kontrol Sistemleri	4	0,3
Toplam	1228	100

Kaynak: Özcan, 2009: 26.

Avrupa’da kurulan tipik bir 2 MW kapasiteli rüzgâr enerjisi santralinde maliyet dağılımlarının gösterildiği Tablo 1’e bakıldığında toplam maliyetler arasında türbin maliyeti en yüksek, kontrol sistemleri ve yol yapımı maliyeti ise en düşük paya sahiptir.

Rüzgâr santrallerinin ortalama maliyeti, kurulum ve şebeke bağlantısı maliyetleri ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Örneğin en düşük maliyetler Danimarka’ da iken maliyetlerin en yüksek olduğu İngiltere, İspanya, Almanya ve Kanada’da bu tutar Danimarka’ya göre %20-30 daha yüksektir (Özcan, 2009: 26).

2.4. Rüzgâr Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Geleceğin enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr enerjisi güneş enerjisinin bir türevidir. Ücretsizdir ve yakıt taşıma maliyetleri yoktur (Gürsoy, 1999: 86). Sera etkisine neden olmayan temiz bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi elde etmede kullanılan türbinler alan kullanımı konusunda ekonomiktir. Çünkü türbinler kuruldukları alanda birbirlerinden belirli bir mesafe aralıklarla yerleştirilmektedir. Rüzgâr türbinlerinden oluşan rüzgâr çiftlikleri yaklaşık olarak 1 km² alan kaplar ve alanın sadece %1’i kullanımdadır. Geriye kalan alan ise mevcut kullanım için uygundur. Rüzgâr enerjisi diğer santrallerle karşılaştırıldığında daha kısa sürede kurulabilmektedir. Aynı zamanda kurulması ve işletilmesi göreceli olarak basittir. Örneğin nükleer

santraller ortalama 7 yıl, doğalgaz santralleri 1,5 yılda kurulabilmektedir (Özcan, 2009: 11).

Rüzgâr enerjisinin dezavantajları arasında ise rüzgâr türbinlerinin bazı olumsuzlukları söz konusudur. Rüzgâr enerjisinin yatırımları olumsuz etkileyen dezavantajı düzensiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı enerji depolanmasına ihtiyaç duymasıdır.

Rüzgâr enerjisi türbinleri, gürültü ve görüntü kirliliği yapmaktadır. Gürültü kirliliği, yerleşim bölgelerinin yakınındaki yerlere türbinler özenle yerleştirilirse önlenmektedir. Görüntü kirliliği ise boru tipi kuleler kullanılarak azaltılabilir. Kuşlara ve radyo-TV sinyallerine de zarar vermektedir. Radyo-TV sinyallerine verdiği zarar 2-3 km'lik alanla sınırlı kalmaktadır. Bu koşullara dikkat edilerek yerleşim yeri ayarlaması yapılırsa, söz konusu zararlarda ortadan kaldırılabilir. Görülüşü gibi rüzgâr türbinlerinin olumsuz etkileri, teknolojik imkânlar ve düzenli yerleştirilen rüzgâr santralleri sayesinde azaltılmakta veya tamamen ortadan kaldırılmaktadır (Özcan, 2009: 11-12).

3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanmaktadır.

Jeotermal enerji, sıcaklık değerlerine bağlı olarak kendi içerisinde üç gruba ayrılmaktadır. Bunlardan bir tanesi yüksek sıcaklıklı (entalpili) sahalardır (150 °C'den yüksek). Bu değerler arasındaki sahalardan elde edilen akışkan hem elektrik üretimine hem de entegre olarak diğer alanlarda kullanılabilir. Düşük (20-70 °C) ve orta (70-150 °C) sıcaklıklı (entalpili) sahalarda ise, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde) ve kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca orta sıcaklıklı sahalardaki

akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur (Kılıç, 1998: 74).

Jeotermal enerji bulunduğu çıkarıldığı yerde değerlendirilmesi gereken bir enerji kaynağıdır. Çok yüksek enerji verimliliğine sahiptir ve dolaylı olarak elde edilmediğinden dolayı düşük maliyetli bir enerji kaynağıdır.

Dünya'nın 10 km derinliğine kadar olan bölümünde ısı enerjisi olarak depolanan miktar, günümüzdeki tüm dünya enerji tüketiminin 50 milyon katıdır. Yıllık yeryüzüne ulaşan miktar ise yaklaşık 36 milyar ton taşkömürü eşdeğerinde olup dünya enerji tüketiminin 5-7 katıdır. Düşük yoğunlukta olan bu enerji, yeryüzünün bazı bölümlerinde önemli bir potansiyel oluşturmaktadır (Kılıç, 1998: 74).

3.1. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerjinin en önemli kullanım alanları elektrik üretimi (100 derece üstü sıcaklıklarda) ile konut ve sera ısıtıcılığıdır. Ayrıca kimyasal ürün elde etme, mineral madde üretiminde, termal turizm ve tesis işletmeciliğinde, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin, cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, kurutma işlemleri ve endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır. Yanı sıra, konservecilikte, kerestecilikte, ağaç kaplama sanayinde, kâğıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç, pastörize fabrikalarında ve soğutma tesislerinde geniş bir kullanım ağı olan çevre dostu, yenilenebilir, ucuz, güvenilir, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır (Kılıç, 1998: 79).

Kullanım alanı çok geniş olan jeotermal enerjinin sıcaklık değerlerine bağlı olarak kullanım alanları değişmektedir. Örneğin 100 derece üstü alanlar elektrik üretimi için daha uygun alanlarken, 100 derece altı sıcaklığa sahip alanlar daha çok ısıtma amaçlı kullanıma uygun sahalardır.

3.2. Jeotermal Enerjide Maliyetler

Jeotermal enerjiden yararlanma maliyeti yer üstü ve yer altı maliyeti olarak ikiye ayrılır. Yer üstü maliyetleri, yüzey araştırması işlemleri, santral inşası ile ilgili işleri ve buhar toplama sistemlerini kapsamaktadır. Yer altı maliyetleri ise kuyu açma işlemlerine ait yatırımları kapsar. Yüzey maliyetleri, yüzeydeki diğer inşaa çalışmaları gibi (inşaatlar, yollar, köprüler) aynı doğrultuda belirlenebilirken, kuyu açma maliyetleri ile ilgili belirsizlikler daha fazladır. Kuyu açma maliyetleri alandan alana ve ülkeler arası farklılık göstermektedir. Örneğin; İzlanda'da 5 güç santrali için yapılan analizlerde yüzey maliyetleri yaklaşık 1.000 €/KW'dır. ABD'de ise kaynak yerine göre farklılık göstermektedir. 1.000m-2.000m derinlikte olan yerlerde kuyu açma maliyeti 340€-1400€ arasında değişmektedir (Dağdaş, 2005: 86).

Jeotermal enerjide enerji üretim maliyetleri kaynak yerine ve derinliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kuyu açma maliyetleri kaynak yeri de dahil olmak üzere derinlik arttıkça artış göstermektedir.

Doğrudan kullanım uygulamaları nedeniyle açılan kuyuların %90'ının derinlikleri 550 m. den daha büyüktür. Bu tip kuyularda kuyu açma maliyetleri 100-650 \$/m aralığında değişir. En yaygın karşılaşılan aralık ise 170-350 \$/m aralığıdır (Battocletti, 2003'den aktaran Dağdaş, 2005: 86).

Düşük sıcaklıklı kaynaklarda jeotermal akışkanın verimi oldukça düşüktür. Santralin uygun miktarda güç üretimini sağlamak için yüksek debilere ihtiyaç vardır. Bu durum önemli pompa güçlerini gerektirir ve böylece santralin net güç üretimi azalır. Düşük sıcaklıklı kaynaklarda birim elektrik maliyeti, yüksek sıcaklıklı kaynaklara göre, pompalama güçlerinden daha çok etkilenir (Gawlik ve Kutscher, 2000'den aktaran Dağdaş, 2005: 86).

3.3. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Jeotermal kaynağın verimi çok yüksektir. Yenilenebilir, kesintisiz, çevre dostu, yerli bir enerji kaynağıdır. Reenjeksiyon (geri basım) uygulamalarının giderek gelişmesiyle çevre sorunu neredeyse hiç kalmamıştır. Son dönemlerde geliştirilen yeni teknolojilerle daha düşük sıcaklıktaki alanlarda da elektrik üretimi mümkün olmakta ve santral çevrim verimleri arttırılarak birim enerji maliyeti daha da aşağılara çekilmektedir. Jeotermal kaynak birden fazla amaçla aynı anda kullanılabilir. Doğalgazın patlama, yangın, zehirlenme gibi risklerine karşın jeotermalde bu tip risklerin hiçbiri yoktur.

Jeotermal akışkanın paslanmaya, çürümeye, kireçlenmeye neden olması, içerdiği bor yüzünden atılacağı yüzey sularını kirletmesi, bünyesinde, CO₂, H₂S ve bor gibi maddeler bulunması, uygulamada bazı teknolojik önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Kullanılan jeotermal akışkanın çevre sorunu yaratmaması için yeraltına reenjeksiyon uygulaması geliştirilmiş ve çeşitli ülkelerde yasal olarak zorunlu duruma getirilmiştir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2012: 23).

4. Biyokütle Enerjisi

Genel olarak 100 yıllık bir süreden daha kısa zamanda yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, bitkisel ve hayvansal atıklar, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler biyokütle olarak tanımlanmaktadır (Olgun vd., 2000: 835).

Biyokütle yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Fotosentez yapan her canlı organizma biyokütledir. Ana bileşeni karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı ve bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır (Şeker, 2007: 16).

Dünyada biyokütleden elde edilebilecek yıllık enerji, 1.120,000 MW'ı samandan, 500.000 MW'ı hayvan atıklarından 1.360,000 MW'ı orman atıklarından 2.400,000

MW'ı çöplerden ve 17.700,000 MW'ı şeker kamışı, odunsu bitkiler gibi enerji tarlalarından olmak üzere, toplamda yaklaşık 23.080,000 MW civarında büyük bir potansiyele sahiptir (TÇV, 2006: 129).

Biyokütle kaynaklık eden en önemli potansiyel şeker kamışı ve odunsu bitkilerden elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde biyokütle enerjisi büyük bir potansiyele sahip devamlı enerji sağlayabilen bir kaynaktır.

Biyokütle enerji kaynakları arasında en çok bilinen ve ilk kullanılanı odundur. Biyokütle enerjisi olarak odunun, yetişmesi uzun yıllar almakta ve ağaçların kesilmesi ile elde edildiğinden ormanların yok olmasına ve büyük çevre felaketlerine yol açmaktadır. Günümüzde biyokütle enerjisi klasik ve modern olarak iki sınıfta ayrılmaktadır. *Klasik biyokütle enerjisi* ağaç kesiminde elde edilen odun ve hayvan atıklarından oluşan tezeğin basit şekilde yakılması işlemi sonucunda oluşan enerjidir. *Modern biyokütle enerjisi* ise enerji bitkileri, enerji ormanları ve ağaç endüstrisi atıklarından elde edilen bio-dizel, etanol gibi çeşitli yakıtlardan oluşmaktadır (Yamak, 2006: 45).

4.1. Biyokütle Yetiştiriciliği

Biyokütle yetiştiriciliğinde amaç biyoyakıtın ham maddesini enerji tarımı ve enerji ormancılığı yöntemleri kullanılarak elde etmektir.

4.1.1. Enerji tarımı

Enerji üretimi amaçlı yapılan bitkisel üretime *enerji tarımı* adı verilmektedir. Küresel ısınma tarım alanları üzerinde kuraklık etkisi yaratmakta ve mevcut olan verimli toprakları verimsizleştirmektedir. Enerji tarımı ile verimsizleşen topraklar ve kuraklığa dayanabilen özellikteki bitkilerin (C₄ tipi) yetiştirilmesine önem verilerek hem tarım alanları değerlendirilmekte hem de yetiştirilen bitkilerle biyoyakıt elde edilmektedir. Enerji tarımı ile yetiştirilen bitkiler ise mısır, soya, şeker kamışı, şeker pancarı, tatlı darı, kanola, ayçiçeği, aspir, pamuk, yonca vb.'dir (Gülay, 2008: 86).

4.1.2. Enerji ormancılığı

Biyokütle enerjisi elde etme amaçlı kullanılan odun, ağaçların kesilmesine ve ormanların yok olmasına neden olmaktadır. Enerji ormancılığında mevcut olan ağaçların kesilerek odun elde etmek yerine söğüt, karakavak, okalıptüs, kavak ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi bazı hızlı büyüyen ağaçlar enerji amacıyla yetiştirilmektedir. Bu ağaçların büyüme hızları diğer ağaçlara kıyasla 10-20 kat daha fazladır. Söz konusu ağaçlar genelde her 5 yılda bir budanarak yeniden büyümeleri sağlanır ve hasat edilen dallar biyokütle kaynağı olarak kullanılır. Enerji ormancılığında elde edilen ortalama yıllık verim, hektardan 22 ton dolayında biyokütle olmaktadır. Bu nedenle günümüzde enerji ormancılığına uygun ağaç türlerinin yetiştirilmesine büyük önem verilmektedir (Orman Genel Müdürlüğü, 2009: 41).

4.2. Biyokütle Çevrim Teknolojileri

Biyokütle enerjisi yeni yöntemler geliştirilene kadar ısı enerjisi elde etmekte kullanılmıştır. Yeni yöntemlerle birlikte biyokütleden elektrik enerjisi elde etmek mümkün hale gelmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları şunlardır:

Doğrudan yakma: Biyokütlenin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi en eski yöntem olmasına rağmen, son yıllarda verimi yükseltmek için yeni yakma sistemleri geliştirilmektedir. Özellikle biyokütle ile kömürün bir arada kullanıldığı termik santrallerde, %45'in üzerindeki verimlilik oranıyla elektrik üretiminde ticari seviyelere ulaşılmıştır (Gülay, 2008: 87).

Gazlaştırma (Gazifikasyon): Katı biyokütlelerden ısı ve elektrik enerjisi elde edilmesini sağlayan termokimyasal bir yöntemdir. Karbon içeren biyokütle gibi katıların yüksek sıcaklıkta bozulması ile yanabilen gaz elde etme işlemidir.

Havasız (Anaerobik) çürütme: Biyokütle içindeki bakterilerin oksijensiz bırakılmasını sağlayan biyokimyasal bir yöntemdir. Bu yöntemin sonucunda, temel olarak metan gazı ve karbondioksitten meydana gelen biyogaz elde edilmektedir. Ortaya çıkan biyogaz ısı

ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmakta, aynı zamanda doğalgaz ile birleştirilerek taşıtlarda yakıt olarak değerlendirilmektedir (Gülay, 2008: 88).

Fermantasyon (Mayalama): Biyokütlenin içindeki nişasta ve selülozun biyo-etanole dönüşüm işlemidir. Mısır ya da tahıldan yapılmış etanolün yanmasından çıkan sera gazları, benzine kıyasla %30 ile %40 arasında az olurken, selülozik biyokütleden yapılan etanolde bu değer yaklaşık %60-%80 daha az olmaktadır

Piroliz: Biyokütleden gaz elde etmek amaçlı kullanılan en eski ve basit bir yöntemdir. Biyokütlenin oksijensiz bir ortamda 900°C ye kadar ısıtılması sonucunda ayrıştırılmasıyla buharlaştırılması sürecidir (Türe, 2001: 17).

4.3. Biyokütle Enerjisinin Maliyeti

Biyokütle enerji santrallerinin maliyet düzeyi kısa ölçekli kapasitelerinden dolayı yüksektir. Yatırım maliyeti 1.500-3.000 \$/KW, elektrik üretim maliyeti ise 4-9 Cent/KWh'tır. Termik santraller hariç, elektrik üretim santralleriyle karşılaştırıldığında biyoyakıt maliyetleri daha yüksek seviyelerdedir. Ayrıca biyoyakıtın maliyeti farklı hammadde ve üretim yöntemlerinden dolayı ülkeler arası farklılık göstermektedir. Örneğin; Brezilya'da şeker kamışından elde edilen biyoetanolün maliyeti 25-30 cent/Lbe (Litre benzin eşdeğeri) iken; ABD (mısır) ve AB (şeker pancarı), biyoetanolü ortalama 60-80 cent/Lbe'den üretmektedir (Gülay, 2008: 96).

4.4. Biyokütle Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Yüzyıllardır kullanılmakta olan biyokütle enerji kaynağı ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan olumlu ve olumsuz yönleri söz konusudur. Biyokütle enerjisi kullanımı sırasında karbondioksit açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu karbondioksit bitkiler tarafından emilmekte ve fotosentez işlemi sürecinden geçmektedir. Bu döngü sonucunda çevreye salınan karbondioksit miktarı fosil yakıtlara göre %90 daha azdır. Bu bakımdan biyokütle enerji kullanımının daha çevre dostu bir enerji kaynağı olduğu söylenebilir (Gülay, 2008: 97).

Enerji tarımı ve enerji ormancılığı ile atıkların değerlendirilmesine yönelik faaliyetler hem toprak ve su kirliliğinin önlenmesine hem de yerel ve bölgesel iklim denetimine yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu modern biyokütle uygulamaları toprak erozyonunun azaltılması ve orman yangınlarının kontrol altına alınması bakımından olumlu sonuçlar vermektedir. Biyokütle yetiştiriciliği ile enerji tarlaları ve ormanlarından 1 yıldan 20-30 yıla kadar uzun bir zaman diliminde ürün elde edilebilmektedir. Bu sayede tarıma uygun olmayan alanlar da değerlendirilmektedir. Biyokütleden yakıt sağlamanın haricinde ısı ve elektrik enerjisi de elde edilmektedir. Biyokütle santralleri hem elektrik üretmekte hem de açığa çıkan ısıyı boru sistemleri aracılığıyla evlere ve sanayi kuruluşlarına iletmektedir. Odun artıklarından özel olarak üretilmiş parçacıkları kullanan küçük çaplı sistemler de evlerde ısınma amaçlı doğalgaz ya da petrol yerine kullanılabilir (Gülay, 2008: 97- 98).

Biyokütle enerjisi canlı yaşamı mevcut oldukça varlığını daima koruyacak yerel bir enerji kaynağıdır. İnsanlar tüketimlerine paralel olarak sürekli atık üretmektedir. Atıklar ise biyokütle enerjisi için önemli bir potansiyel oluşturan kaynaklardan biridir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi gibi kesikli bir enerji kaynağının aksine sürekli bir enerji sağlar.

Biyokütle üretimi kırsal alanda işgücüne ihtiyaç duymaktadır ve bu durum bölgesel kalkınmanın gerçekleştirilmesi ile köyden kente göçün önlenmesine olanak sağlanmaktadır (Saraçoğlu, 2006: 8).

Kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp vb. bazı atıkların yakılması sonucunda ortaya çıkan atıklar bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerekli kılmaktadır Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel çevre kirliliği yaratabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda, bertaraf edilmektedir (MEB, 2012: 27).

5. Hidrojen Enerjisi

Renksiz, kokusuz, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen doğada serbest halde bulunmaz, bileşikler halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Yeryüzünde var olan hidrojen su molekülünde, canlılarda ve fosil maddelerde bulunmaktadır (YEGM).

5.1. Hidrojenin Temel Özellikleri

Yakıt amaçlı kullanılacak hidrojenin temel özellikleri:

- Doğadaki en basit atom yapısına sahip elementtir,
- Hidrojen yakıtının emisyonu su'dur,
- Evrenin temel enerji kaynağıdır,
- Atmosfer basıncında -253°C 'de soğutulduğunda sıvı hale gelen hidrojenin yoğunluğu benzinin 1/102'i kadardır,
- Gazının ısıl değeri yaklaşık metreküp başına 12 MJ'dur. Sıvı hidrojenin ısıl değeri metreküp başına 8400 MJ'dur
- Çok hafif bir gazdır, yoğunluğu havanın 1/14'ü, doğal gazın ise 1/9'u kadardır, şeklinde sıralanmaktadır (TÇV, 2006: 166).

5.2. Hidrojen Üretimi

Üretim kaynakları bol ve çeşitli olan hidrojen fosil yakıtlardan elde edildiği gibi güneş, rüzgâr, hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile suyun elektrolizi yolu ile üretimi, biyokütleden üretimi ve biyolojik proseslerle üretimi mümkündür. Günümüzde hidrojen ağırlıklı olarak doğal gazdan buhar reformasyonu sonucu elde edilmektedir. Suyun elektrolizi bilinen bir yöntem olmakla beraber ekonomik hale getirilmesi ve güneş enerjisinden biyoteknolojik yöntemlerle hidrojen üretimi konusunda araştırma-geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

5.3. Hidrojenin Kullanım Alanları

Hidrojenin, yakıt ve yakıt pili olarak kullanım alanları bulunmaktadır.

5.3.1 Yakıt pilleri

Yakıt pilleri türbin kullanılmadan sadece hidrojen ile oksijen arasındaki elektrokimyasal reaksiyon sonucu elektrik elde edilen ve atık olarak su ve ısının çıktığı enerji dönüşüm teknolojileridir. Çok küçük güçlerde dahi yüksek verime sahiptir, sessiz ve çevre dostudur. Elektrik hizmet sektöründe, ticari sektörde endüstriyel sektörde ve ulaşım sektöründe kullanımı mevcuttur (TÇV, 2006: 174).

5.3.2. Yakıt olarak hidrojen

Hidrojen birincil enerji kaynağı değil, bir enerji taşıyıcısıdır. Elektrikten daha verimli bir şekilde enerji taşıyabilmektedir. Hidrojenin hızlı dağılma özelliğinden dolayı herhangi bir tehlike söz konusu olmadığından, uçan hidrojen diğer gazlar gibi tehlike arz etmemektedir. Isıl değeri diğer tüm yakıtlardan fazladır bundan dolayı uzay araçlarında sıvı hidrojen kullanılmaktadır (Aslan, 2007: 285).

Hidrojen eğer bir elektrik santralinde, içten yanmalı motorda veya yakıt hücresinde kullanılırsa, tek yan ürün su'dur. Fakat bu durum, hidrojenin kirliliğe neden olmayan bir şekilde üretildiği anlamına gelmemektedir. Hidrojenin çevreye olan etkileri, hidrojenin üretilmesi aşamasında, hidrojen yakıt döngüsünün başında belirlenmektedir. Eğer su bir hidrojen kaynağı olarak kullanılırsa çevresel problemler daha az meydana gelir. Çünkü suyun içerisinde bulunan hidrojenden sonraki diğer element oksijendir. Su dışında bir hidrojen kaynağı kullanılırsa, çevresel endişeler artabilir. Bütün biyolojik temelli ve fosil kaynaklar, hidrojen üretildiğinde serbest kalan çok sayıda farklı molekül içermektedir. Genellikle bunlar, aynı kirleticileri özellikle de karbondioksiti meydana getirmektedir (Waegel vd., 2006'dan aktaran Aslan, 2007: 286).

5.4. Depolama ve Taşıma

Hidrojenin en önemli özelliği depolanabilir olmasıdır. Günümüzde koşullarında enerji depolama önemli sorun oluşturmaktadır ve uygun bir yöntem bulunamamıştır. Hidrojen depolama işlemi gaz, sıvı ve metal hidrürler halinde üç şekilde yapılabilmektedir. Metal hidrür depolama yöntemi pahalıdır ve hidrojenin doldurulması çok zaman alır, fakat depolama ve taşımada çok güvenilirdir. Uygun bir yöntem olmasına karşın kendi ağırlıkları ciddi sorun oluşturmaktadır ¹.

5.5. Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Hidrojen enerjisinin avantajları;

- Hidrojenin yanması, tüketilmesi sonucu son ürün olarak sadece su oluşmaktadır.
- Hidrojenin kolayca ve güvenli olarak her yere taşınması sırasında az enerji kaybı olan; sanayide, evlerde ve taşıtlarda kullanılabilen bir yakıttır.
- Hidrojen gazının yoğunluğu az olmasından dolayı sızıntı anında yükselip atmosfere karışarak ortamı terk edeceğinden yangın veya patlama riski oluşturmamaktadır.
- Fosil yakıtlardan % 39 daha verimlidir.

Hidrojen enerjisinin dezavantajları;

- Hidrojenin diğer yakıtlara göre pahalıdır.
- Hidrojen düşük yoğunluklu olduğundan bir kaçak anında yer seviyesinde birikinti hâlinde kalmayarak atmosferde yükselir ve dağılır. Bunun farkına varılması güçtür ve ekonomik kayba neden olmaktadır (MEB, 2011: 5-6).

6. Hidroelektrik Enerjisi

Nehirler ve akarsulardaki sular tutularak hidroelektrik güç olarak adlandırılan su enerjisine dönüştürülebilmektedir. Su toplama havzalarında bırakılan su akar ve türbinleri döndürür, türbinlere bağlı bulunan jeneratörler vasıtasıyla elektrik

¹ <http://www.eie.gov.tr> (Erişim Tarihi: 20.03.2012)

üretilmektedir. Elektrik amaçlı kullanımı son 100 yılda gerçekleşmesine rağmen suyun gücünden çok eskilerden beri yararlanılmaktadır (Görgün, 2008: 8).

6.1. Hidroelektrik Santrallerde Sınıflandırma

Hidroelektrik santraller beş bölüme ayrılmaktadır.

6.1.1. Düşülerine göre

Düşülerine göre hidroelektrik santraller kendi aralarında üç kısma ayrılmaktadır. *Birincisi* alçak düşülü santraller $H < 15$ m'dir. Genellikle debisi büyük ve düz arazilerde akmaktadır. Yatak eğimi az arazilerde kurulmakta olup çoğunlukla Kaplan türbini kullanılan santrallerdir. *İkincisi* orta düşülü santraller $15 \text{ m} < H < 50 \text{ m}$ arasındadır. Çeşitli debilerdeki nehirler üzerinde Kaplan veya Francis türbini kullanılan santrallerdir. *Üçüncüsü* yüksek düşülü santraller $H > 50$ m'dir. Genellikle engebeli veya dağlık arazilerde akan nehirler veya barajlar üzerine kurulan Francis veya Pelton kullanılan santrallerdir (Akdoğan, 2006: 15).

6.1.2. Ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre

Devamlı enerji üreten santraller (baz santraller) ve enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürelerde çalışan santraller (pik santraller) olarak ikiye ayrılmaktadır.

6.1.3. Kapasitelerine göre

Küçük, düşük, orta ve yüksek kapasiteli santraller olarak dörde ayrılmaktadır. Bunlardan küçük kapasiteli santraller 99 KW'a kadar olan, düşük kapasiteli santraller 100 KW – 999 KW arası olan, orta kapasiteli santraller 1000 KW – 9999 KW arası olan, yüksek kapasiteli santraller ise 10000 KW ve daha fazla olan santrallerdir (Akdoğan, 2006: 15).

6.1.4. Yapılışlarına göre

Yapılışlarına göre santraller yeraltı, yarı gömülü ve yer üstü olmak üzere üç ayrılır. *Yer altı santrali*: Topoğrafik, jeolojik, ekonomik veya emniyet nedenleri ile santral yeraltında yapılabilir. *Yarı gömüllü veya batık santraller*: Eğer santral dar veya kayalık bir vadide yapılacaksa ve açıkta yer yoksa yarısı yer altında yarısı açıkta yapılabilir. *Yer üstü santrali*: Jenaratör katı ve üst yapı yer üstünde olan santraldir.

6.1.5. Üstünde kuruldukları suyun özelliklerine göre

Nehir santraller: Nehir santral yapıları regülatör ve ilgili yapılar (nehir nakil araçları geçiş yeri, tomruk yolu, balık geçiş yeri) eşik, ızgara, perde, ve benzeri duvar, servis köprüsü, dalgıç perde, giriş yapısı ve bölme ayakları, santral binası, kuyruk suyu kanalı, istinat duvarlarından ibarettir.

Kanal santraller: Kanal santrallerin yapılabilmesi için su, bir çevirme yapısı ile kanala çevrilerek santraller ve ilgili yapılar bu kanalın üzerine yapılabilir.

Baraj santraller: Su alma yapısı, kuvvet tüneli, denge bacası, vana odası, cebri borular, santral binası, çıkış suyu kanalı, şalt sahası ve iletim hatları tipik bir baraj santraline ait yapılardır.

Pompaj rezervuarlı santraller: Enerjiye ihtiyacın azaldığı zamanlarda şebekeden aldıkları enerji ile rezervuara su pompalayan santrallerdir (Akdoğan, 2006: 16-17).

6.2. Hidroelektrik Santrallerde Türbin Çeşitleri

6.2.1. Pelton türbini

Pelton türbinleri yüksek basınçlı suyu doğrudan doğruya atmosfere püskürterek potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye çevirir ve su çarkın kepçe şeklindeki çarklarına

çarparak döner. Bu süreç sonunda hidrolik enerji mekanik enerjiye çevrilmiş olur. Pelton tipi türbinler yüksek düşülü santrallerde kullanılır (Akdoğan, 2006: 22).

6.2.2. Francis türbini

Pelton türbinlere nazaran daha düşük hızla su, salyangozun sabit kanatlarından geçerek ayar kanatlarına gelir. Ayar kanatları debiyi jeneratörden çekilen yüke göre ayarlayarak çarka gönderir ve çarkın dönüşü sonucunda hidrolik enerji mekanik enerjiye dönüştürülür.

6.2.3. Kaplan türbini

Alçak düşülerde kaplan türbinleri kullanılır. Dağıtıcı tertibat Francis türbinlerindeki benzemektedir. Rotorları av kanatlı bir uskurdan oluşmaktadır (Akdoğan, 2006: 22; Yavuz, 2007: 25).

6.2.4. Boru tipi (S türbinleri) türbinler

Yüksek debili, küçük düşülü santrallerde kullanılan türbinlerdir. Salyangozların bulunmadığı ve düzgün rejimli nehirlerde bir boru içine yerleştirilebilecek şekilde imal edilebildikleri için boru tipi adını almaktadırlar. Yatay eksenli ve eğik eksenlidirler (Yavuz, 2007: 25-26).

6.3. Hidroelektrik Santrallerde Enerji İletim Tesisleri

Hidroelektrik santraller enerjiyi iletmeye yarayan tesislerden meydana gelmektedir. Bunlar su alma yapıları, iletim yapıları, yükleme odası veya denge bacası, vanalar ve vana odası, cebri borular, santral, kuyruk suyu kanalı ve eşiği olarak yediye ayrılan enerji iletim tesislerinden oluşmaktadır.

6.3.1. Su alma yapıları

Hidroelektrik tesiste, enerji elde etme amacı için kullanılacak olan suyun kaynağından alınarak iletim kanalı, kuvvet tüneli veya cebri boruya geçişini sağlayan yapıya su alma yapıları denir. Su alma yapıları su alınacak yerin nehir, dere, su alma kanalı veya rezervuar (baraj) olmasına bağlı olarak değişiklik gösterir.

6.3.2. İletim yapıları

İletim yapıları açık kanal ve tünelden oluşmaktadır. Basınçlı ve basınçsız tüneller olarak ikiye ayrılmaktadır.

6.3.2.1. Basınçlı tüneller

Enerji maksatlı tüneller bu gruba dahildir. Alçak basınçlı tüneller ($H_0 < 5$ m), orta basınçlı tüneller $5 \text{ m} < H_0 < 100$ m, yüksek basınçlı tüneller $H_0 > 100$ m olarak üçe ayrılmaktadır (Akdoğan, 2006: 24).

6.3.2.2. Basınçsız tüneller

Demiryolu, karayolu tünelleri, servis tünelleri, metrolar ve maden ocağı tünelleri iç basınç ihtiva etmeyen tünellerdir. H_0 tünelde iç basıncı oluşturan su yüksekliğidir.

6.3.3. Yükleme odası veya denge bacası

Yükleme odası; iletim yapıları ile cebri borular arasındaki bağlantıyı sağlayan yapılardır. *Denge bacası* ise; özel bir basınç düzenleme tesisidir. Türbinlere giden suyun aniden kesilmesinde, kuvvet tüneline aşırı basınçtan korumaktadır. Aynı zamanda türbinlerin ani yüklenmesinde gerekli suyu temin ederek alt basıncı önlemektedir (Yavuz, 2007: 26-27).

6.3.4. Vanalar ve vana odası

Sürgülü vana, küresel vana, konik vana, basınç düşürücü vanalar hidrolik tesislerde kullanılan vana tipleridir (Akdoğan, 2006: 26).

6.3.5. Cebri borular

Türbin ile santral arasındaki basınçlı borulara cebri borular denir. Cebri boruların güzergâhı kesinlikle heyelan bölgesinden, yamaç molozu, kil veya benzeri zayıf zeminlerden geçirilmemelidir ve en kısa yoldan santrale indirilmelidir. Çünkü cebri borular uzarsa hem maliyeti hem de düşü kayıpları artar.

6.3.6. Santral

Santral yapısı genellikle betonarme kısmen de çelik yapılabilir. Cebri borulardan gelen su santral içindeki jeneratörde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Akdoğan, 2006: 27).

6.3.7. Kuyruk suyu kanalı ve eşiği

Genellikle beton kaplamalı ve tabanı 1/6 eğimle yapılan, boşaltma borusu çıkışı ile kuyruk suyu kontrol eşiği arasındaki yapıdır. Kuyruk suyu seviyesinin belirlenen seviyede tutulabilmesi için kanalın sonuna kontrol eşiği yapılmaktadır. Bu eşik ise santral çıkış suyunun boşaldığı nehir yatağı veya deredeki su seviyesi alçalınca, kuyruk suyu kanalındaki su seviyesini minimum işletme kotunda tutabilmek için yapılmaktadır (Akdoğan, 2006: 27).

6.4. Hidrolik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Hidrolik enerji atık madde üretmeyen temiz bir enerji kaynağıdır. Hidrolik güç yeniden kazanılabilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik santrallerinin sisteminden geçen suların kalite ve miktarında değişiklik meydana gelmemektedir. Hidrojen enerjisinin doğal

çevreyi etkilediği konusunda iddialar söz konusudur. Fakat, DSİ ağaçlandırma, tarihi ve kültürel değerleri koruma, rekreasyon ve balıklandırma çalışmaları yaparak, baraj gölleri ve çevresindeki doğal hayatı korumaktadır ².

² <http://www2.dsi.gov.tr> (Erişim Tarihi: 27.07.2012).

İkinci Bölüm

Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerjinin Durumu

1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

Tüm Dünyayı etkisi altına alan petrol fiyatlarında meydana gelen artışlar ve fosil yakıtların kısıtlı ömürleri yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır. Birçok ülkede yenilenebilir enerjinin farkına varılmasıyla birlikte bu enerji kaynaklarına yönelik politikalar geliştirilmiş ve yatırımları destekleyici teşvikler uygulanmıştır.

Hızlı artan tüketim talebi, yerine ikame edilebilecek maliyeti düşük kıt olmayan kaynakları zorunlu kılmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde özellikle sanayi sektörü başta olmak üzere elektrik enerjisine olan talep gittikçe artmaktadır. Bu artış sınırlı kaynaklara olan ilgiyi azaltmıştır. Kaynakların kısa ömürlü olması ve çevreye verilen zararın geri ödemesinin yüksek maliyeti, sürdürülebilir bir gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır.

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin oldukça ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi üretiminde %60 oranla en fazla payı doğalgaz ve kömür almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise elektrik enerjisi üretimine kaynaklık etmek için daha fazla pay almaya çalışmaktadır (Bedeloğlu, 2010: 45).

1.1. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımı

Dünyada meydana gelen enerji bunalımları güneş enerjisinin teknolojik gelişimini büyük ölçüde etkilemiştir. Özellikle de yapılan aktif veya pasif biçimde ısıtma ile iklimlendirme, elektrik enerjisi üretilmesi ve hidrojenin suda eritilmesinde güneş enerjisi kullanımı başlamıştır. 1970’lerin sonlarına doğru güneş termik elektrik santralleri kurulmaya başlanmıştır. ABD’nin California- Mojave çölünde kurulmuş olan 19 MW’lık “Solar One” adlı güneş termik elektrik santrali ilk santrallerden biridir. Aynı yıllarda Güney Fransa’da 2,5 MW’lık “Themis” santrali, İspanya Almeria’da 1,2

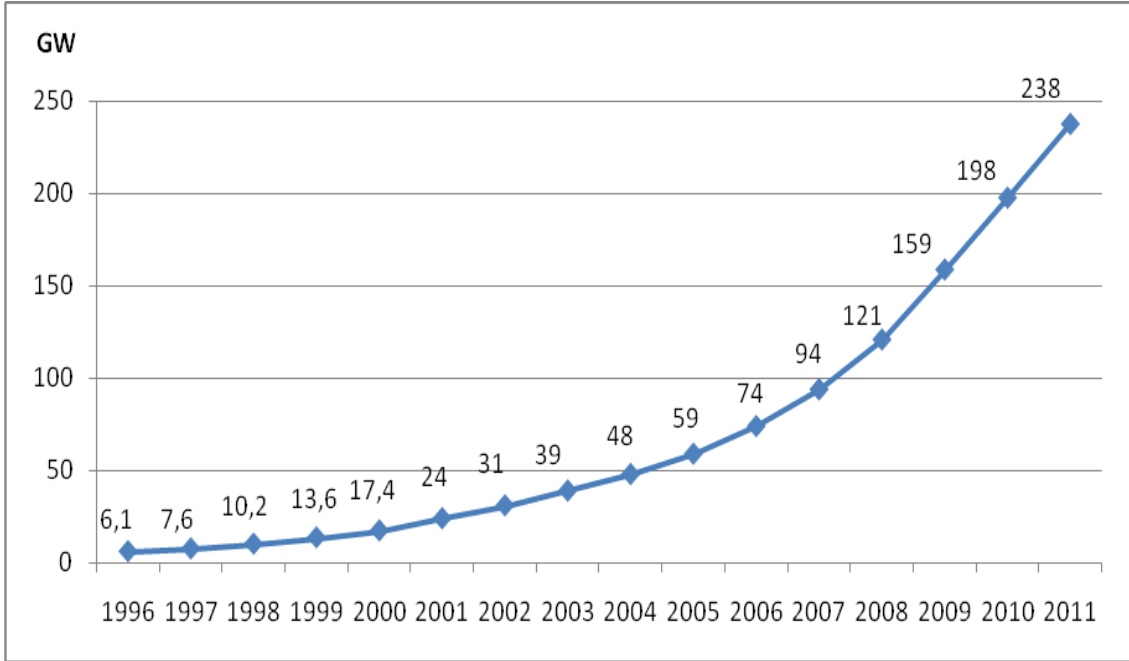
MW'lık CESA-1 santrali kurulmuştur. 1980'li yıllara doğru fotovoltaik sistemlerden sağlanan elektrik haberleşme sistemlerine güç kaynağı olmanın yanı sıra su pompalarının çalıştırılması ve konutların elektrik ihtiyacının karşılanması için kullanılmıştır. 1982'de California'da elektrik elde etmek amacı ile PV santrali kurulmuştur. Ardından Los Angeles-San Fransisko hattının ortasına başka bir PV santrali kurulmuştur. (Yerebakan, 2010: 94-95).

Solar PV 2000-2010'dan itibaren dünya çapında en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji teknolojisi olmuştur. 2000 yılında güneş enerjisi toplam kurulu kapasitesi 1,5 GW'dan 2010 yılında 40 GW'a ulaşmıştır. 2010 yılında en az 17 GW eklenmiştir. 2009 yılında Almanya, İspanya, Japonya, ABD, İtalya ve Kore küresel toplam kapasitenin %90'ından sorumlu olmuştur. İspanya 2008 yılında güneş enerji alanında hızlı bir büyüme yaşamıştır. Yeni bir düzenleyici, çerçeveden sonra ise İspanya'da 2009 yılında önemli bir yavaşlama olmuştur. Asya'da Japonya kapasitesine 500 MW ekleyerek yola devam ederken ABD'de büyüme sabit kalmıştır (IEA, 2011: 46).

2008 sonu itibariyle dünya çapında kurulu termal güneş enerjisi kapasitesi 217 milyon metre kareye karşılık gelen 152 GW_{th} bulunmuştur. 2008 yılında toplam termal güneş enerjisi kapasitesini 132 GW_{th} düz plaka ve boşaltılmış tüp toplayıcıları oluşturmaktadır. Ana pazarları Çin (87,5 GW_{th}), Avrupa (28,5GW_{th}), ABD ve Kanada (15,1 GW_{th})'dır. Düz plaka ve boşaltılmış tüp toplayıcılarında lider ülkeler Çin (87,5 GW_{th}), Türkiye (7,5 GW_{th}), Almanya (7,2 GW_{th}), Japonya (4,1 GW_{th}) and Yunanistan (2,7 GW_{th})'dır (IEA, 2011: 47).

Güneş enerjisi alanında Almanya piyasa hakimiyetinde öncü ülkeler arasında ilk sırayı almaktadır. Güneş enerjisinde düz plaka ve boşaltılmış tüp toplayıcılarında Çin Türkiye'nin yaklaşık 12 katı olmasına rağmen Türkiye ikinci sırada yer almaktadır.

1.2. Dünyada Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı



Şekil 2. Dünya Rüzgâr Enerjisi Toplam Kapasitesi 1996-2011

Kaynak: UNEP, 2012: 58.

Şekil 2'ye göre dünyadaki rüzgâr enerjisi kapasitesi 1996 yılında 6,1 GW iken yıllar itibariyle artış göstermiş ve 2011 yılında 238 GW kapasiteye ulaşmıştır.

2011 yılında 50 ülke rüzgâr enerjisi kapasitesine ekleme yapmıştır. Dünyada 68'den fazla ülke 10 MW'dan daha fazla bir kapasiteye sahiptir. İlk on ülke toplam kapasitenin yaklaşık %87'sini oluşturmaktadır. 2006-2011 döneminde toplam rüzgâr enerjisi kapasitesi yıllık büyüme oranı ortalama %26 olmuştur. Çin 2011 yılında 2010 yılına göre daha az rüzgâr enerjisi kurulumu gerçekleştirmesine rağmen, 2011 yılında kapasitesine 17,6 GW ekleyerek yaklaşık 68 GW kurulu güce ulaşmıştır. ABD ise 2011 yılında 6,8 GW'dan daha fazla bir kurulum gerçekleştirmiştir. Toplam rüzgâr gücü kapasitesi 47 GW'a ulaşmıştır (REN21, 2012: 57).

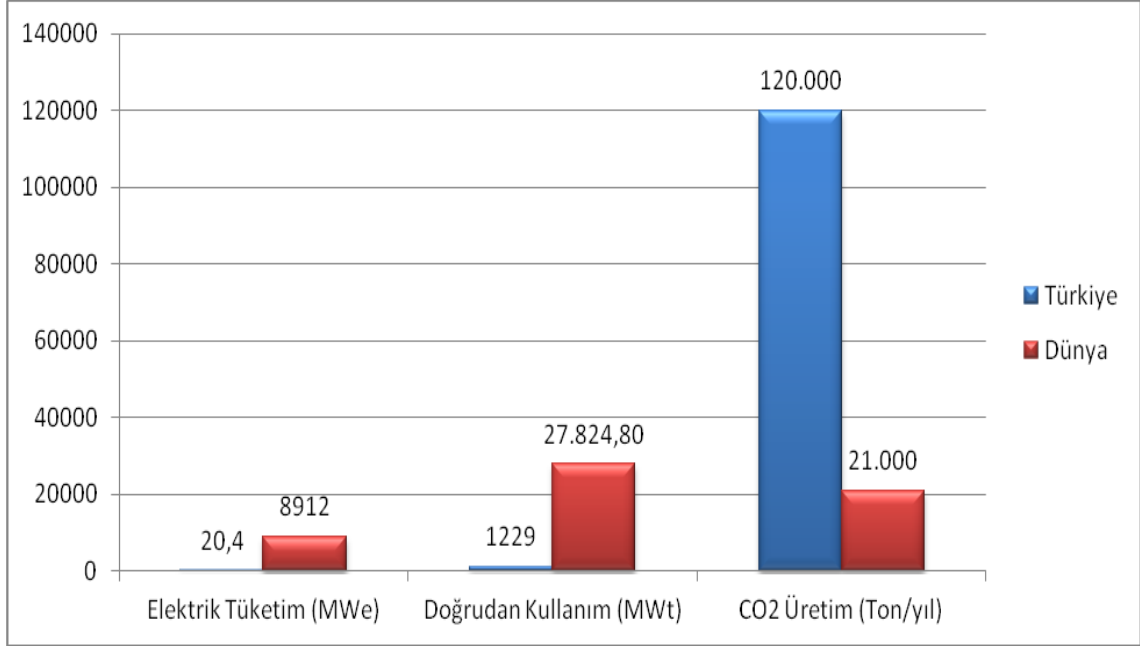
Avrupa Birliği (AB) 2011 yılında rüzgâr enerjisi kurulum kapasitesine 9,6 GW eklemeye yaparak toplamda yaklaşık 94 GW'a ulaşmıştır. AB'de lider konumda olan İspanya 1,1 GW, İtalya 1,0 GW, Fransa 0,8 GW ve Birleşik Krallık 1,3 GW kurulum eklemiştir. Hindistan 2011 yılında rüzgâr enerjisinde en büyük üçüncü pazar olmuştur. 2010 yılı sonunda 3,0 GW kurulum ekleyerek 2011 yılında yaklaşık 16,1 GW rüzgâr kurulum kapasitesine ulaşmıştır (REN21, 2012: 57).

Dünya çevresinde başka bir yerde rüzgâr enerjisi alanında en önemli büyüme Latin Amerika'da görülmüştür. Brezilya 0,5 GW'dan daha fazla bir kurulum gerçekleştirmiş ve yaklaşık 1,5 GW rüzgâr kurulu gücüne ulaşarak güçlü bir yıl geçirmiştir. Kısmen kargaşa nedeniyle Arap dünyasında, Afrika ve Orta Doğu'da çok az bir gelişme yaşanmıştır. Sadece kuzeyde Türkiye yıl sonunda toplam 1,8 GW kapasitesine yaklaşık 0,5 GW düzeyde kurulum eklemiştir (REN21, 2012: 57).

Türkiye 2011 yılında rüzgâr enerjisine yönelik yaptığı kapasite artırımını AB'deki lider ülkelerin kurulum eklemelerine çok yakındır. Türkiye'nin toplamda rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi düşüktür, fakat son yıllarda yaptığı yatırımlar AB ülkeleri gibi gelişmiş ülkelerin yatırımlarına yaklaşık düzeydedir.

1.3. Dünyada Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

Jeotermal enerjinin elektrik amaçlı kullanımı 20. yüzyıl ile başlamıştır. Dünyada jeotermal enerjiden elektrik amaçlı Türkiye kayda değer bir kullanım gerçekleştirilmemektedir. Fakat ısı ve kaplıca uygulamalarında dünyada ilk 5'de yer almaktadır.



Şekil 3. Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal Enerji Kullanımı

Kaynak: YEGM.

Türkiye’nin jeotermal enerjide elektrik tüketimi 20,4 MWe ve doğrudan kullanımı 1229 MWt’dir. Dünyada jeotermalden elektrik tüketimi ve doğrudan kullanımı Türkiye’ye göre oldukça fazladır. Türkiye’deki karbondioksit üretimi dünyadaki karbondioksit üretiminden neredeyse 5 kat fazladır. Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’nin sanayide kullandığı enerji ihtiyacı gelişmesine paralel olarak artmaktadır. Fakat karbondioksit üretiminden anlaşılacağı üzere kullandığı enerjinin büyük bir oranını yenilenebilir enerji yerine çevreye zararlı fosil yakıtlardan sağlamaktadır.

2005 yılından itibaren İzlanda, Endonezya, Yeni Zelanda, ABD ve Türkiye jeotermal enerji kaynaklarından güç kapasitene ilaveler gerçekleştirmiştir. 2010 yılında jeotermal kaynaklardan İzlanda %26, Filipinler %18 oranında elektrik enerjisi sağlamışlardır. İzlanda, Almanya ve ABD’deki boru hattı projeleri 3,1 GW kapasitesi ile lider projelerdir. Yeni ülkelerde ileri teknolojilerin tanıtılması jeotermal enerjinin gelişimini sağlayacaktır. Japonya’daki Mitsubishi, Fuji Electric and Toshiba adlı şirketler dünyadaki buhar türbinlerinin %70’ini karşılamaktadır. Önümüzdeki yıllarda jeotermal enerjide büyüme önemli olacaktır (PWC, 2012: 29).

Jeotermal enerji kaynakları potansiyeli bakımından dünyada yedinci sırada yer alan Türkiye, sahip olduğu jeotermal güç kapasitesine son yıllarda ek ilaveler gerçekleştirmiştir.

Jeotermal enerji kaynakları 2011 yılında tahminen 205 TWh (terawatt saat) tutarında, doğrudan ısı ve elektrik sağlamaktadır. Bu çıktının üçte ikisi doğrudan ısı olarak, üçte biri ise elektrik olarak iletilmektedir. 2011 yılında en az 78 ülke doğrudan jeotermal enerjiyi kullanmıştır. Jeotermal ısı kapasitesi ile üst sıralarda yer alan ilk beş ülke, ABD, Çin, İsveç, Almanya ve Japonya toplam küresel kapasitenin üçte ikisini oluşturmaktadır. 2010 yılında 21 TWh ile jeotermal ısı enerjisi kullanımında Çin ilk sırada yer almıştır. ABD (18,4 TWh 2011'de), İsveç (13,8 TWh), Türkiye (10 TWh), Japonya (7,1 TWh) ve İzlanda (7,0 TWh 2011'de) takip etmiştir. İzlanda, İsveç, Norveç, Yeni Zelanda ve Danimarka kişi başına yıllık ortalama enerji kullanımında öncülük etmektedir. 2011 yılında İzlanda ısınma ihtiyacının %90'ını jeotermal kaynaklardan sağlamıştır (REN21, 2012: 40).

Türkiye'nin son yıllarda jeotermal enerji kullanımı gelişmiş ülkelere göre önemli bir seviyededir. Erişilen verilere dayanılarak enerji kullanımının Türkiye'nin jeotermal enerjide büyük bir potansiyele sahip olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.

AB'nin jeotermal enerji kapasitesi 2010'da %12 artmıştır. İsveç 4 GW_{th} ile lider olurken, Almanya 2,6 GW_{th}, Fransa 1,7 GW_{th}, Finlandiya 1 GW_{th}, İsviçre 1 GW_{th} ile İsveç'i takip etmektedir (RE21, 2012: 40).

1.4. Dünyada Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı

Biyokütle talebi 2002-2009 yılları boyunca yıllık ortalama %1,4 büyümüştür. Biyokütle enerjisi için lider küresel piyasalar çeşitlidir ve yakıt tipine bağlı olarak değişebilir.

Odun kaynaklı biyokütle ABD'de şimdilerde ülkenin dördüncü önde gelen konut ısı kaynağını oluşturmaktadır. Yaklaşık 12 milyon ağaç ve pelet sobalar 2011 yılının başlarında ABD'de kurulmuştur. Biyokütle gücünün yaklaşık %88,3 katı biyokütle

yakıtlardan oluşturulur. ABD ve diğer önemli biyoenerji üreticileri olan Avrupa Birliği (Almanya, İsveç ve Birleşik Krallık önderliğinde), Brezilya, Çin, Hindistan ve Japonya toplam katı biyokütle tabanlı enerji üretimi açısından dünya liderliğini sürdürmektedir. 2011 yılı sonunda ABD’de toplam biyoenerji kurulu kapasitesi yenilenebilir MSW (belediye katı atık)’de dahil yaklaşık 13,7 GW olmuştur (REN21, 2012: 34).

2011 yılı sonunda biyokütle enerjisi kurulu kapasitesi 26,2 GW olan AB, katı biyokütleden (MSW hariç) sağlanan brüt elektrik üretimi 2010’da 69,9 TWh olarak %12,2 artmıştır. Brezilya’nın biyokütle enerji kapasitesi sürekli olarak artmaktadır. Brezilya’nın 2010 yılında 7,8 GW olan kapasitesi 2011 yılında 8,9 GW olmuştur. Çin’in 2011 yılı sonunda toplam kurulu kapasitesi 4,4 GW’a ulaşarak önemli bir büyüme gerçekleştirmiştir. Hindistan 2011 yılında kapasitesine 0,6 GW ekleyerek 3,8 GW’a ulaşmıştır. 2011 yılında Tayland’ın kurulu gücü 1,6 GW’a ulaşırken, Japonya’nın katı biyokütleye dayalı üretim kapasitesi 3,3 GW’a ulaşmıştır (REN21, 2012: 35).

Çoğu biyogaz piyasası sadece Avrupa’dadır. 2010 yılında toplam birincil biyogaz enerji tüketiminin yaklaşık %61’inden Almanya sorumlu olmuştur. 2011 yılında ulaştırma sektöründe sıvı biyoyakıtlar için birincil etanol tüketim bölgesi Kuzey Amerika ve ardından Latin Amerika’dır. Biyogaz artan bir şekilde elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde büyük çürütücülerde üretilen biyogaz genellikle enerji üretimi için kullanılır. Çin’de 2009 yılı sonu itibariyle yaklaşık 2.000 büyük ve orta ölçekli biyogaz çürütücüleri endüstriyel işletmelerde kurulmuştur. Çin’in toplam biyogaz enerji üretim kapasitesi 800 MW olarak gerçekleşmiştir. Hindistan 2010 yılı itibariyle kurulu gücü 91 MW tutarında kentsel ve endüstriyel atıklara dayalı 70 biyogaz tesisine sahiptir (REN21, 2012: 31-35).

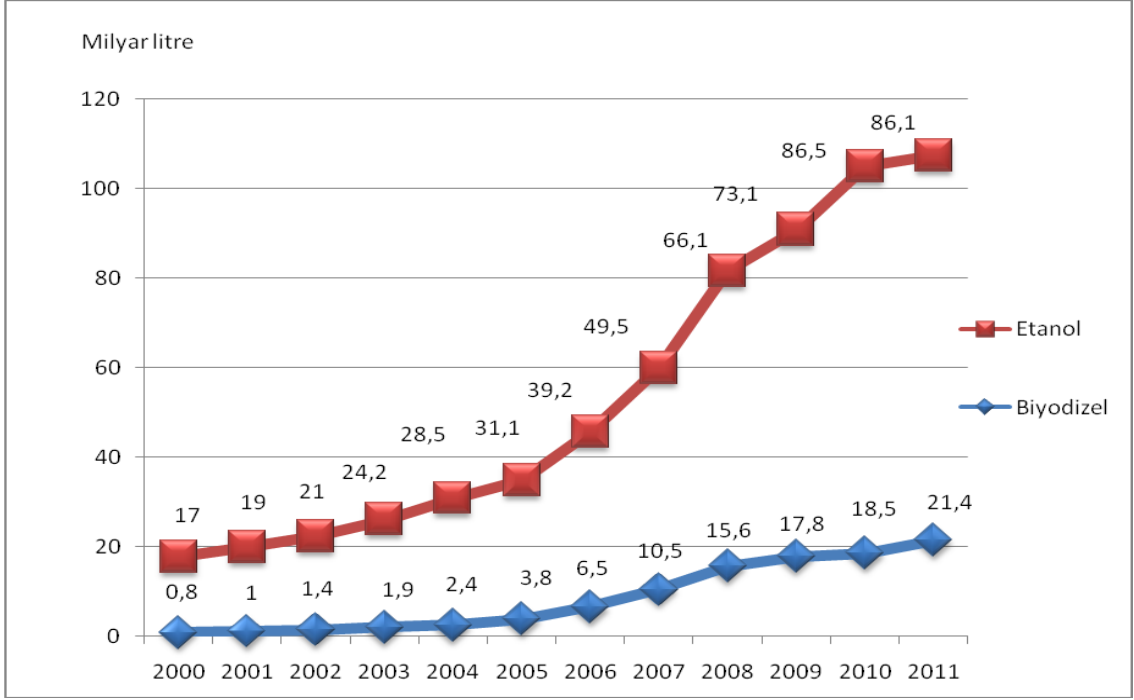
Etanolün üretiminde ve kullanımında hakim olan iki ülke ABD ve Brezilya’dır. Dünyadaki etanol üretiminin yaklaşık %87,5’ini ABD ve Brezilya gerçekleştirmektedir. ABD verimi yüksek tarım alanlarının önemli bir bölümünü mısır üretimine ayırarak düşük maliyetle etanol üretimi yapmaktadır. Brezilya ise etanol üretimi için şeker kamışı üretimini tercih ederek uygun doğal koşullardan ve düşük iş gücü maliyetinden

yararlanmaktadır. Avrupa ülkelerinin etanol üretimindeki payı ABD ve Brezilya'ya kıyasla oldukça düşüktür (%15) (Çağatay vd., 2012: 10).

2010 yılında ABD'nin küresel etanol üretimi %60'dan 2011'de %63'e yükselmiştir. Brezilya'nın ise %30'dan %24'e düşmüştür. 2011 yılında Çin 2,1 milyar litre ile Asya'nın en büyük üreticisi dünyanın ise, en büyük üçüncü etanol üreticisi olmuştur. Çin'i Kanada (1,8 milyar litre), Fransa (1,1 milyar) ve Almanya (0,8 milyar) takip etmiştir. Afrika ise dünya üretiminin sadece çok küçük bir payına sahiptir. Fakat 2010 yılı ile karşılaştırıldığında 2011 yılında hafif bir artış görülmüştür (REN21, 2012: 34-35).

ABD'de etanole yapılan politika destekleri biyodizel ile karşılaştırıldığında, etanol destekler bakımından biyodizelden öncedir ve bu durum ABD'deki biyodizel üretimindeki geride kalmasının açıklaması olarak değerlendirilebilir (Çağatay vd., 2012: 16).

Etanolün aksine küresel biyodizel üretimi 2010 yılındaki 18,5 milyar litre ile karşılaştırıldığında, 2011 yılında 21,4 milyar litre ile yaklaşık %16 artarak genişlemeye devam etmiştir. AB en büyük bölgesel biyodizel üreticiliğini sürdürmektedir. Fakat toplam üretim %6'ya düşmüştür. Dünya toplamında AB'nin payı 2010 yılında %53'den, 2011 yılında %43'e gerilemiştir. Almanya'nın üretimi %18 artmasına rağmen küresel olarak ikinci sıralara gerilemiştir. ABD Almanya'yı takip etmektedir. Arkasından Arjantin (2,8 milyar litre), Brezilya (2,7 milyar litre) ve Fransa (1,6 milyar litre) gelmektedir (REN21, 2012: 36).



Şekil 4. Dünyada Etanol ve Biyodizel Üretimi

Kaynak: REN21, 2012: 37.

Şekil 4'e göre dünyadaki etanol ve biyodizel üretimi 2000-2011 yılları arasında artış göstermiştir. Özellikle de etanol 2005 yılından sonra kayda değer bir hız kazanarak 2011 yılında 86,1 milyar litreye ulaşmıştır. Biyodizel üretiminde de bir artış olmasına rağmen etanol ile kıyaslandığında biyodizel üretimi 2000-2005 yılları arasında aynı seviyelerde seyrederken 2005 sonrasında az bir oranda artış yakalayarak 2011 yılında 21,4 milyar litreye ulaşmıştır. Toplamda ise 107,5 milyar litre üretim gerçekleşmiştir.

1.5. Dünyada Hidroelektrik Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı

Suyun hareket enerjisinden yararlanılarak elde edilen hidroelektrik enerjisi hem temiz hem de ucuz bir enerji kaynağı özelliğine sahip olması nedeniyle dünyada son yıllarda kullanılan enerji kaynakları arasında önemli bir yer edinmiştir. Son yıllarda dünyada birçok ülke hidroelektrik santralleri kurulumu ivme kazanmıştır.

1.5.1. Kuzey ve Orta Amerika

Hükümet politikası ve promosyon önlemleri Kuzey ve Orta Amerika'da yenilenebilir enerjiyi geliştirmeye yönelik önemli rol oynamaktadır. Amerika son zamanlarda mevcut hidroelektrik sistemleri geliştirmeye ve mevcut hidroelektrik tesisleri güçlendirmeye odaklanmıştır. Kanada dünyanın ikinci büyük hidroelektrik jeneratörüdür. Kanada hidroelektrik enerjisinde 2011 yılı boyunca gelişmeye devam etmiştir. Kanada Su Enerjisi Birliği tahminlerine göre, ülkenin gelişmemiş hidroelektrik potansiyeli toplamı 163 GW'dır. Kanadalı kamu kuruluşları ABD pazarına artan miktarlarda elektrik için tedarik anlaşmaları müzakere etmektedir. Örneğin Hydro-Québec, Québec ve New York Eyaleti arasında bir iletim hattı projesinde potansiyel katılım ile ilgili görüşmelere devam etmektedir. Ayrıca kurum 26 yıldır iki Vermont programlarına hidroelektrik sağlamak için anlaşmalar imzalamıştır (IHA, 2012: 6).

1.5.2. Güney Amerika

Güney Amerika büyük hidroelektrik enerji kaynaklarına sahiptir. Fakat sınırlı dağıtım potansiyeli nedeniyle yeterli enerji güvenlik düzeylerini her zaman garanti etmesi mümkün değildir. Arjantin elektrik enerjisinin %32'sini hidroelektrik enerjisinden üretmektedir. Brezilya Güney Amerika'dan hidroelektrik enerjisinden üretilen elektriğin %91'inden sorumlu en büyük güç sistemine sahiptir. 2011 yılında en yüksek profilli projesi Belo Monte (11.233 MW)'dir (IHA, 2012: 7).

1.5.3. Avrupa

Günümüzde Avrupa'da tüm yenilenebilir enerji üretiminin yaklaşık %70'ini hidroelektrik oluşturmaktadır. 2011 yılının başlarında Avrupa'da yaklaşık 45 GW toplam kapasitesiyle yaklaşık 170 tesis işletmeye alınmıştır. İspanya'da hükümet ekonomik zorlukların sonu olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan şebekeye satış tarifesini (FIT) ertelemiştir. Fransa ise taviz yenilemesi için ihale başlatmaya hazırlanmaktadır. Sonuç olarak Almanya'da, Avusturya'da, İsviçre'de ve İspanya'da gelişme devam etmektedir (IHA, 2012: 8).

1.5.4. Batı ve Doğu Asya

Çin 2011 yılını 212 GW toplam kurulu hidroelektrik kapasitesi ile sonlandırmıştır. Japonya nükleer bazlı üretimi karşılamak için önemli pompalı depolama sistemine (25,8 GW) sahiptir. Fakat şimdilerde yenilenebilir enerjiyi desteklemek için hazırlanmaktadır (REN21, 2012: 42-43).

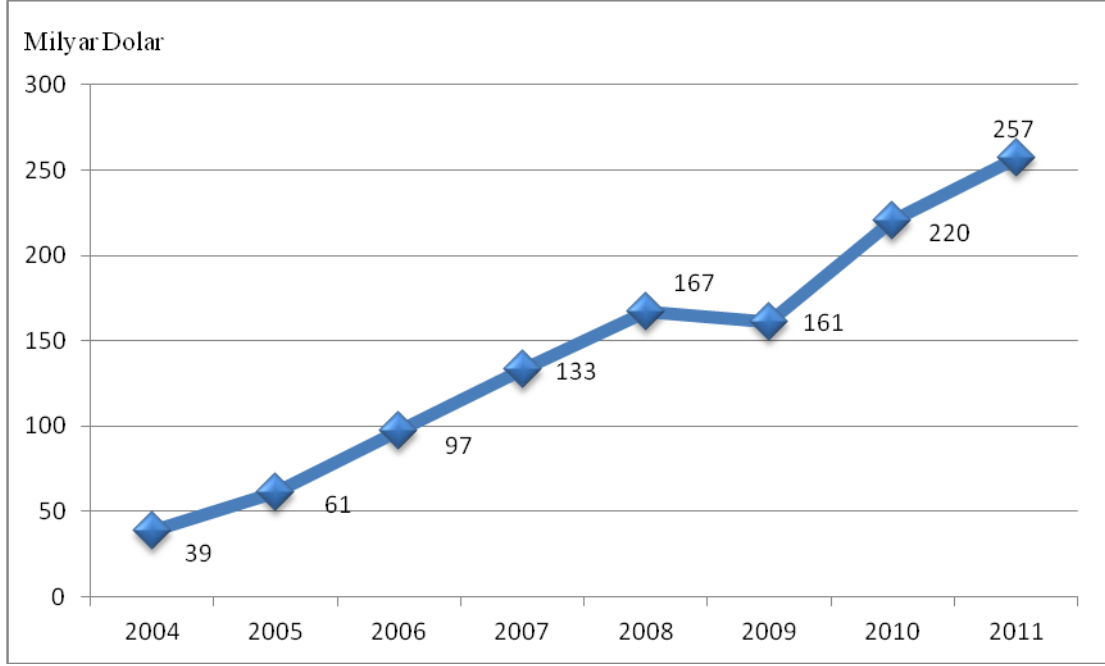
1.5.5. Afrika

Afrika yenilenebilir enerji kullanımının geliştirilmesinde belirli bazı sorunlarla yüz yüzedir. Bazı Afrika ülkeleri projeler geliştirmek için güçlerini birleştirmiştir. Son 2011 yılında Burundi, Raunda ve Tanzania 90 MW hidroelektrik santrali inşa etmek için planlarını açıklamıştır (REN21, 2012: 42-43).

1.6. Dünyada Yenilenebilir Enerjide Yatırım Trendi

2011 yılında yenilenebilir enerjide küresel yeni yatırım 257 milyar dolara yükselmiştir. Bu 2004 yılı rakamı için altı kattan daha fazladır ve 2007 yılında neredeyse toplam yatırım iki kat olmuştur. Bu yatırım içerisinde Çin 52 milyar dolar, ABD 48 milyar dolar, Almanya 31 milyar dolar, İtalya 29 milyar dolar ve Hindistan 12 milyar dolar gerçekleştiren ülkelerdir (REN21, 2012: 61).

Son yıllarda yatırım için en büyük tek sektör güneş enerjisi olmuştur. 2011 yılında ABD güneş enerjisinde oldukça iyi bir performans sergilemiştir. 2010 yılına göre yatırım %57 artmıştır. Toplam yatırımda üst sıralarda yer alan beş ülke Çin, yakından takip eden ABD, Almanya, İtalya ve Hindistan olmuştur. Hindistan %62'lik bir büyüme oranı ile dünyada yenilenebilir enerji piyasası yatırımında en hızlı genişleme sergileyen ülke olmuştur. Gelişmiş ülkelerdeki 168 milyar dolar yatırım ile karşılaştırıldığında gelişmekte olan ülkelerde 2011 yılında yeni yatırım 89 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (REN21, 2012: 15).



Şekil 5. Yenilenebilir Enerjide Küresel Yatırım

Kaynak: REN21, 2012: 61.

Dünyada yenilenebilir enerji için 2004-2011 yılları arasında yapılan yatırım miktarı 257 milyar dolardır. Bu yıllar arasında 2009 yılında yapılan yatırım hariç yenilenebilir enerji yatırımları önemli bir artış göstermiştir. 2009 yılında meydana gelen düşüş 2008 yılında tüm dünyayı etkisi altına alan ekonomik kriz kaynaklı olduğu söylenebilir.

2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

2.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi ve Potansiyeli

Güneş enerjisi yaşam boyu var olan, güvenilir ve ucuz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi potansiyeli bakımından Türkiye oldukça zengin bir coğrafi kuşaktadır. Bu sonsuz enerjiyi en iyi şekilde değerlendirmek ülkenin önceliklerine bağlıdır. Doğa kendi kanunlarından vazgeçmeden bu potansiyelin farkına varılması ileriye dönük bir adım olarak en iyi hamle olacaktır. Geliştirilen teknolojiler sadece güneşten en iyi şekilde yararlanmayı değil aynı zamanda en ucuz şekilde yararlanmayı da kapsamalıdır.

Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi, mevsimler arasında ve gün boyunca aynı derece de değildir. Enerjinin daha düşük değerlerde olduğu dönem ve saatlerde de faydalanabilmek için enerjinin depolanması gerekmektedir. Depolama ihtiyacı doğrultusunda geliştirilen depolama sistemleri sayesinde enerjinin düşük değerlerde olduğu ve hiç olmadığı zamanlarda da güneş enerjisinden faydalanabilme imkânı doğmaktadır.

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemler kurulumu için geniş bir alana ihtiyaç duymaktadır. Fotovoltaik teknoloji ile çalışan güneş enerjisi santralleri (GES) kendi içerisindeki teknoloji türlerine göre 1 MW kurulu güç başına 10-30 dönüm (1 dönüm 1.000 m²) araziye yerleştirilmektedir. GES'lerin kurulumu için ayrılacak alanlar açısından verimli alanlar olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü hem tarım arazileri hem de GES'lerin kurulumu için önemli ortak özellik, ikisinin de eğimi az ve güneş alan yerlere ihtiyaç duymasıdır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) yayınladığı çalışmalara göre Türkiye'nin tam ortasından güneye bir çizgi çekilirse, güney yarısında yaklaşık 12.000 km² niteliksiz arazi bulunmaktadır. Bugünkü teknolojilerle, şebeke kısıtları göz ardı edilirse bu miktar yaklaşık 500.000 MW kurulu güçte santral kapasitesine karşılık gelmektedir (Tunç, 2011: 71).

Türkiye'de tarım sektöründe israf edilen ve doğru değerlendirilememiş kaynaklar mevcuttur. Tarım arazisi olarak kullanılmaması gereken niteliksiz alanlar tarım arazisi olarak kullanıma açılmıştır. Bu çerçevede değerlendirildiğinde Türkiye nitelikli alanları tarım sektöründe kullanmak üzere değerlendirir ve niteliksiz alanları da GES'ler için kullanıma açarsa, var olan mevcut alanı en avantajlı şekilde değerlendirmiş olur.

Türkiye'de küçük güçte güneş enerjisi elde eden birimler olsa da halen bir elektrik üretim santrali bulunmamaktadır. Dolayısıyla Türkiye'de güneş enerjisi kaynaklı elektrik üretimi yoktur. Türkiye elektrik enerjisi haricinde güneş enerjisinden küçük çapta fotovoltaik sistemlerle yararlanmaktadır.

Tablo 2. Türkiye'nin Günlük Toplam Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aylar	Günlük Toplam Güneş Radyasyonu (KWh/M ² gün)	Güneşlenme Süresi (Saat/ Gün)
Ocak	1,79	4,11
Şubat	2,50	5,22
Mart	3,87	6,27
Nisan	4,93	7,46
Mayıs	6,14	9,10
Haziran	6,57	10,81
Temmuz	6,50	11,31
Ağustos	5,81	10,70
Eylül	4,81	9,23
Ekim	3,46	6,87
Kasım	2,14	5,15
Aralık	1,59	3,75
Toplam	50,11	89,98
Toplam (aylık)	1503,3	2699,4
Ortalama	4,17 KWh/m ² -gün	7,5 saat/gün

Kaynak: YEGM (YEGM ve DMİ istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerleri).

Meteoroloji Genel Müdürlüğünde (MGM) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak YEGM tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 KWh/m²-yıl (günlük

toplam 3,6 KWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. 1985-2006 yıllarına ait ölçüm değerlerine göre güneşlenme süresi ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2699,4 saat (günlük toplam 7,5 saat), ortalama toplam ışıyım şiddeti 1503,3 KWh/m²-yıl (günlük toplam 4,17 KWh/ m²) olarak tespit edilmiştir. Son ölçüm değerlerine göre hem ışıyım şiddetinde hem de güneşlenme süresinde artış gözlemlenmiştir.

2.1.1. Türkiye’de güneş enerjisi uygulamaları

2.1.1.1. Güneş pilleri – fotovoltaik (PV) sistemler

Güneş pilleri, elektrik şebekesinin olmadığı yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde ekonomik olarak uygun şekilde kullanılmaktadır. Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren PV sistemler için herhangi bir tüketim maddesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Diğer sistemlerle kolayca birleşebilme yeteneğine sahip olmaları ve tasarım açısından geniş alternatif sunmaları gibi avantajları nedeniyle PV sistemler son yıllarda ön plana çıkan güneş enerjisi uygulamaları arasındadır. Kristal silisyum, amorf silisyum ve galyum arsenik gibi pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilen güneş pilleri, yapısına bağlı olarak üzerlerine düşen güneş enerjisini %5 ile %20 arasında değişen bir verimle elektrik enerjisine çevirebilmektedir (Yeşilata vd., 2010: 46).

Fotovoltaik sistemler ile bulutlu veya açık her türlü hava şartlarında elektrik üretilebilirken, yoğunlaştırıcı sistemlerde (termik ve mekanik dönüşüm) açık hava, gerekli olmaktadır. Türkiye’de güneş enerjisi kullanımında bölgesel bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle, termik ve mekanik dönüşümlü üreteçler için Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri uygun yerler iken, fotovoltaik üreteçler için Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki tüm bölgeler uygun yerlerdir (YEGM).

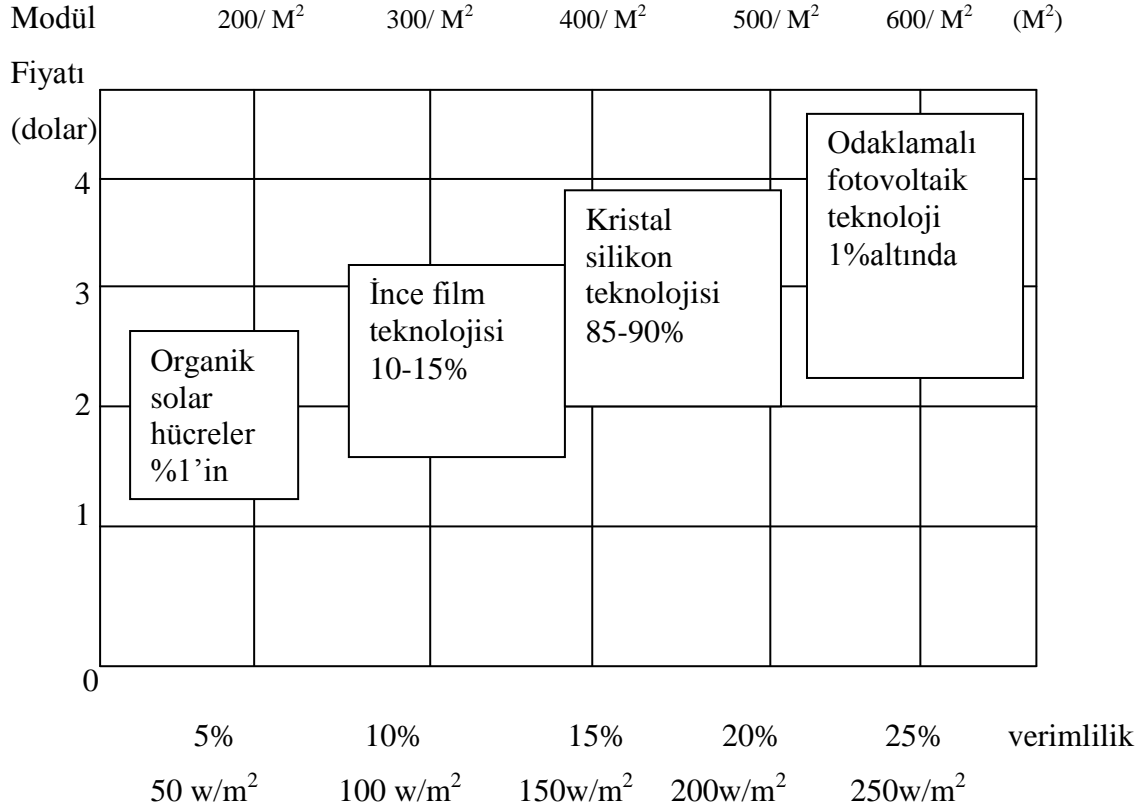
Günümüzde güneş pilleri orman gözetleme kuleleri, su pompalama sistemleri, haberleşme istasyonları, deniz fenerleri ve yol aydınlatması, trafik ikaz ışıkları, ayrıca Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) ve bazı üniversitelerde (Muğla Üniversitesi, Ege Üniversitesi gibi) küçük güçlerin karşılanması veya araştırma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik teknolojisi araştırma ve geliştirme konularında,

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM), çeşitli üniversiteler (Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, ODTÜ, Kocaeli Üniversitesi, Fırat Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi) ve YEGM çalışmalar yapmaktadır (Bedeloğlu vd., 2010: 53). YEGM ile birlikte Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) güneş enerjisi verilerinin ölçülmesi konusunda, ayrıca uygulama ve test yöntemleri için gerekli standartlar konusunda Türk Standartları Enstitüsü (TSE) de çalışmalar yapmaktadır.

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren PV sistemler, en çok sulama amaçlı kullanılan sistemlerdir. Güneş enerjisinin var olduğu zaman diliminde sulama ihtiyacı karşılanmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisini depolama zorunluluğu ortadan kalkmakta ve yatırım maliyetinde kayda değer bir tasarruf sağlanmaktadır. Bu nedenden dolayı güneş enerjisi uygulamaları içinde yer alan fotovoltaik sistemler en çok sulama amaçlı tercih edilmektedir. Ayrıca rüzgâr türbinleri ile kullanılarak enerjinin sürdürülebilirliği artırılmakta ve sulama tüm zaman dilimlerine yayılabilmektedir (Yeşilata vd., 2010: 77).

Fotovoltaik sistemler seralarda da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Seraların en önemli girdisi olan ısıtma maliyeti dolayısıyla seralar da kullanılan PV sistemler ısıtma maliyetlerini düşürmektedir. 1997 yılında Şanlıurfa'nın Karaali jeotermal bölgesinde fotovoltaik sistemlerin yer aldığı büyük seralar kurulmuştur. Türkiye'nin en büyük tek parça (45 dekar) seralarında başarılı olan sistem ile birlikte sebze ve süs bitkileri üretilerek hem bölge ihtiyacı karşılanmış hem de birçok ülkeye ihraç edilmiştir (Yeşilata vd., 2010: 79).

Günümüzde PV modül/panel üretim teknolojileri; kristal silikon, ince film, yoğunlaştırıcı ve organik olmak üzere 4 temel başlıkta incelenebilmektedir.



Şekil 6. PV Modül Üretim ve Teknolojilerinin Verim ve Maliyetleri

Kaynak: IEA, IEA Report, 2010: 8.

PV modül pazarında çok geniş teknoloji ve modül seçenekleri mevcuttur. Bunların içerisinde en büyük pazar payını *Kristal Silikon Teknolojisi* (%83 pay) almaktadır. *İnce Film Teknolojileri* ise (%17 pay) maliyet avantajından dolayı ticari pazardaki payını arttırmaya başlamıştır. Bu paneller ticari pazarda önemli paya sahiptir.

Tablo 3. Ticari Modüllerin Mevcut Verimleri

Kristal Silikon Teknolojisi		İnce Film		
sc-Si	mc- Si	a- Si; a-Si/ μ c- Si	CdTe	CIS/CIGS
% 14-20	% 13-15	% 6-9	% 9-11	% 10-12

(1) Si: silikon, (2) sc: tek kristalli, (3) mc: çok kristalli, (4) a: amorf, (5) μ c: mikro-kristal; (6) CdTe: Kadmiyum-Tellur, (7) CIS: Copper Indium Selenide, (8) CIGS: Copper Indium Galium Selenide.

Kaynak: IEA, IEA Report, 2010: 8.

2.1.1.2. Güneş kolektörleri

Türkiye güneş enerjisinde en yaygın olarak sıcak su ısıtma sistemlerini kullanmaktadır. Bu sistemler yoğunlukla Akdeniz ve Ege Bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli dahilinde düz plaka güneş kolektörleri yardımıyla meskenlerde sıcak su elde edilmesinde faydalanılmaktadır. Türkiye'nin kurulu güneş kolektörü miktarı yaklaşık 12 milyon m²'dir. Yıllık üretim hacmi ise 750.000 m²'dir (MARKA, 2011: 19).

YEGM tarafından yapılan ve Türkiye'deki güneş kolektörü üretim ve kullanım durumunu inceleyen anket çalışmalarına göre; Güneydoğu Anadolu Bölgesi, zengin güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Buna karşılık söz konusu bölge Türkiye'de güneş kolektörlerinin az kullanıldığı bölgedir. Bu durumun nedenleri temiz enerji farkındalığının az olması, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, teknik bilgi eksikliği, bu konudaki bilginin son kullanıcıya ulaştırılmaması ve eski sistemlerin düşük verimlere sahip olması şeklinde sıralanabilir (Yeşilata vd., 2010: 62).

2.1.2. Türkiye'de güneş enerjisinin maliyeti

Güneş enerjisinden elektrik üretimi henüz Türkiye'de başlamamıştır. Fakat bugüne kadar çeşitli küçük güçteki birbirinden bağımsız, fotovoltaik sistem uygulamaları

yapılmıştır. Fotovoltaik sistem uygulamalarının kurulu güç kapasitesi 3.500 KW'a yaklaşmıştır. Güneş enerjisi kurulu gücü ise yaklaşık 3.000 KW'tır. Kristal yapıda fotovoltaik sistemlerde bir modülün (yaklaşık 0,40 m² yüzeye sahiptir) W başına fiyatı 2,5 €/W'tır. 1 MW'lık güç kapasitesindeki bir güneş santralının arazi hariç kurulum maliyeti ise; 2 milyon €, üretim maliyeti ise 10-20 cent/KWh'tır. 1 MW'lık bir santral yaklaşık 15 dönüm kadar yer kaplar. Sistem büyüdükçe modül maliyeti düşer. Amorf olanlar ve incefilm olanlarda ise fiyat daha düşüktür. 1 € /MW civarındadır. Güneş santralleri henüz Türkiye'de kurulmamıştır (YEGM; Yelmen ve Çakır, 2011: 254).

Güneş enerjisi ile üretilen elektriğin maliyeti bölgelere ve teknolojisine göre farklılık göstermektedir. Örneğin; Van, Antalya, Muğla gibi güney illerinde 1 MW GES ortalama olarak yılda 1.500-2.000 MWh elektrik üretebilmektedir (Tunç, 2011: 72).

2.1.3. GAP bölgesi termal güneş uygulamaları potansiyeli

Güneydoğu Anadolu bölgesinde, yıllık ortalama ışınım şiddeti 1460 KWh/m² ve güneşlenme süresi yıllık 2993 saattir. Işınım şiddeti ve güneşlenme süresi bakımından değerlendirildiğinde GAP bölgesi Türkiye'de lider konumdadır (Yeşilata vd., 2010: 39).

Bölgeye yönelik yapılan projelerle birlikte hayvancılık, sebze ve meyve üretimi artış göstermektedir. Bu artış beraberinde hayvansal ürünlerin, sebze ve meyvelerin daha uzun ömürlü olması için soğutma depolarına olan talebi arttırmaktadır. Soğutma depoları için kullanılacak enerji yerine termal güneş enerjisi kullanılabilir.

Türkiye'de bulgurun yoğun olarak üretildiği Güneydoğu Anadolu Bölgesi bulgurun kurutulması fabrikalarda kule tipi kurutma sistemleri ile kışın veya kapalı günlerde yapılmaktadır. Kurutma sistemleri önemli miktarda enerji harcamakta ve harcanan enerjinin fiyatı bulgurun maliyetine yansımaktadır. Bu maliyeti en aza indirmek yine mevcut olan güneş enerjisinden en faydalı şekilde yararlanarak sağlanabilir (Yeşilata vd., 2011: 54-55).

Tablo 4. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

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

Kaynak: YEGM.

Tablo 4'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir. Tablo'ya göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir. Bölgeler arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılacak olursa, bölgelerin güneş enerjisi ve güneşlenme süresi değerleri birbirlerinden çok fazla uzak değildir. Bu bakımdan Türkiye'nin güneş enerjisi yoğun bir ülke olduğu söylenebilir.

2.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı

Türkiye'de rüzgâr enerjisine dayalı çalışmaların başlangıcı 1980'li yılların ortalarında Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından gerçekleştirilmiştir. O dönemde yapılan çalışma rüzgâr potansiyelini tespit etmek amaçlı yapılan etüt faaliyetlerinden ibarettir. Rüzgâr enerjisini konu alan bir düzenleme o dönemlerde mevcut değildir. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarını kapsayan ilk kanun Elektrik Piyasası Kanunu 2001 yılında çıkarılmıştır. Fakat devletin belirli bir fiyatta

alım garantisinden vazgeçmesi rüzgâr enerjisi yatırımlarını durdurmuştur. İlk ciddi girişim 2005’de *Yenilenebilir Enerji Kanunu* ile gerçekleşmiştir. Bu yasal düzenleme ile birlikte rüzgâr enerjisi yatırımları ivme kazanmıştır (Özcan, 2009: 21).

Sürdürülebilir büyüme için ve geleceğe yönelik bir adım olarak rüzgâr enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesine olanak tanıyacak teşviklerin sağlanması gerekmektedir. Kullanıma hazır ve hızlı kurulabilme özelliğinden dolayı rüzgâr enerjisi diğer enerji santrallerine kıyasla en etkin enerji kaynağıdır. Aynı zamanda rüzgâr enerjisi dünya çapında en hızlı büyüyen enerji sektörlerinden biridir.

Türkiye, Avrupa’da rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından zengin ülkelerdendir. Üç tarafı denizlerle çevrili bir coğrafik avantaja sahip olan Türkiye özellikle Marmara ve Ege kıyı şeridi ile sürekli ve düzenli rüzgâr alan ülke konumundadır. Yıllık ortalama değerler baz alındığında, Türkiye’nin en iyi rüzgâr alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. En şiddetli rüzgâr hızı batı kıyıları boyunca, Marmara denizi çevresinde ve Antakya’da küçük bir bölgede mevcuttur. Orta şiddetteki rüzgâr hızı ise orta kesimlerde meydana gelmektedir (TMMOB, 2012: 159).

Tablo 5. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (yıllık ortalama rüzgâr hızı >7,0 m/s-50m a.g.l.)

Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu (w/m²)	Toplam Kurulabilecek Güç Miktarı (mw)
7,0-7,5	400-500	29.259,36
7,5-8,0	500-600	12.994,32
8,0-9,0	600-800	5.399,92
>9,0	>800	195.84
	Toplam	47.849,944

Karasal Alanlar (MW)	Deniz Üstü Alanlar	
37.836	10.013	

Kaynak: Çalışkan, 2011: 22.

Tablo 6. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli⁽¹⁾ (yıllık ortalama rüzgâr hızı >6,5 m/s-50m a.g.l.)

Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı	Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu (w/m ²)	Toplam Kurulabilecek Güç Miktarı (mw)
6,5-7,0	300-400	83.906,96
7,0-7,5	400-500	29.259,36
7,5-8,0	500-600	12.994,32
8,0-9,0	600-800	5.399,92
>9,0	>800	195,8
	Toplam	131.756,40

(1) Hesaplamalarda; rüzgâr enerjisi uygulamaları açısından kullanılabilir alanlara 5 MW/km² gücünde RES (Rüzgâr Enerjisi Santralleri) kurulabileceği kabul edilmiştir.

Kaynak: Çalışkan, 2011: 23.

Türkiye'nin 50 metre yükseklikteki rüzgâr enerjisi potansiyeline bakıldığında, rüzgâr enerjisi potansiyeli 7,0 ile 9,0 rüzgâr hızı arasında 47.849,944 MW olarak tespit edilmiştir. 6,5 ile 9,0 rüzgâr hızı arasında bakıldığında ise rüzgâr enerjisi potansiyeli 131.756,40 MW olarak tespit edilmiştir.

2.2.1. Rüzgâr enerjisi yatırım maliyetleri

Yeryüzünde bulunan tüm enerji kaynaklarına erişimde her birinin farklı maliyetleri söz konusudur. Çünkü her birinin kendine özgü niteliği, zenginliği ve cinsi vardır. Bazı

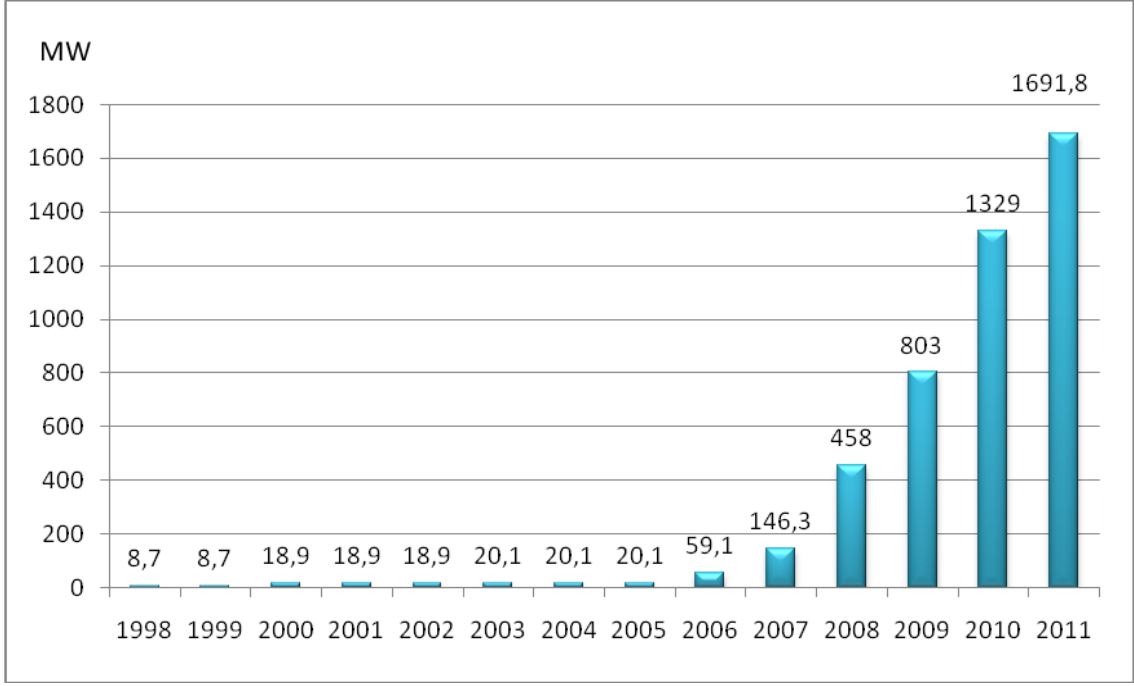
kaynaklara ulaşım çok maliyetli ve zor iken bazılarında ise ulaşım kolay ve daha düşük maliyetlidir. Enerjinin kullanılabilir olması ve verimliliği açısından coğrafik yapı önemli bir etkidir. Türkiye jeolojik ve coğrafik özellikleri bakımından rüzgâr enerjisi üretimi için en uygun ülkelerden biridir.

1 MW RES kurulum için yaklaşık ilk yatırım maliyeti 1.200,000 Euro'dur. Üretim maliyeti ise 3,5-4,5 cent/KWh'tır (Çalışkan, 2011: 28; Yelmen ve Çakır, 2011: 254). Rüzgâr santrallerinin kurulumunun toplam alanda çok az bir yer kaplaması ve geriye kalan alanın başka amaçlı kullanılabilmesi rüzgâr enerjisi için yapılacak yatırımlarda önemli bir etkidir. Rüzgâr enerjisi santrallerinin toplam maliyetinin çoğunluğunu türbin maliyetleri oluşturmaktadır. Operasyon, bakım ve onarım maliyetlerinin oranları oldukça düşüktür.

Türkiye'nin 2013 yılı hedefi için ihtiyaç duyulan sermaye 13,43 milyar Euro ve 2023 yılı hedefi için ihtiyaç duyulan sermaye 24,00 milyar Euro'dur. 1 MW RES kurulumu için yaklaşık türbin maliyeti 800.000 Euro'dur. 2013 yılı hedefi için türbinlere ödenecek bedel 8,95 milyar Euro'dur. 2023 yılı hedefi için ise türbinlere ödenecek bedel 16,00 milyar Euro olması tahmin edilmektedir. 1 MW RES kurulumu için yaklaşık türbin kulesi maliyeti 210.400 Euro ve 2013 yılı hedefi için türbin kulelerine ödenecek bedel 2,35 milyar Euro'dur. 2023 yılı hedefi için türbin kulelerine ödenecek bedel ise 4,20 milyar Euro'dur (Çalışkan, 2011: 28).

2.2.2. Türkiye'de rüzgâr enerjisinin gelişimi

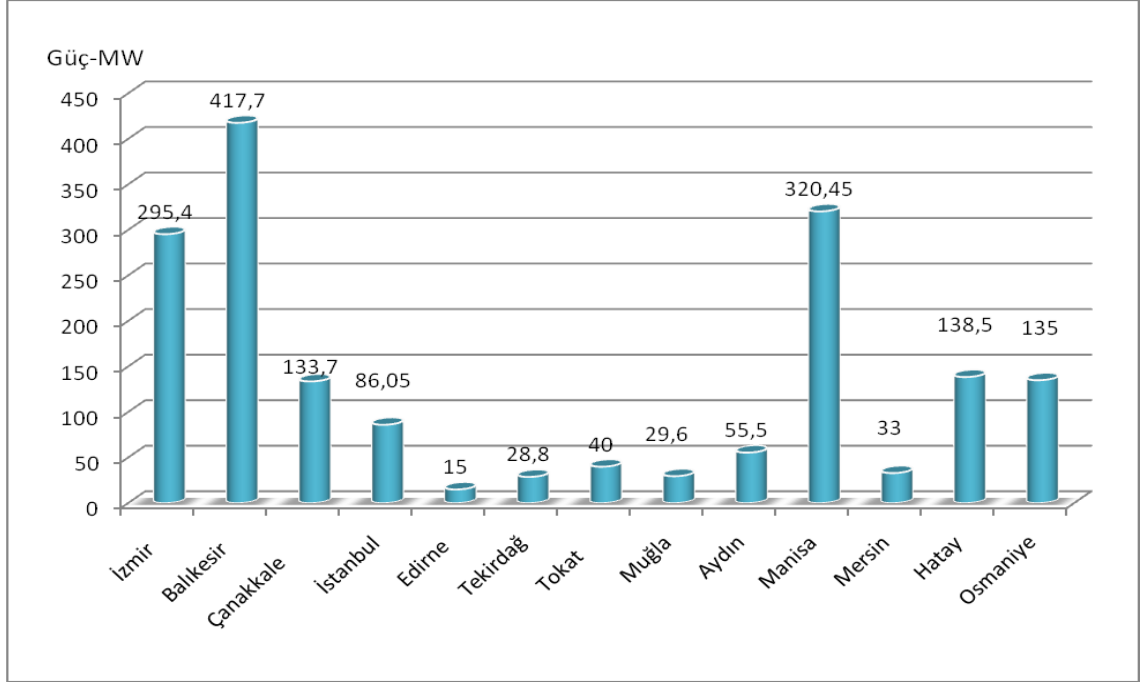
Türkiye'de şebekeye bağlı elektrik üretimi 1998 yılında başlamıştır. 2005 yılında 5346 sayılı *Yenilenebilir Enerji Kanunu*'nun çıkmasıyla kurulu güç ve enerji üretimi her yıl %100 artış göstermiştir.



Şekil 7. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi

Kaynak: TMMOB, 2012: 160.

Türkiye’de 2011 yılı sonunda Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücü 1691,8 MW, 2012 Şubat ayı itibariyle kurulu gücü ise 1728,7 MW’a ulaşmıştır. 2011 yılında rüzgâr santrallerinden üretilen elektrik enerjisi 4726 Milyar KWh olarak gerçekleşmiştir. Üretilen elektrik enerjisi (4726 milyar KWh) toplam elektrik üretiminin %2,07 sine karşılık gelmektedir (TMMOB, 2012: 160).



Şekil 8. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün İllere Göre Dağılımı

Kaynak: TMMOB, 2012: 160.

Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücünün illere göre dağılımını gösteren Şekil 8'e göre; 700,95 MW ile Ege Bölgesi en fazla kurulu güce sahip olan bölgedir. Bölge içerisinde santrallerin yoğun olduğu iller ise Manisa (320,45 MW) ve İzmir (295,4 MW)'dir. Marmara Bölgesi 681,25 MW kurulu güce sahip olup en fazla Balıkesir (471,7 MW), Çanakkale (133,7) ve İstanbul (86,05 MW)'da yoğunluk söz konusudur. Akdeniz bölgesi 306,5 MW kurulu güce sahip ve en fazla Hatay (138,5 MW) ve Osmaniye (135 MW) yoğun santrallerin yer aldığı illerdir. Karadeniz Bölgesi'nde ise sadece Tokat (40 MW) ilinde rüzgâr santrali mevcuttur.

2.3. Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Kullanımı

Türkiye tektonik yapısı ve jeopolitik konumu itibariyle jeotermal kaynaklardan doğrudan yararlanma (ısıtma, kaplıca, sera) konusunda dünyada beşinci sıradadır. Jeotermal enerji arama çalışmaları son yıllarda canlandırılmış, 2003 yılından itibaren MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan arama çalışmaları sonucu 840 MW jeotermal

enerji kaynağı tespit edilmiştir ³. Bu durum Türkiye'nin önemli derecede jeotermal kaynağa sahip olduğunun bir kanıtıdır. Özellikle Batı Anadolu Türkiye'nin diğer bölgelerine kıyasla jeotermal enerji kaynakları bakımından daha zengindir.

Türkiye jeotermal enerji kaynağından çoğunlukla ısınma ve kaplıca bakımından yararlanmaktadır. Jeotermale dayalı elektrik enerjisi üretimi düşük seviyelerde kalmaktadır. Fakat son yıllarda elektrik enerjisi üretimi artış göstermiştir. Gelişmekte olan Türkiye özellikle sanayinin önemli bir ihtiyacı olan elektrik enerjisini, dünyada önemli sıralarda yer aldığı jeotermal enerji kaynağı tarafından sağlaması Türkiye'nin ekonomik geleceği açısından daha faydalı olacaktır.

2.3.1. Jeotermal enerji potansiyeli

Türkiye'nin jeopolitik konumu bakımından önemli doğal kaynaklarının varlığı Türkiye'yi ekonomik bakımdan ön sırala taşıyabilecek seviyelerdedir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye kayda değer enerji arzına sahiptir. Özellikle de jeotermal enerji Türkiye'de bol miktarda bulunan ulusal bir kaynaktır.

Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MW'tır ve bu potansiyel ile Türkiye, dünyada yedinci, enerjinin kullanımında ise beşinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin 1.500 MW'lık bölümünün elektrik enerjisi üretimi için uygun olduğu değerlendirilmekte olup kesinleşen veri 600 MWe'dir. Türkiye'nin 2011 yılı sonu itibari ile jeotermal enerji kurulu gücü 114 MW düzeyine ulaşmıştır ⁴.

Türkiye'de jeotermal potansiyelin tamamının harekete geçirilmesi halinde, entegre kullanımlarla birlikte;

— 1000 MWe [yılda 8 milyar KWh elektrik (3.000,000 konutun ihtiyacına denktir)]
(Net 800 milyon \$ gelir)

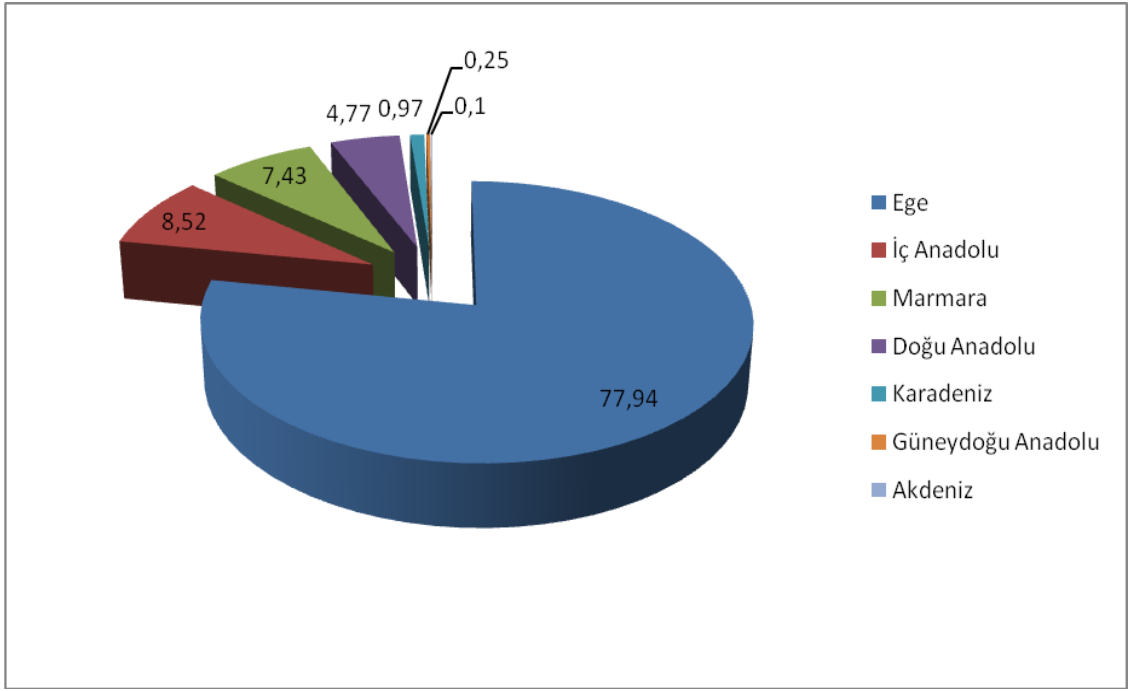
— 500.000 konut eşdeğeri ısıtma [yılda 1 milyar m³ doğalgaz ithali önlenmiş olacaktır.
(Yılda 400 milyon \$ döviz tasarruf)]

³ <http://www.enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 12.04.2012)

⁴ http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI_VIEW/index.php/raporlar/rapor (Erişim Tarihi: 10.09.2012)

— 30.000 dönüm sera ısıtması; 30.000 kişiye istihdam, 600 milyon ABD doları net gelir sağlanacaktır.

— 400 adet termal tesis; 1.000.000 yatak kapasitesi, 250.000 kişiye istihdam, 5 milyar ABD doları net gelir. Yılda toplam 6,8 milyar \$ net gelir sağlanabilecektir (YEGM).



Şekil 9. Türkiye'de Jeotermal Potansiyel Alanların Bölgelere Göre Dağılımı (%)

Kaynak: DEK-TMK, 2010: 110.

Şekil 9'da Türkiye'de jeotermal potansiyel oluşturan sahaların yüzde oranları verilmiştir. Güneydoğu Anadolu (%0,25), Karadeniz (%0,97) ve Akdeniz (%0,1) Bölgelerinin jeotermal enerji oranları düşük seviyelerde olmasına rağmen, Ege Bölgesi diğer bölgelere kıyasla oldukça fazla bir oranda (%77,94) jeotermal potansiyeline sahiptir. Bu oranla Ege Bölgesi dahi tek başına Türkiye için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. %77,94'lük bir oranla Ege Bölgesi jeotermal yatırımlar için değerlendirilmesi gereken en önemli sahalardan biridir.

Tablo 7. Türkiye’de Jeotermal Enerji ile Bölgesel Isıtma Yapılan Yerler

Isıtma Yapılan Bölge	Isıtılan Eşdeğer Konut	İşletmeye Alınış Yılı	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı(°C)
Balıkesir-Gönen	3400	1987	80
Kütahya-Simav	5000	1991	137
Kırşehir	1900	1994	57
Ankara-Kızılcahamam	2500	1995	70
İzmir-Balçova	15000	1996	137
Afyon	4600	1996	95
Nevşehir-Kozaklı	1300/3500	1996	90
İzmir-Narlıdere	1500	1998	125
Afyon-Sandıklı	6000/12000	1998	75
Ağrı-Diyadin	1900/5000	1999	70
Manisa-Salihli	5000/24000	2002	94
Denizli-Sarayköy	1900/5000	2002	95
Balıkesir –Edremit	4600/7500	2003	60
Balıkesir-Bigadiç	1950/3000	2005	96
Yozgat-Sarıkaya	600/2000	2007	60
Yozgat-Sorgun	1500	2008	80
Yozgat-Yerköy	500/3000	2009	65
İzmir-Bergama	7850/10000	2009	60

Kaynak: TMMOB, 2012: 173.

Tablo 7’ye bakıldığında Türkiye’de Ege Bölgesi’nin jeotermal kaynak bakımından diğer bölgelere kıyasla daha zengin olduğu görülmektedir. Türkiye jeotermal enerji kaynağından çoğunlukla ısıtma ve kaplıca amaçlı yararlanmaktadır. Tablo bölgesel olarak ısıtma amaçlı kullanılan yerleri, yılı ve enerjinin akışkan sıcaklık derecesini göstermektedir. Isıtma amaçlı işletmeye alınan en eski alan Balıkesir-Gönen’dir, yakın dönemde işletmeye alınan alanlar ise Yozgat-Sarıkaya-Sorgun-Yerköy ve İzmir-Bergama’dır. Ege Bölgesi’nde ve Marmara’da ısıtma amaçlı daha fazla yararlanılmakta olup İç Anadolu ve Doğu Anadolu’da daha az bir oranda bu amaçla kullanım mevcuttur.

Tablo 8. Türkiye Elektrik Üretim Projelerinin Olduğu Jeotermal Saha Sıcaklıkları (2012)

Saha adı	Sıcaklık (°C)	Saha adı	Sıcaklık (°C)
Manisa-Alaşehir-Köseali	287	Kütahya-Simav	162
Manisa Alaşehir X	265	Aydın-Umurlu	155
Manisa-Salihli-Caferbey	249	İzmir-Seferhisar	153
Denizli-Kızıldere	242	Denizli-Bölmekaya	147
Aydın-Germencik-Ömerbeyli	239	Aydın-Hıdırbeyli	146
Manisa-Alaşehir-Kurudere	214	İzmir-Dikili-Hanımınçiftliği	145
Manisa-Alaşehir-X	194	Aydın-Sultanhisar	145
Aydın-Yılmazköy	192	Aydın-Bozyurt	140
Aydın-Pamukören	188	Denizli-Karataş	137
Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere	188	İzmir-Balçova	136
Manisa-Salihli-Göbekli	182	İzmir-Dikili-Kaynarca	130
Kütahya-Şaphane	181	Aydın-Nazilli-Güzelköy	127
Çanakkale-Tuzla	174	Aydın-Atça	124
Aydın-Salavath	171	Manisa-Salihli-Kurşunlu	117
Denizli-Tekkehamam	168	Denizli- Sarayköy-Gerali	114

Kaynak: TMMOB, 2012: 172.

Şekil 9, Tablo 7 ve Tablo 8 genel olarak değerlendirildiğinde Ege Bölgesi jeotermal enerji potansiyeli bakımından oldukça değerli bir bölge olduğu söylenebilir. Tablo 8’de elektrik enerjisi sağlama amaçlı gerçekleştirilen projelerin yoğun olarak Ege Bölgesinde faaliyet alanı bulunduğu görülmektedir. Jeotermal enerji kaynağına yakınlık açısından yatırımlar uygun alanlara yönelik olarak yapılmıştır.

Türkiye jeotermal enerji kaynağı açısından zengin olmasına rağmen elektrik amaçlı jeotermal enerjiden çok düşük seviyelerde yararlanmaktadır. Gelişmekte olan bir ülke olarak hem konut tüketiminde hem sanayi tüketiminde önemli bir elektrik enerjisi talebi söz konusudur. Gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlar bakımından elektrik enerjisine olan

talep gittikçe artış göstermektedir. Dolayısıyla öncelikli ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak kaynakların, bu ihtiyaçlara yönelik uygun teknolojilerle kullanımı sağlanmalıdır.

2.3.2. Jeotermal enerjide maliyetler

Jeotermal santrallerde performansı gösteren en önemli değişken, birim elektriksel güç başına enerji maliyetidir. Jeotermal enerjinin maliyeti jeotermal alanın özelliklerine ve uygulamaların türüne bağlıdır. Elektrik üretim maliyetleri, kuyu açma maliyetlerine ve ülkeler arası farklılık gösteren bireysel kuyu üretimlerine oldukça duyarlıdır. Doğrudan ısıtma uygulamalarında üretim maliyetlerini, rezervuarın karakteristik özellikleri (derinlik, sıcaklık, debi), yerel iklim şartları, yerel ısı talepleri ve ısı tüketiminin tipi (büyük bölgesel ısıtma sistemleri, bireysel ısıtma veya soğutma, jeotermal ısı pompası uygulamaları, diğer kullanımlar) etkileyen önemli faktörlerdir (Dağdaş, 2005: 84).

Jeotermal enerji için ilk yatırım maliyeti 2.500 \$/KWh, üretim maliyeti ise 3-4 cent/KWh'tir (Ertuğrul ve Kurt, 2009: 39; Yelmen ve Çakır, 2011: 254).

2.4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

2.4.1. Türkiye’nin biyokütle potansiyeli

Türkiye’nin orman alanı %27’dir ve bu oran 20,7 milyon hektar alana karşılık gelmektedir. Orman alanlarının tamamı verimli bir orman niteliği taşımamaktadır. Ürün alınabilen orman alanı 9,9 milyon hektar alan (%48)’dir. 10,8 milyon hektar (%52) ormanlık alan ise düşük verimli ormanlardan veya verimsiz, bozuk, makilik ve çalılıklardan oluşmaktadır. Türkiye’nin orman varlığının %31’ine tekabül eden 6,4 milyon hektarlık alan baltalık orman alanıdır (Karayılmazlar, 2011: 68).

Türkiye’nin orman kaynaklı toplam atık miktarı 4.800,000 ton (1,5 MTEP), kurulabilecek gazlaştırma tesisi kapasitesi 600 MW, toplam tarımsal kullanılabilir atık miktarı ise 15.336,035 tondur (YEGM).

2.4.1.1. Biyoetanol üretimi

Hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılan alternatif bir yakıttır.

Ulaşım sektöründe yaygın kullanılan etanol aynı zamanda, ısı ve elektrik santrallerinde, kojenerasyon uygulamalarında, ev aletlerinin çalıştırılmasında ve kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Fosil yakıtlara kıyasla çevreye daha az zarar vermektedir (TÇV, 2006: 143-144).

Tablo 9. Türkiye’de Biyoetanol Mevcut Durum

Tesis sayısı	3 adet
Kurulu kapasite	149,5 milyon lt (0,15 milyar lt)
2010 yılı üretimi	30 milyon lt’den az
Mevzuat	Benzinle harmanlanan %2’lik dilim ÖTV’den muaf 2013’te %2, 2014’te %3 kullanım zorunluluğu olacak

Kaynak: TMMOB, 2012: 190.

149,5 milyon lt biyoetanol Türkiye’nin benzin tüketiminin %6,5’ine eşittir. Mevcut kurulu kapasite kullanılmamakla birlikte biyoetanol pazarında daha istikrarlı bir süreç işlemiştir.

2.4.1.2. Biyodizel üretimi

Kanola, ayçiçeği, aspir, soya, pamuk gibi yağlı tohum bitkilerinden sağlanan bitkisel yağların katalizör aracılığıyla kısa zincirli bir alkol ile tepkimesi sonucunda üretilen motorine eşdeğer bir yakıttır. Biyodizel Türkiye’de ilk olarak Bursa’da TTGV projesiyle desteklenerek 2000’li yılların başlarında kurulan bir firma da üretilmiştir (TÇV, 2006: 136-140).

Türkiye’de 36 lisanslı tesis olmasına rağmen sadece 1 tesis üretim yapmaktadır. Firma tüm yurttan aspir ve kanola sözleşmeli tarımı yaparak hammadde temin etmektedir. Yerli hammadde ile üretilen biyodizelin %2’lik harmanlama dilimi ÖTV’den muafken ithal hammadde ile üretilen biyodizele 0,91 TL/lit ÖTV uygulanmaktadır. İthal hammadde ile üretilen biyodizelin Türkiye’ye hiçbir katma değeri söz konusu değildir. Dolayısıyla yerli hammadde ile yapılması Türkiye’nin yerel ekonomisini desteklemesi açısından oldukça önemlidir (TMMOB, 2012: 190).

Tablo 10. Türkiye’de Biyodizel Mevcut Durum

Tesis	36 lisanslı (üretim yapan 1 tesis)
Kurulu kapasite	1 milyar lt
2010 yılı üretimi	9,5 milyon lt
Mevzuat	Benzinle harmanlanan %2’lik dilim ÖTV’den muaf 2013’te %1, 2014’te %2, 2015’te %3 kullanım zorunluluğu olacak

Kaynak: TMMOB, 2012: 190.

2.4.1.3. Biyogaz üretimi

Biyogaz, organik maddelerin (gübre, çöp, bitkiler, yemek artığı, kimyasal atıklar vb.) oksijensiz ortamda biyokimyasal fermantasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması açığa çıkan yanıcı bir gaz karışımıdır (Buğutekin, 2007: 7).

Tablo 11. Türkiye’de Biyogaz Mevcut Durum

Tesis	27 (çoğu çöp ve atık su tesisi)
Kurulu kapasite	145,7 MW
2011 yılı üretimi	88,4 MW
Mevzuat	yerli ekipman katkı payı 13,3 \$cent/KWh (10yıl)

Kaynak : TMMOB, 2012: 190.

2.5. Türkiye’de Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, yenilenebilir enerji kaynaklarının girişini kolaylaştırmak doğrultusunda kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Çünkü hem bir enerji taşıyıcısı, hem de pek çok yenilenebilir kaynağın aralıklı olma özelliğini dengelemek için bir depolama aracıdır. Hidrojen enerjisi ile elektrik sektörüne ve ulaştırma sektörüne hizmet edilebilir (Aslan, 2007: 285).

2.5.1. Türkiye hidrojen enerjisi potansiyeli

Hidrojenin ısı ve patlama enerjisi yakıtı olarak kullanıldığı alanlarda temiz ve kolay olan bu enerjinin atmosfere bıraktığı ürün sadece su veya su buharıdır.

Türkiye’nin uzun kıyı şeridinde sahip olan Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış olarak hidrojen bulunmaktadır. Karadeniz’in suyunun %90’ı oksijensizdir ve H₂S içermektedir. 1000 metre derinlikte 8 ml.lt-1 olan H₂S konsantrasyonu, tabanda 13.5 ml.lt-1 düzeyine ulaşmaktadır. H₂S’den hidrojen üretimi konusunda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Ayrıca güneş ve rüzgâr enerjisinden faydalanılarak, Karadeniz’in H₂S içeren suyundan hidrojen üretimi için çalışmalar yapılmıştır (TÇV, 2006: 183-184).

Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi’nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında, 21 Ekim 2003 tarihinde Viyana’da imzalanmıştır (YEGM).

Merkez tarafından Türkiye için hidrojen enerjisinin değişik kaynaklardan temin edilmesi öngörülmüştür. Buna göre hidrojenin Kuzey Anadolu’da Karadeniz’deki hidrojen sülfür’den, Batı Anadolu’da (Çanakkale- İzmir hattında) rüzgâr enerjisinden, Doğu Anadolu’da hidroelektrik potansiyelinden, Güneydoğu Anadolu’da güneş enerjisinden ve linyit kömürü rezervi olan Yatağan ile Afşin-Elbistan bölgelerinde kömürden elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu kaynaklardan üretilen hidrojenin

de yakıt olarak mevcut doğalgaz ağı kullanımı ile hem ülke içinde hem de Avrupa'ya dağıtımının yapılması öngörülmüştür (TÇV, 2006: 183).

Türkiye'de hidrojen enerjisine yönelik pratikte uygulamalara geçişmiş olmasına rağmen halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Mevcut olan teknolojiler itibariyle hidrojenin üretimi ve kullanılan araçların maliyeti diğer geleneksel sistemlere göre daha yüksektir.

2.5.2. Hidrojen enerjisi maliyeti

Üretilmiş olan hidrojen boru hatları veya tankerler vasıtasıyla uzun mesafelere taşınabilir. Diğer yakıtlara kıyasla hidrojen pahalı olmasına rağmen uzun dönemde teknolojik ilerlemelerle enerji kullanımında önemli rol oynayabilecek yenilenebilir enerji kaynağıdır. Pazarın bölgesine ve boyutuna bağlı olarak hidrojenin kg başına maliyeti 2,35-7\$ arasındadır ve bu maliyet rölatiftir. Hidrojen çağına adım atılmasıyla birlikte bu maliyetin hızla düşeceği öngörülmektedir. Çevre dostu olması ve yüksek kullanım verimliliği dikkate alındığında solar hidrojen enerji sistemleri en düşük etkin maliyete sahiptir (Şahin, 2009: 2).

2.6. Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisi

Türkiye su gücü bakımından Avrupa ülkeleri arasında önemli bir yerdedir. Hidrolik enerjinin yerli ve yenilenebilir olması, çevre dostu olması, işletme ve bakım masraflarının azlığı gibi avantajları hidrolik enerjisini çekici hale getirmektedir (Demircioğlu, 2003: 89).

2.6.1. Türkiye hidrolik potansiyeli

Türkiye'nin ortalama yükseltisi 1.131 metredir ve 1000 m'den yüksek alanlar toplam yüzeyin %55,5'ini kaplamaktadır. Türkiye'nin arazisinin %64'ünün eğimi %12'nin üzerindedir. Ortalama yüksekliği bir kilometrenin üstünde olan Türkiye'de akarsu eğimleri de fazladır. Bu bakımdan Türkiye hidroelektrik enerjisi üretiminde avantajlı

konumdadır. Hidroelektrik santrallerinin işletme, çevre ve stratejik açılardan da avantajları bulunmaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu bu avantajlar hidroelektrik enerjisine yönelik santrallerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (DEK-TMK, 2010: 73.)

Türkiye'nin önemli birincil kaynaklarından biri olan hidrolik potansiyeli, ortalama yağışlı bir yıl için yaklaşık 130 milyar KWh'tır. Bu potansiyel 11 havza da toplanmıştır. Toplam potansiyelin %45'ini Fırat ve Dicle Havzası sahiptir (EUAŞ, 2011: 21).

2.6.1.1. Teknik potansiyel

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır. Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh, teknik potansiyeli ise 216 milyar KWh'dır.

Tablo 12. Türkiye'de GAP Projesi Kapsamında Üretilen ve Gelecekte Üretilecek Olan Hidroelektrik Enerji Miktarlarının Potansiyel Üretimi

Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Potansiyel (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran(%)
İşletmede	267	15.660	54.000	36
İnşaat halinde	210	8.000	28.000	18
Henüz başlamayan	1.050	20.000	70.000	46
Toplam	1.527	43.660	152.000	100

Kaynak : DSİ, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari> (Erişim Tarihi: 12.05.2012).

Tablo 12'deki veriler tüzel kişiler tarafından geliştirilen HES projeleri hariç tutularak, GAP projesi kapsamında bugün üretilen ve gelecekte üretilecek olan hidroelektrik enerji miktarlarının Türkiye için potansiyel üretim oranları hesaplanmıştır. GAP projesi kapsamında hidroelektrik enerji santrallerine yönelik yapılan yatırımlarda Türkiye

gelişim göstermektedir. Gelecekte yapılması planlanan projeler planlandığı gibi gerçekleştirilirse, hesaplanan enerji üretim miktarlarına göre Türkiye hidroelektrik enerjisi üretiminde önemli mesafe kat edecektir.

Tablo13. Türkiye’de Hidroelektrik Üretiminin Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payı

Yıllar	Toplam Elektrik Üretimi (GWh)	Hidrolik Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Üretim Payı (%)
2001	122.725	24.010	19,6
2002	129.400	33.684	26
2003	140.581	35.330	25,1
2004	150.698	46.084	30,6
2005	161.956	39.561	24,4
2006	176.300	44.244	25,1
2007	191.558	35.851	18,7
2008	198.418	33.270	16,8
2009	194.112	35.558	18,3
2010	210.120	51.795	24,7
2011	228.431	52.078	22,8

Kaynak: TMMOB, 2012: 157.

Tablo 13’e göre hidroelektrik üretiminin toplam elektrik üretimi içindeki payı yıllar itibariyle dalgalanma göstermiştir. Türkiye’de toplam elektrik üretimi içinde hidrolik enerjisinin payı yaklaşık %23’tür.

2.6.1.2. Hidroelektrik santrallerinin yatırım maliyeti

Hidroelektrik santrallerinden elde edilecek enerji ile kurulu güç, projenin planlanması sürecinde hesaplanmaktadır. Her projede sabit yatırım miktarı; kapasite, debi, düşü, yapılabirlik zorluğu, Elektro Mekanik Teçhizatın menşei gibi değişkenlere göre farklılık göstermektedir (Atış vd., 2010: 10). Hidroelektrik enerjisi ilk yatırım maliyeti 1.250 \$/KWh, üretim maliyeti ise 0,5-2 cent/KWh’tir (Ertuğrul ve Kurt, 2009: 40;

Yelmen ve Çakır, 2011: 254). İlk yatırım, bakım ve işletme maliyetleri ile birlikte diğer alternatiflerle karşılaştırıldığında hidroelektrik santrallerine yapılan yatırımın ekonomik olduğu söylenebilir.

2.6.2. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)

Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli ülke geneline eşit olarak dağılmamıştır. Fırat ve Dicle Havzası hidroelektrik potansiyeli bakımından avantajlı bir bölgedir. 2005 yılında üretilen hidroelektrik enerjinin %47'sinin sadece Keban, Karakaya ve Atatürk barajlarından üretilmiştir. Bu açıdan Fırat Havzası'nın hidroelektrik üretim potansiyeli Türkiye açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Fırat üzerindeki bu potansiyelin geliştirilmesi aşamasında ortaya çıkan engellerin Türkiye'nin ekonomik ve stratejik geleceği dolayısıyla aşılması oldukça önemlidir (DEK-TMK, 2010: 74).

GAP projesi Türkiye'nin hidrolik gücünün kullanımı için önemli bir potansiyeldir. 3 milyon hektar tarım arazisi ile GAP projesi dünyanın en geniş güç üretme, sulama ve geliştirme projesi bakımından oldukça önemlidir. 3 milyon hektar tarım arazisi Türkiye'nin ekilebilir alanının %10'undan fazladır. Fırat ve Dicle üzerinde yer alan GAP projesi 22 baraj ve 19 hidrolik güç tesisini kapsamaktadır. 27 milyar KWh elektrik gücüne sahiptir. Dünyanın en geniş hacimli altıncı barajı Atatürk Barajı'dır ve elektrik enerji üretiminin ortalama değeri 8,5 milyar KWh/yıldır. Fırat Nehri 5304 MW kurulum kapasitelidir. 20 milyar KWh elektrik enerjisi üretir. Dicle Nehri ise 2172 MW donanım kapasitelidir ve 7 milyar KWh elektrik enerjisi üretir (Haskök, 2005: 33).

2.7. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerjide Konumu

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bazılarının elde edilmesi diğerlerine göre daha zordur. Örneğin güneş enerjisi dünyada çoğu ülkede oldukça yoğun bulunmaktadır. Fakat jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiştir ve dünyanın her yerine eşit bir şekilde dağılmamıştır. Bu bakımdan enerji kaynağının temel yapısı, özellikleri ve ülkelerin jeolojik özellikleri dikkate alınarak bir ön hazırlık yapılması gerekmektedir. Örneğin; Antartika güneş enerjisi elde etme açısından uygun bir yer

değildir. Buraya yapılan bir güneş enerjisi kolektör yatırımı beklentileri karşılaması mümkün değildir. Dolayısıyla enerji kaynaklarının özelliklerine bağlı olarak ülkelerin özellikleri doğru bir şekilde değerlendirilmelidir.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından avantajlı konumdadır. Bulunulan coğrafi kuşak yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasını zorunlu kılacak düzeyde zengindir. Örneğin; güneş enerjisinin elde edilmesinde dikkat edilecek bir husus güneşlenme gün sayısıdır. Bu açıdan Türkiye'nin güneyi ve batısı güneşlenme gün sayısı bakımından oldukça yüksektir. Güney Doğu Anadolu bölgesi yazları sıcak ve kurak bir iklime sahiptir. Önemli derecede ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi aynı zamanda en fazla soğutma ihtiyacı duyan bölgedir. Bu doğrultu da soğutma amaçlı kullanılan sistemlerin hem kaynağı güneş enerjili hem de bu sistemlerde kullanılacak kaynağın yerel olması sağlanmalıdır. Aynı zamanda hidroelektrik enerjisinin elde edilmesinde de önemli bir katkısı olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin hem güneş hem hidroelektrik enerjisi bakımından yararlanılması gereken bölgelerindedir.

Ege ve Marmara Bölgeleri rüzgâr enerjisinin sağlanmasında kayda değer bir potansiyele sahiptir. Ayrıca Ege Bölgesi doğal su kaynakları yönünden de zengindir. Karadeniz Bölgesi'nin tabanı hidrojen elde edilmesi için en uygun şartlara sahip olan bir yapıdadır. Ayrıca hidrojenin diğer enerji kaynakları vasıtasıyla da elde edilmesi bu enerji kaynağına erişimi kolaylaştırmaktadır.

Enerji kaynaklarına erişim enerjinin maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Göz ardı edilmemesi gereken bir husus enerji kaynağının bol miktarda olması, enerjinin çok ucuz olacağı anlamına gelmemektedir. Tek başına bir enerji kaynağının varlığı çok fazla bir şey ifade etmemektedir. Enerjiyi kullanılabilir duruma getirmek de önemli bir maliyet yüklemektedir. Bu maliyet enerjiye ulaşımında yardımcı olacak teknolojik araç-gereçlerinde en uygun şekilde var olmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye bu teknoloji çağında AR-GE çalışmaları ile gerekli yatırımları destekleyerek maliyetlerini düşürebilir.

Üçüncü Bölüm

Türkiye'nin Enerji Sektöründe Dışa Bağımlılığı ve Yenilenebilir Enerji

1. Fosil Yakıtlar

1.1. Türkiye'de Kömür Rezervi ve Üretimi

Türkiye 515 milyon tonu görünür olmak üzere, yaklaşık 1,3 milyar ton taşkömürü (kömür) ve 10,8 milyar tonu görünür rezerv niteliğinde toplam 11,8 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Bu miktar dünyada kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervlerinin %1,5'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de linyit rezervleri ise dünya linyit rezervinin %6'sı kadardır. 2011 yılında 70 milyon ton linyit, 2,6 milyon ton taşkömürü ve yaklaşık 1,2 milyon ton asfaltit olmak üzere yaklaşık 73,8 milyon ton kömür üretilmiştir (ETKB, 2012: 12-14).

1.1.1. İthalat ve tüketim

Türkiye'de 1980'li yıllardan önce düşük düzeylerde seyreden kömür ithalatı 1990'lı yıllarda 10 milyon tonun, 2000'li yıllarda ise 20 milyon tonun üzerine çıkmıştır. 2011 yılına gelindiğinde ise toplam kömür ithalatı yaklaşık 24 milyon tona ulaşmıştır. İthalatın yaklaşık %60'ı Rusya Federasyonu ve Kolombiya'dan yapılmıştır. Ardından ABD ve Güney Afrika Cumhuriyeti gelmektedir (ETKB, 2012: 16).

Türkiye'nin 2010 yılı taşkömürü arzının yaklaşık %30'luk kısmı elektrik üretimi ve %29'luk kısmı ısınma amaçlı tüketilmiştir. Kalan %40'luk bölüm ise kok fabrikaları ve diğer sanayi arasında neredeyse eşit olarak paylaşılmıştır. Linyit arzının ise %80'lik bölümü elektrik üretimi amaçlı kullanılmıştır. Sanayi amaçlı tüketim %7,5 ve ısınma amaçlı tüketim %8,6 düzeyindedir. Asfaltitlerin %45'i elektrik üretimi ve %46'sı ısınma amaçlı tüketilmiş, kalan kısmı ise sanayi amaçlı kullanılmıştır. Türkiye'nin 2011 sonu itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü 12.356 MW olup toplam kurulu gücün

yaklaşık %23'üne karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç ise 8.855 MW düzeyindedir. 2011 yılında kömüre dayalı santrallerden toplam 66,2 TWh brüt elektrik üretilmiş olup toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %28,8'dir. Bu miktarın 43,4 TWh kısmı yerli kömüre aittir. Yerli kömürün toplam brüt elektrik üretimindeki payı %18,9'dur (ETKB, 2012: 16-17).

Yerli kömüre dayalı santral yatırımları konusunda beklenen gelişme sağlanamamasıyla birlikte ithal kömüre dayalı santral kapasitesi de giderek artış göstermektedir. Türkiye'nin elektrik sisteminde 2000 yılına kadar ithal kömür santrali mevcut bulunmazken 2011 sonu itibariyle santrallerin kurulu güç kapasitesi 3.820 MW düzeyine ulaşmıştır (ETKB, 2012: 19).

Türkiye elektrik üretimine dayalı kurulu santrallerini 2000 yılından sonra ithal kaynaklı santral kurulumlarına yönlendirmiştir. Mevcut gelişmeler, ithal kömür santral yatırımlarının önümüzdeki yıllarda da artarak süreceğini göstermektedir. Kurulu santrallere ithal kaynaklı ek kurulumların artma eğilimi Türkiye'nin daha fazla dışa bağımlı olmasına neden olmaktadır.

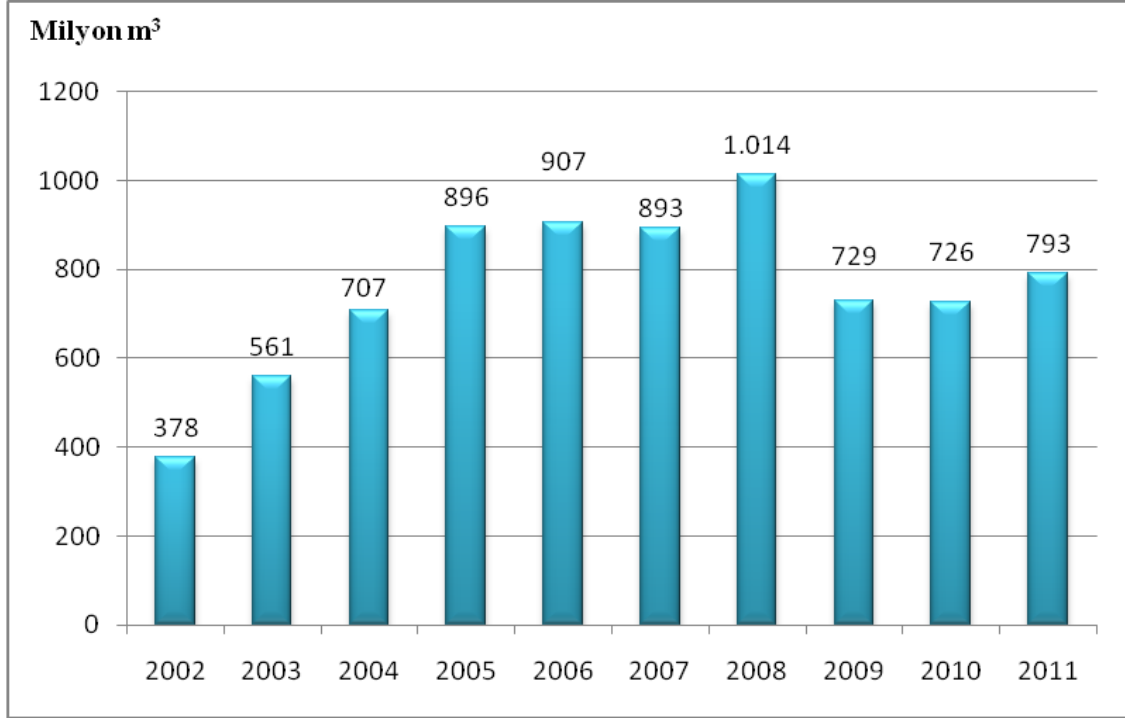
Dünya kömür fiyatları, 2003 yılı sonrası tırmanışa geçmiştir. 2011 yılı itibariyle koklaşabilir kömür fiyatları ton başına 200 doların ve buhar kömürü fiyatları ise 120 doların üzerine çıkmıştır. 2002-2011 yılları arasındaki artış oranı, buhar kömüründe %300'leri ve koklaşabilir kömürde ise %450'leri bulmaktadır (ETKB, 2012: 9). Türkiye'de kömürün yatırım ve üretim maliyetlerine bakıldığında, kömürün yatırım maliyeti 1.400-1.600 \$/KWh, üretim maliyeti ise 2,5-3 cent/KWh'tir (Yelmen ve Çakır, 2011: 254).

1.2. Türkiye'de Doğalgaz

1.2.1. Üretim, rezerv ve tüketim

2002 yılından itibaren TPAO tarafından kurulan ortaklıklarla Trakya'da yeni doğal gaz keşifleri gerçekleştirilmiştir. Yeni keşifler ve eski sahalarda açılan yeni üretim

kuyularının devreye girmesi ile birlikte 2001 yılında düşen doğal gaz üretimi tekrar yükselişe geçmiş ve 2008 yılında 1.014 milyon m³ üretim ile tarihin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2011 yılında ise toplam 793 milyon m³ doğal gaz üretilmiş ve günümüze kadar toplam 12,8 milyar m³ doğalgaz üretimi gerçekleştirilmiştir (TPAO, 2012: 12-13).



Şekil 10. Yıllar İtibariyle Türkiye Doğal Gaz Üretimi

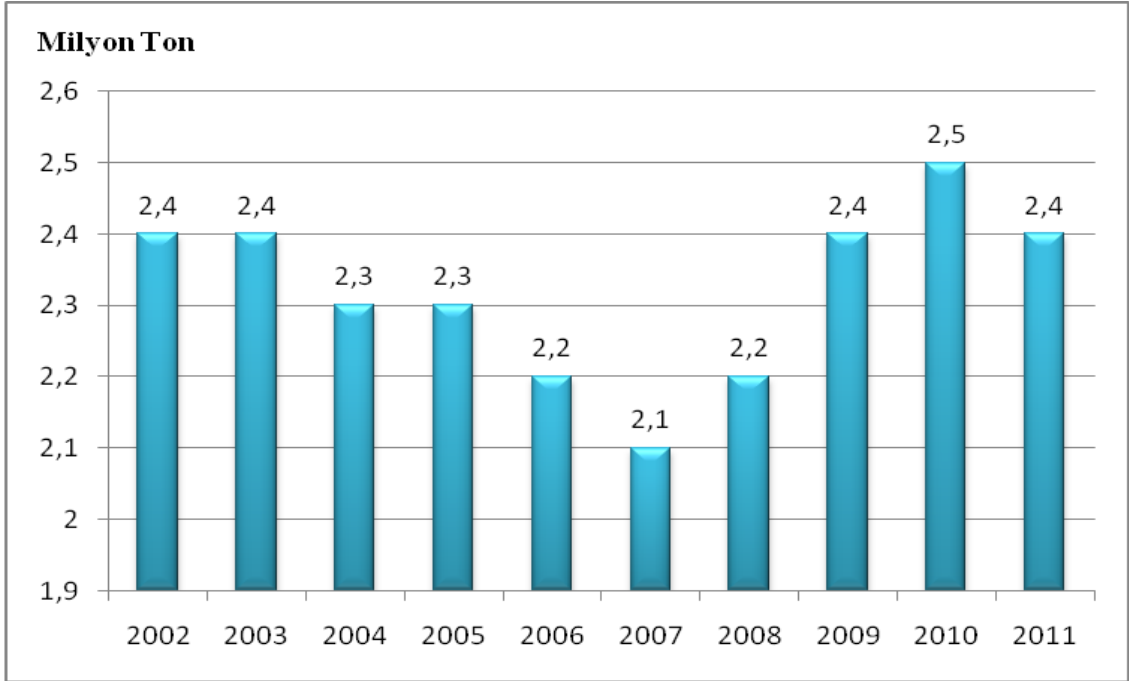
Kaynak: TPAO, 2012: 13.

Şekil 10'a göre Türkiye'nin doğal gaz üretimi 2002-2006 yılları arasında artış göstermiştir. 2008 yılında en yüksek düzeyine ulaşan doğal gaz üretimi 2010 yılına kadar düşüş göstermiş ve 2011 yılında artarak 793 milyon m³'e ulaşmıştır. Doğal gazın yatırım maliyeti 600-700 \$/KWh, üretim maliyeti ise 3 cent/KWh'tir (Yelmen ve Çakır, 2011: 254).

1.3. Türkiye’de Petrol

1.3.1. Üretim, rezerv ve tüketim

2011 yılında toplam 2,4 milyon ton petrol üretilmiş olup, günümüze kadar toplam 137,9 milyon ton petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de yeni petrol sahalarının bulunmasıyla ve ikincil üretim yöntemlerinin geliştirilmesi sayesinde üretim düşüşünün önüne geçilmiştir. Fakat 2010 yılında yükselmiş olan üretim, 2011 yılına gelindiğinde 2010 yılına kıyasla %5,1 düşmüştür (TPAO, 2012: 12).



Şekil 11. Yıllar İtibariyle Türkiye Ham Petrol Üretimi

Kaynak: TPAO, 2012:13.

Türkiye’de 2011 yılı yurtiçi üretilebilir petrol rezervi 310,4 milyon (45,43 milyon ton) varildir. 2011 yılında ham petrol talebinin %9,5’i yerli üretimle karşılanmıştır (TPAO, 2012: 13-14). Türkiye’de petrolün yatırım maliyeti 1.500-2.000 \$/KWh, üretim maliyeti ise 6 cent/KWh’tır (Yelmen ve Çakır, 2011: 254).

2. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü İklim Değişikliği Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi ile bağlantılı bir uluslararası anlaşmadır. Kyoto protokolünün en önemli özelliği bu anlaşmayı imzalayan ülkelerin 2008-2012 beş yıllık periyotta 1990'daki sera gazı emisyon seviyesinin %5 altına düşürmeyi öngörmeleridir. Bu genel hedefe ulaşmak için taraf ülkeler, müzakereler sonucunda farklı oranlarda azaltım yükümlülükleri almışlardır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), sözleşmeye taraf ülkeleri, sera gazı salımlarını azaltmaya, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını (örneğin ormanlar, okyanuslar, göller) korumaya teşvik etmektedir. Bununla birlikte sera gazı salımlarının azaltılması için, ülkelerin kalkınma önceliklerini ve özel koşullarını göz önüne alarak “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar” yüklemektedir⁵.

Türkiye Kyoto Protokolü'nü 2008 yılında kabul ederek 2009 yılında yasallaştırmıştır. Türkiye'nin, birinci taahhüt döneminde sayısallaştırılmış salım sınırlandırma ve azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır.

Türkiye'de, kişi başına düşen sera gazı salım miktarı 5,09 ton'dur. 1990–2009 yılları arasında salım artış oranı % 96 olmuştur. Sektörler arasında tarım sektörü, hem toplam salım miktarı, hem değişim oranı açısından azalma gözlenen tek sektördür. En fazla artış oranı ise atık ve enerji sektöründe gerçekleşmiştir. Türkiye, 1990-2007 yılları arasında uyguladığı önlemlerle, sera gazı salımı artışının %20 oranında daha az gerçekleşmesini sağlamıştır. Türkiye, yaşanan ekonomik büyüme ve nüfus artışı ile birlikte artan enerji talebinin karşılanması için enerji arzını artırmaya yönelik çalışmaları yürütürken, özellikle enerji verimliliği, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji konularına ilişkin yasaları yürürlüğe koymuştur⁶.

⁵ <http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs-ve-kyoto-protokolu-.tr.mfa> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

⁶ <http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs-ve-kyoto-protokolu-.tr.mfa> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikli dünyadaki ekosistemi ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzluklara karşı verilecek mücadele hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin büyüme stratejilerini, enerji politikalarını, sağlık ve tarımla ilgili programlarını, su kaynaklarının kullanımını, gıda güvenliğini, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini doğrudan etkileyebilir ve bunların geliştirilmesinde belirleyici olabilir. Türkiye ise bu yaşanan olumsuz gelişmelere yönelik gelecek nesillere temiz bir çevre sunabilmek için, kalkınma hedeflerine zarar vermeyecek çalışma ve düzenlemeleri yapmakta, ikili işbirliğini geliştirmekte, bölgesel ve uluslararası çalışmalara etkin katılım sağlamaktadır ⁷.

Türkiye Kyoto Protokolü kapsamındaki uluslararası rejime katılacağı için, özel sektörde sera gazı salım azaltımı için yapılabilecek projeler daha kolay teşvik edilebilecek ve özellikle uzun vadede başta enerji güvenliği olmak üzere ülke ekonomisine katkı sağlanabilecektir ⁸.

AB sözleşme müzakerelerinden çok daha önce iklim değişikliğinin sorun olduğunun farkına varmış ve 1990 yılındaki Lüksemburg Çevre ve Enerji Konseyi kararıyla kendi içinde bir sera gazı salım hedefi belirleyerek daha erken ve güçlü bir konuma gelmiştir. AB Kyoto Protokolü'nde öngörülen salım seviyesi yükümlülüğüne sıkı sıkıya bağlıdır. Siyasi düzeyde alınan kararlar, araştırma ve geliştirme alanındaki çerçeve programları ve yenilenebilir enerji alanında kamu eliyle geliştirilen büyük çaplı projelerle desteklenmiştir. AB Kyoto Protokolü hedeflerine ulaşmak amacıyla Avrupa İklim Değişikliği Programı vasıtası ile değişik sektörlerde bazı önlemler belirlemiştir. Bu program yenilenebilir enerji alanında da bazı direktifler içermektedir. Bu direktifler 2010 itibariyle AB-25 bünyesinde elektrik enerjisinin %2'inin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi ve ulaştırmada kullanılan yakıtların, enerji içeriği itibarı ile %5,75 oranında biyokütle kaynaklarından karşılanmasını içermektedir ⁹.

⁷ <http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs-ve-kyoto-protokolu-.tr.mfa> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

⁸ <http://www.cevreonline.com/Avrupa/ABkyoto.htm> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

⁹ <http://www.cevreonline.com> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

Sanayi ve teknolojide alanında meydana gelen hızlı gelişme ile birlikte ekolojik denge de bozulmaya başlamıştır. Ülkelerin ekonomik gelişmelerinin tersine doğal kaynaklar bitme noktasına gelmiştir. Buna paralel olarak günümüz ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını en doğru kaynaklardan sağlama gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla ülkelerin sadece ekonomik büyüme odaklı bir enerji politikası belirlemesi ülkelerin sosyo-ekonomik gelecekleri açısından uygun değildir. Ekonomik büyümenin en etkin enerji kaynaklarıyla çevre dostu bir bakış açısıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Ülkelerin ekonomik büyümelerine yönelik belirleyecekleri politikaları, sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde oluşturması sürdürülebilir bir ekonomi için ön koşuldur. Aksi takdirde gelecekte daha büyük ekonomik, çevresel ve sosyal problemlerle başa çıkılması gerekecektir. Fosil yakıtlar yerine tercih edilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yanı sıra sürdürülebilir kalkınmaya da yardımcı olacaktır.

3. Türkiye’de Enerjinin Genel Durumu

Türkiye enerjide dışa bağımlı bir konumda ve gerekli olan enerjinin büyük bir kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Ekonomik gelişmeye paralel olarak Türkiye’de elektrik enerjisine olan talep artmaktadır. Türkiye’nin bu ihtiyacı karşılayabilecek doğal kaynakları olmasına rağmen, özellikle elektrik ihtiyacını fosil yakıtlardan temin etmektedir. Türkiye’nin enerji ihtiyacının önemli bir kısmını fosil yakıtlardan sağlaması, enerjide dışa bağımlılığını artırmaktadır.

Tablo 14. Türkiye’nin Elektrik Kurulu Gücünün Kaynaklara Göre Dağılımı (2011)

Enerji Kaynakları	(%)
Hidrolik	32,9
Doğalgaz	30,8
Yerli Kömür	15,8

İthal Kömür	6,4
Rüzgâr	3,1
Jeotermal	0,2
Diğer Yenilenebilir Kaynaklar	0,2
Diğerleri	10,6

Kaynak: ETKB.

Tablo 14'e bakıldığında Türkiye'de elektrik kurulu gücünde en yüksek payı hidrolik ve doğalgaz santralleri almaktadır. Fosil yakıtların (yerli ve ithal kömür, doğalgaz, diğerleri) Türkiye'de elektrik kurulu gücündeki payı %63,6 iken, yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidrolik, rüzgâr, jeotermal, diğer yenilenebilir kaynaklar) payı %36,4'dür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı neredeyse fosil kaynaklı enerjilerin yarısıdır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından avantajlı bir ülke olmasına rağmen enerji kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklarından daha az oranda yararlanmaktadır. Hidrolik enerjinin yüksek pay alması yenilenebilir enerji kaynaklarının farkına varıldığını göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde diğerlerine kıyasla önemli derecede yararlanılan kaynak hidrolik enerjidir.

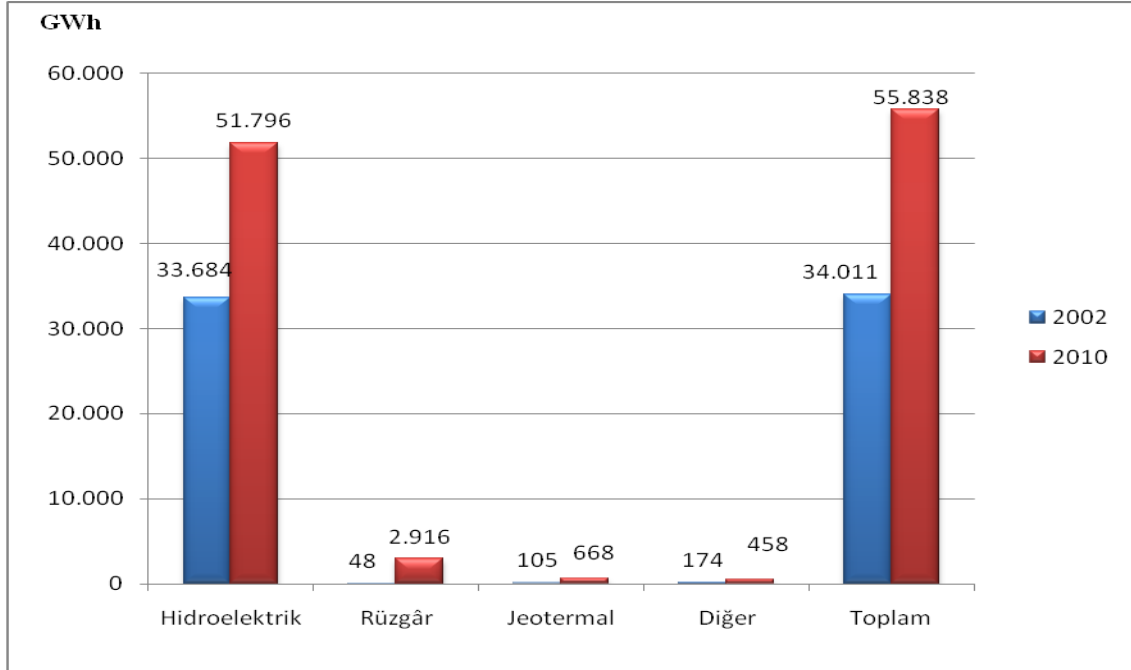
Tablo 15. Türkiye'de Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2011)

Enerji Kaynakları	(%)
Doğalgaz	43,8
Hidrolik	24
Yerli Kömür	17
İthal Kömür	9,6
Rüzgâr	2
Jeotermal	0,3

Diğer Yenilenebilir Kaynaklar	0,2
Diğerleri	3,1

Kaynak: ETKB.

Tablo 15'e göre Türkiye elektrik üretiminde en fazla doğalgaz kaynaklı enerjiden yararlanmaktadır. Görüldüğü gibi en az yararlanılan enerji kaynakları ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıtların üretimi (yerli ve ithal kömür, doğalgaz, diğerleri) %73,5 iken, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi (hidrolik, rüzgâr, jeotermal, diğer yenilenebilir kaynaklar) %26,5'tir. Türkiye'nin elektrik üretiminde fosil kaynaklı üretim yenilenebilir enerji kaynaklı üretimden yaklaşık üç kat daha fazladır. Türkiye elektrik enerjisi sağlamada daha temiz, sürekli ve güvenilir enerji kaynaklarını kullanmak yerine kullanım ömrü kısıtlı, çevre dostu olmayan, daha maliyetli enerji kaynaklarının üretimine ağırlık vermiştir.



Şekil 12. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi (2002-2010)

Kaynak: ETKB, 2011: 9.

2002 ve 2010 yılı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik elektrik üretim trendi değerlendirildiğinde Türkiye'nin enerji üretiminde de yenilenebilir kaynaklarının kullanımını arttırdığı söylenebilir. Türkiye artan enerji talebine bağlı olarak mevcut doğal kaynaklarını son yıllarda artan bir şekilde değerlendirmektedir. Hidrolik enerji Türkiye'de diğerlerine kıyasla daha fazla değerlendirmeye alınan yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır.

Tablo 16. 2001-2010 yılları Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi

Yıllar	Enerji Talebi (GWh)	Artış (%)
2001	126.871	-1,1
2002	132.553	4,5
2003	141.151	6,5
2004	150.018	6,3
2005	160.794	7,2
2006	174.632	8,6
2007	190.000	8,8
2008	198.085	4,2
2009	194.079	-2,0
2010	210.434	8,4

Kaynak: TEİAŞ (2011-2020 kapasite projeksiyonu), 2011: 4.

Türkiye elektrik enerjisi brüt tüketimi (Türkiye brüt üretimi+dış alım-dış satım) 2001-2007 döneminde artış göstermiştir. Bu artış, 2008 yılında meydana gelen Küresel Mali Kriz nedeniyle düşüş göstererek 198,1 milyar KWh olmuştur. 2009 yılında 194,1 milyar KWh olan enerji talebi, 2010 yılında 210,4 milyar KWh olmuştur. Enerji talebi 2008 yılının etkisiyle kayda değer bir düşüş göstermesine rağmen, 2010 yılında yeniden artış eğilimine geçmiştir.

Dünya ölçeğinde değerlendirildiğinde Türkiye yüzölçümü ve nüfusu bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. 74,8 milyonu aşkın nüfusa ve 2011 verileriyle GSYİH 772.298 milyar dolardır (cari fiyatlarla 1.294,892 milyar TL). Kişi başına düşen milli gelir ise 10.444 dolardır. 2008'in sonuna doğru yaşanan krizin enerji üzerindeki etkisi 2009 yılında ortaya çıkmıştır. Elektrik üretimi 2011 yılında, 2010 yılına göre %8,78 artarak 228.431 milyar KWh'a, tüketim ise %8,19 artarak 229.344 milyar KWh'a ulaşmıştır (TMMOB, 2012: 1).

Tablo 17. Kişi Başına Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi (2011)

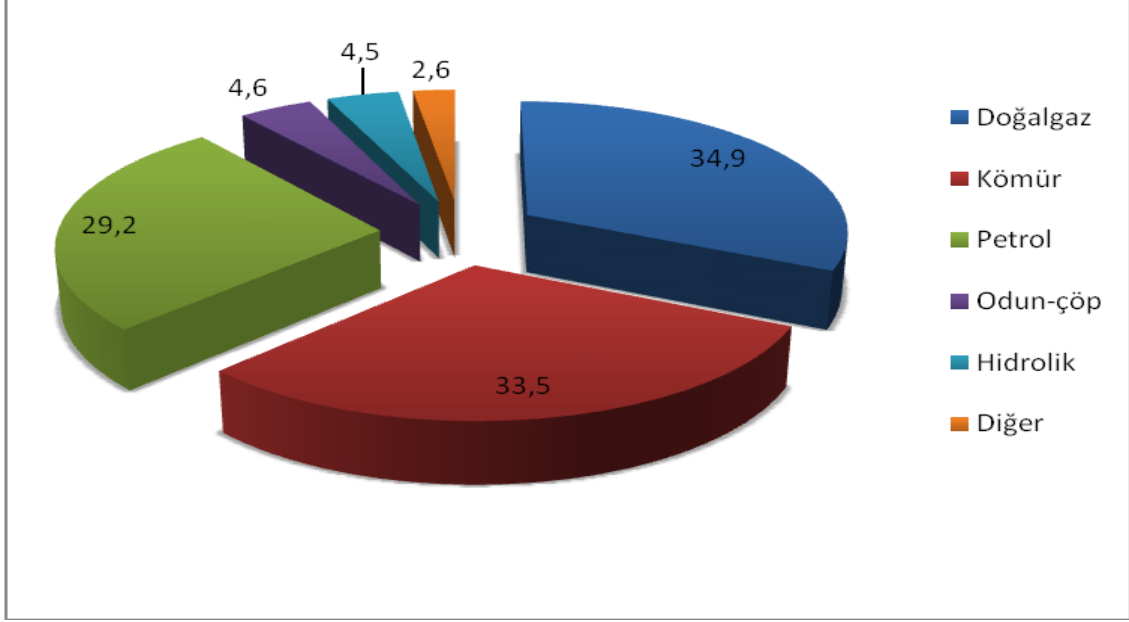
Ülkeler	Kişi Başına Enerji Tüketim (KWh)
Dünya Ortalaması	2.500
Gelişmiş Ülkeler Ortalaması	8.900
ABD	12.322
Türkiye	3.099

Kaynak: TMMOB, 2012: 1.

Elektrik enerjisi başta olmak üzere, enerji insan ihtiyaçlarında birincil öneme sahiptir. Günlük yaşamda oldukça ihtiyaç duyulmasıyla ve özellikle sanayi sektöründe gelişen teknolojiyle birlikte elektriğe olan ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Tablo 17'ye göre kişi başına elektrik tüketiminin en fazla olduğu ülke ABD'dir. Dünya ortalamasının oldukça üzerindedir. Yüksek seviyelerdeki tüketimin en önemli unsurlarından birisi gelişmiş sanayi sektörüdür. Günlük yaşamda vazgeçilmez olan elektrik enerjisi sanayi sektöründe de en önemli girdi olarak değerlendirilebilir. Türkiye ise kişi başına elektrik enerjisi tüketiminde (3,099) ABD'nin tüketimiyle kıyaslandığında ABD'nin tüketimi (12,322) dört kat daha fazladır. Bu oran azımsanacak düzeyde değildir. Türkiye kişi başına elektrik enerjisi tüketimi açısından önemli bir tüketim potansiyeline sahiptir.

4. Türkiye’de Enerji Sektörü

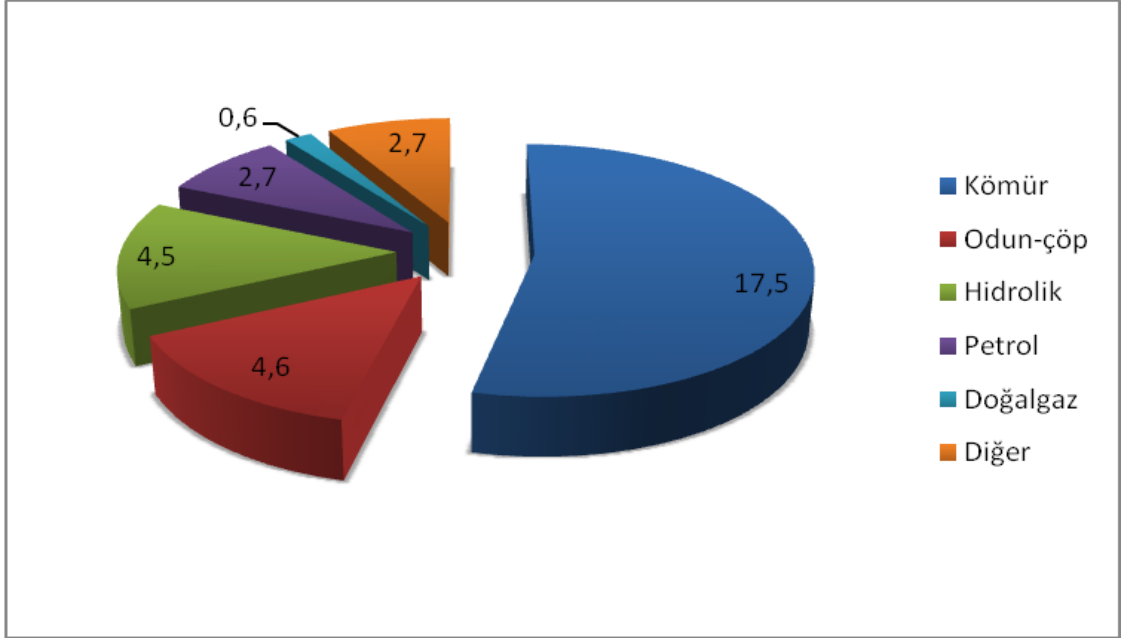
Türkiye’nin 2010 yılı sonu itibariyle toplam birincil enerji arzı 109,3 MTEP’dir.



Şekil 13. Türkiye’de Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Dağılımı (MTEP)

Kaynak: ETKB, 2012: 11.

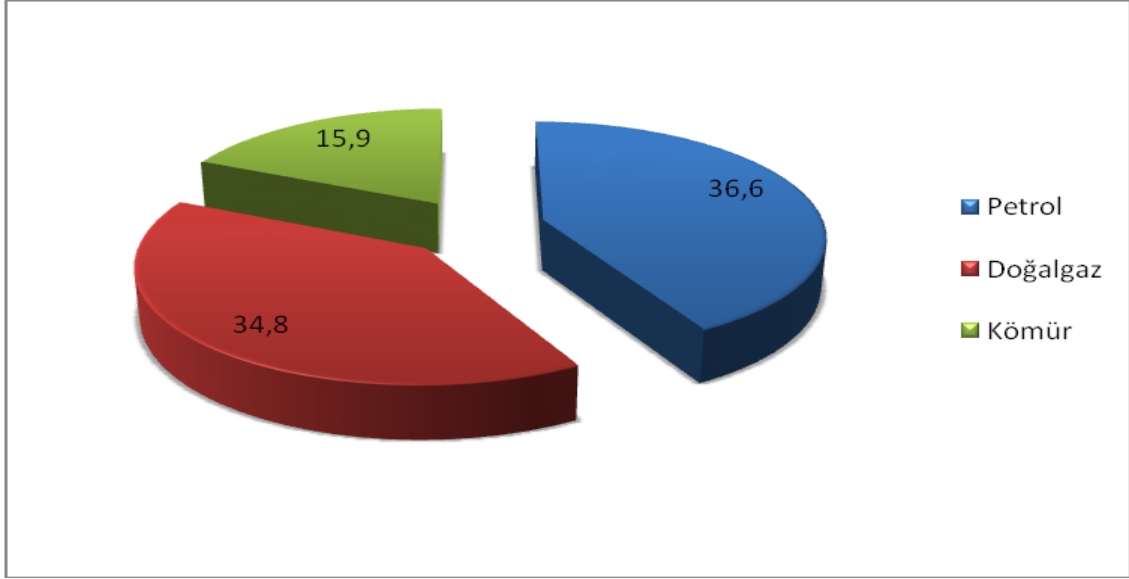
Şekil 13’e göre Türkiye’nin birincil enerji arzının kaynaklara dağılımında ilk sırada 34,9 MTEP ile doğalgaz yer almaktadır. Ardından kömür 33,5 MTEP, petrol 29,2 MTEP, odun, hayvan ve bitki artıkları 4,6 MTEP, hidrolik 4,5 MTEP, güneş, rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları ise 2,6 MTEP’dir. Oranlar göreceli olarak değerlendirildiğinde fosil yakıtların (doğalgaz, kömür ve petrol) arzında (97,6 MTEP) önemli bir paya sahip olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (11,7 MTEP) neredeyse 8 katı olduğu söylenebilir.



Şekil 14. Türkiye’de Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklara Dağılımı (MTEP)

Kaynak: ETKB, 2012: 12.

2010 sonu itibariyle Türkiye’nin birincil enerji üretimi 32,5 MTEP’dir. Yerli üretimin kaynaklara dağılımında, kömür 17,5 milyon TEP, odun, hayvan ve bitki artıkları 4,6 MTEP, hidrolik 4,5 MTEP, petrol 2,7 MTEP, doğalgaz 0,6 MTEP, jeotermal, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji 2,7 MTEP’dir. Türkiye’nin enerji üretiminde fosil yakıtlar 20,8 MTEP ile yenilenebilir enerji kaynaklarından (11,8 MTEP) yaklaşık iki kat fazladır.

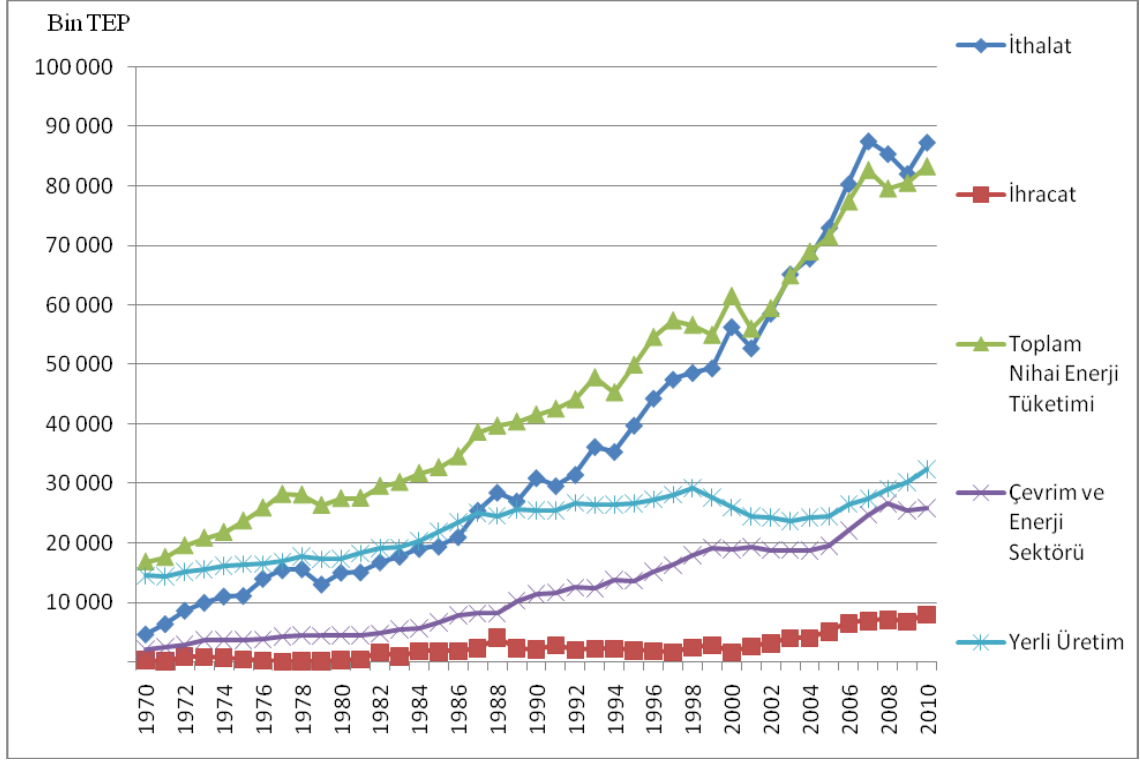


Şekil 15. Türkiye’de Birincil Enerji İthalatının Kaynaklara Dağılımı (MTEP)

Kaynak: ETKB, 2012: 12.

2010 sonu itibariyle Türkiye’nin enerji ithalatı 87,3 MTEP’dir. Şekil 15’e göre Türkiye’nin enerjide ithal kaynaklarını 36,6 milyon TEP ile petrol, 34,8 MTEP ile doğalgaz, 15,9 MTEP ile kömür oluşturmaktadır.

Genel olarak şekil 13, 14 ve 15’ye bakıldığında Türkiye’nin enerji arzının (109,3 MTEP) yaklaşık %30’unun yerli kaynaklardan sağlandığı, yaklaşık %70’inin ithal kaynaklardan sağlandığı görülebilmektedir. Detaylı bir hesaplama ile petrol ve doğalgazda enerji dengesinde ufak çapta farklar oluşabilmektedir. Bunun nedeni ihrakiye, stok değişimi ve istatistiki hataların enerji dengesinde hesaplamalara dâhil olmasıdır.



Şekil 16. Türkiye’de Enerji Dengesi ve Gelişimi

Kaynak: ETKB.

Türkiye’de ithalatın içine giren enerji kaynakları petrol, doğalgaz ve kömürdür. İhracat kalemlerini oluşturan enerji kaynakları ise düşük düzeylerde de olsa petrol ve doğalgazdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ihracat ve ithalat kalemleri arasında yer almamaktadır. Çevrim ve enerji sektörü tekrar enerji üretmek için tüketim yapılan bir sektördür. Bu yüzden tüketim olarak değerlendirilmektedir. Buna göre Şekil 16 değerlendirilecek olursa 1970-2010 döneminde yerli üretim 1987’ye kadar enerji ithalatının hep önüne geçmiştir. 1987’den sonra oldukça hızlı bir şekilde enerji ithalatı yerli üretimden daha fazla yapılmıştır. 2010 yılında enerji ithalatı yaklaşık yerli üretimin üç katı olmuştur. Enerji ihracatında çok fazla değişiklik olmazken nihai enerji tüketimi artış göstermiştir.

Artan tüketime paralel olarak ithalatın artması Türkiye’nin enerji de dışa bağımlılığını arttırmaktadır. Dışa bağımlılığa neden olan fosil yakıtların yerine ikame edilebilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikalar geliştirilmeli ve uygulamaya

geçilmelidir. Aynı zamanda mevcut kaynaklar doğru bir şekilde değerlendirilmeli ve ithalat oranları buna göre ayarlanmalıdır.

Tablo 18. Türkiye'nin Dış Ticaret Dengesi ve Enerji İthalatı⁽¹⁾ (Değer 000 \$)

YILLAR	DIŞ TİCARET DENGESİ	ENERJİ İTHALATI	ENERJİ İTHALATI/DIŞ TİCARET DENGESİ(%)
2002	- 15.494,708	13.086,106	84
2003	- 22.086,856	16.247,611	73
2004	- 34.372,613	21.490,488	62
2005	- 43.297,743	26.637,980	61
2006	- 54.041,498	30.919,133	57
2007	- 62.790,965	24.360,976	38
2008	- 69.936,378	48.267,847	69
2009	- 38.785,809	22.509,555	58
2010	- 71.661,113	38.487,155	53
2011	- 105.934,807	54.085,545	51
2012	- 57.059,055	39.472,256	69

⁽¹⁾2012 yılı Ocak-Ağustos Dönemini kapsamaktadır.

Kaynak: TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

Türkiye’de 2000-2012 yılları arasında dış ticaret dengesi sürekli açık vermiştir. Gittikçe artan bir seyir izleyen dış ticaret açığı 2009 yılında oldukça azalmış ve en fazla açık 2011 yılında yaklaşık 105 milyar 934 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Enerji ithalatına bakıldığında 2000-2012 yılları arasında dalgalı bir trend gözlemlenmektedir. En fazla enerji ithalatı 2011 yılında yaklaşık 54 milyar 85 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Verilere göre dış ticaret açığının en büyük kalemini enerji ithalatı oluşturmaktadır. 2012 yılının Ocak-Ağustos dönemi dış ticaret açığının yaklaşık

%69'unu enerji ithalatı oluşturmaktadır. Yıllar itibariyle değerlendirildiğinde ise dış ticaret açığı 2012 yılında en fazla enerji ithalatından oluşmaktadır.

Tablo 19. Türkiye'nin Enerji Denge Tablosu (Bin TEP)

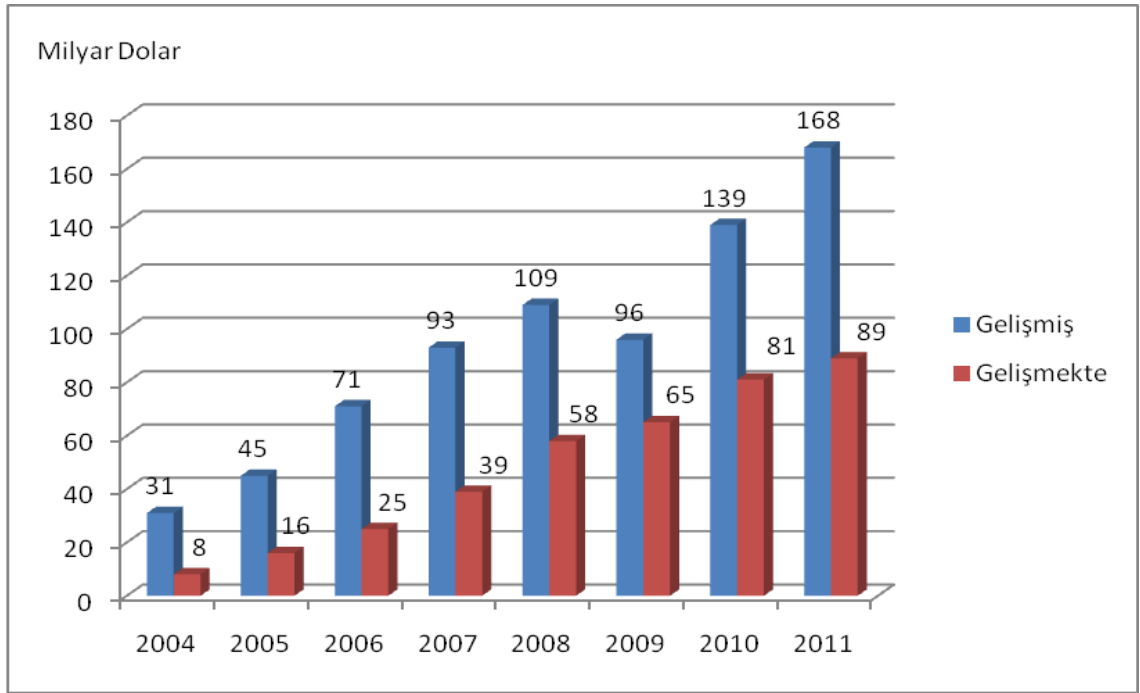
Yıllar	Yerli Üretim	Toplam Nihai Enerji Tüketimi	Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı
2000	26.047	61.556	0,42
2001	24.576	56.048	0,43
2002	24.281	59.486	0,40
2003	23.783	64.990	0,36
2004	24.332	69.004	0,35
2005	24.549	71.510	0,34
2006	26.580	77.440	0,34
2007	27.454	82.748	0,33
2008	29.209	79.624	0,36
2009	30.328	80.574	0,37
2010	32.493	83.372	0,30

Kaynak: ETKB.

Tablo 19 Türkiye'nin 2000-2010 yılları arasında enerji üretimi, tüketimi ve üretimin tüketimi karşılama oranlarını göstermektedir. Tablo'ya göre 2001-2005 yıllarında düşüş gösteren enerji üretimi 2006 yılında artarak 2010 yılında 32.493 bin TEP olmuştur. Enerji tüketimi ise 2001 yılında sonra önemli bir artış göstererek 83.372 bin TEP'e ulaşmıştır. Yıllar itibariyle değerlendirildiğinde üretimin tüketimi karşılama oranı 2007 yılına kadar düşüş göstermiştir. 2008 ve 2009 yılında tekrar artış gösteren üretimin tüketimi karşılama oranı 2010 yılında düşüş sergilemiştir. 2008 ve 2009 yıllarında artmasının nedeni o yıllarda üretimin artmasına rağmen enerji tüketiminin azalmasıdır. Sonuç olarak enerji üretimi yaklaşık aynı düzeylerde iken, enerji tüketimi bazı yıllar azalsa da genelde artış göstermiş ve 2000-2010 yılları arasında Türkiye'de üretimin tüketimi karşılama oranı gittikçe düşmüştür.

5. Yenilenebilir Enerji Sektörü

Yenilenebilir enerji sektörüne verilen önem gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkeler enerjide bağımlılıklarını azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya yönelmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelecek ekonomik büyümeleri açısından önemli olduğunun farkında olan gelişmiş ülkeler, yeni enerji kaynaklarına destekleyici politikalar ve teşvikler yapmaktadır. Türkiye’de ise son dönemlerde belirlediği teşviklerle yeni enerji kaynaklarının devreye alınmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanımını sağlamaya çalışmaktadır.



Şekil 17. Yenilenebilir Enerjide Küresel Yatırım: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler

Kaynak: UNEP, 2012: 16.

Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim 2009 yılı hariç giderek artmıştır. 2009 yılındaki düşüşün nedeni 2008 yılında yaşanan ekonomik krizin verdiği bunalımın sonucu olabilir. 2009 yılındaki düşüş özellikle gelişmiş ülkelerde yaşanmıştır. Şekil 17’ye göre 2009 yılında gelişmekte olan ülkelerde az da olsa artış yaşanmıştır. Krizin

gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımadaki eğilimini gelişmiş ülkelere nazaran fazla etkilemediği söylenebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları yatırımı hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkeler de giderek artmıştır. Özellikle belirtilmesi gereken önemli bir husus yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımın önemli bir çoğunluğunu gelişmiş ülkelerin üstlenmiş olduğudur. Gelişmiş ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik daha fazla yatırım yapmaktadır. Geliştirdikleri politikalarla ve yeni teknolojilere yönelik çalışmalarla yatırımlarına belirli bir ivme kazandırmışlardır.

6. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Politikaları, Hedefleri ve Stratejileri

Türkiye’de yenilenebilir enerji politikalarının kilometre taşı 10 Mayıs 2005 tarih ve 5346 sayılı *Yenilenebilir Enerji Kanunu*, 29 Aralık 2010 tarih ve 6094 sayılı kanun ile yenilenebilir enerji teşvikleri kaynak bazında çeşitlendirilerek ve yerli teknolojilerin gelişimini ön plana almak suretiyle revize edilmiştir.

6094 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da teşvikler kısmında belirtildiği üzere; güneş enerjisine 13,3 € cent/KWh, jeotermal enerjiye 10,5 € cent/KWh, biyokütle enerjisine 13,3 €cent/KWh, hidroelektrik enerjisine 7,3 € cent/KWh ve rüzgâr enerjisine 7,3 € cent/KWh sabit fiyat garantisi verilmiştir. Ayrıca yerli ek ilaveler ile enerji kaynaklarına uygulanacak en üst fiyat belirlenmiştir. Güneş enerjisi için fotovoltaik üretim tesislerinde 6,7 € cent/KWh, yoğunlaştırılmış tesislerde 9,2 € cent/KWh, rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi için 3,7 € cent/KWh, hidroelektrik enerjisine dayalı üretim tesisi için 2,3 € cent/KWh, jeotermale dayalı üretim tesisi için 2,7 € cent/KWh ve biyokütleyle dayalı üretim tesisi için 5,6 € cent/KWh’dir ¹⁰.

Diğer taraftan güneş enerjisi için aynı kanun 31 Aralık 2013 tarihine kadar iletim tesislerinin toplam kurulu gücünün 600 MW’dan fazla olamayacağı konusunda bir sınırlama getirmiştir. Bu tarihten sonra iletim sistemine bağlanacak YEK Belgeli

¹⁰ http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/kanunlar_sd.sorgu_yonlendirme?Kanun_no=6094 (Erişim Tarihi: 25.06.2012)

(Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi) güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin toplam kurulu gücünü belirlemeye Bakanlar Kurulu yetkili olmuştur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan 2010-2014 stratejik planında mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedeflerini belirlemiştir. Bu hedefler;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimindeki payının 2023 yılında en az %30 düzeyinde olması sağlanacak,
- Yapımına başlanan 5000 MW'lık hidroelektrik santrallerin 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması sağlanacak,
- 2009 yılı itibariyle 802,8 MW olan rüzgâr enerjisi kurulu gücünün, 2015 yılına kadar 10.000 MW 'a çıkarılması sağlanacak,
- 2009 itibariyle 77,2 MW olan jeotermal enerjisi kurulu gücünün, 2015 yılına kadar 300 MW'a çıkarılması sağlanacaktır (ETKB, 2010: 26-28).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 dönemindeki hedefler doğrultusunda belirlenen stratejiler:

- Ekonomik potansiyel oluşturan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin olarak, lisans alınan projelerin öngörülen sürede tamamlanması için gerekli tedbirler alınacak,
- Üretim planlamaları, teknolojik gelişmelere ve mevzuat düzenlemelerine bağlı olarak yenilenebilir enerji kullanım potansiyelindeki gelişmeler dikkate alınarak hazırlanacak,
- Ülkenin hidroelektrik potansiyelinin azami ölçüde değerlendirilmesi ve özel sektör marifetiyle ülke ekonomisine kazandırılması için gerekli tedbirler uygulanmaya devam edilecek,
- Hidroelektrik üretmeye elverişli su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çalışmaların, öncelikle havza temelinde bütüncül bir yaklaşımla ve değişen tüketim taleplerini karşılamakta esneklik sağlayan bir şekilde yürütülmesini için gerekli işbirliği sağlanacak,

- Hidroelektrik santrallerin ekonomik analiz kriterleri günün koşullarına göre değerlendirilecek,
- Elektrik iletim sisteminin daha fazla rüzgâr enerjisi santrali bağlanmasına imkân verecek şekilde güçlendirilmesi için gerekli çalışmalar hızlandırılacak,
- Jeotermal kaynakların kullanımındaki koruma ilkelerine uygun olarak jenerasyonları yapılacak ve yenilenebilir özellikleri devam ettirilecek,
- Elektrik enerjisi üretimine uygun jeotermal alanların özel sektöre açılması konusundaki çalışmalara hız kazandırılacak,
- Yenilenebilir enerji kaynakları alanında teknoloji geliştirme çalışmalarına ağırlık verilecektir (ETKB, 2010: 26-29).

Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr enerjisinde kurulu kapasitesine eklemeler için baz yılı 2009 hedeflenen yılı ise en geç 2015 olarak belirlemiştir. Jeotermal enerjide mevcut kapasitenin üzerine yaklaşık dört kat bir kurulum kapasitesine ulaşmayı hedeflerken, rüzgâr enerjisinde 2009 yılı kapasitesinin yaklaşık on iki katı bir hedef belirlemiştir. Hidroelektrik enerjisinde ise zaten yapımına başlanmış olan santrallerin 2013 hedef yılına kadar bitirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Elektrik üretiminde 2023 yılına kadar minimum yenilenebilir enerji kaynaklı enerji üretimi oranı belirlenmiştir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmeye yönelik hedefleri doğrultusunda belirlediği stratejileri etkin bir şekilde gerçekleştirirse Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltılabilecektir.

Tablo 20. Enerji Türlerinin Bağımlılığının ve Kalan Ömürlerinin Karşılaştırılması

Enerji Türleri	Dışa Bağımlılık/ Yerellik	Kalan Ömrü(yıl)
Petrol	Dış	40-45
Kömür	Yerel/Dış	200-250
Doğalgaz	Dış	60-65
Hidrolik	Yerel	-

Güneş	Yerel	-
Jeotermal	Yerel	-
Rüzgâr	Yerel	-

Kaynak: Yelmen ve Çakır, 2011: 253.

Tablo 21. Enerji Türlerinin Yaklaşık Olarak Yatırım ve Birim Enerji Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Enerji Türleri	Yatırım Maliyeti (\$/KWh)	Üretim Maliyeti (cent/KWh)
Petrol	1.500-2.000	6
Kömür	1.400-1.600	2,5-3
Doğalgaz	600-700	3
Güneş	2.500	10-20
Rüzgâr	1.500	3,5-4,5
Hidrolik	1.250	0,5-2
Jeotermal	2.500	3-4
Biyokütle	1.500-3.000	4-9

Kaynak: Çalışkan, 2011: 28; Ertuğrul ve Kurt, 2009: 39-40; Gülay, 2008: 96; YEGM; Yelmen ve Çakır, 2011: 254.

Tablo 20 enerji türlerinin yatırım ve üretim maliyetlerini göstermektedir. Doğalgaz yatırım maliyeti olarak en az maliyete (600-700 \$/KWh) sahip bir enerji kaynağıdır. Üretim maliyetinde de (3 cent/KWh) düşük seviyelerdedir. Hidrolik enerjisinin ise yatırım maliyeti (1.250 \$/KWh) ve üretim maliyeti (0,5-2 cent/KWh), doğalgaz ile rekabet edebilecek düzeydedir. Doğalgazda önemli oranda ithalat yapıldığı için hidrolik enerji maliyetler açısından daha uygundur. Petrol (1.500-2.000 \$/KWh), kömür (1.400-1.600 \$/KWh), rüzgâr (1.500 \$/KWh) ve biyokütlenin (1.500-3.000 \$/KWh) yatırım maliyetleri yaklaşık aynı düzeydedir.

Üretim maliyetlerine bakıldığında petrolün 6 cent/KWh, kömürün 2,5-3 cent/KWh, rüzgârın 3,5-4,5 cent/KWh ve biyokütlenin 4-9 cent/KWh'tır. Yatırım maliyetleri aynı düzeylerde olan enerji türlerinin üretim maliyetleri farklıdır. Üretim maliyetlerine göre, kömür ve rüzgâr üretim maliyetleri bakımından düşük seviyelerdedir. Bu yüzden rüzgârın petrolden daha uygun bir yatırım olduğu söylenebilir. Aynı zamanda kömürde bir ithal ürün durumunda olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları karşısında maliyeti yüksek bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisinin yatırım ve üretim maliyet aralığı geniştir. Fakat ithal ürün olan petrol ile karşılaştırıldığında çok fazla bir fark olmadığı gözlemlenebilir. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş ve jeotermal enerji ilk yatırım maliyetleri bakımından diğer enerji türlerine göre oldukça maliyetlidir. 29 Aralık 2010 tarihinde revize edilen Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun sağladığı teşviklere bakıldığında güneş enerjisi en fazla teşvik edilen enerji kaynaklarından birisidir. Bu teşvik göz önüne alınarak değerlendirildiğinde güneş enerjisinin maliyetler bakımından uygun seviyelere geleceği söylenebilir. Jeotermal enerji ise üretim maliyeti bakımından düşük ilk yatırım maliyeti bakımından yüksek bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjisine verilen teşvik ile birlikte bu enerji kaynağının da gelecek için uygun bir enerji kaynağı olacağı söylenebilir.

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir bölgede yer almaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli, hala kurulmamış güneş santralleri ve teşvikler arasında en yüksek fiyatın güneş enerjisi olduğu göz önünde bulundurulursa ve gerekli teknolojik ilerlemeler sağlanırsa güneş enerjisi için yatırımların ilk planda olması gerekmektedir. Hem yakıt hem de elektrik üreten biyokütle enerjisi ise verilen teşvik ile birlikte Türkiye'nin enerji bağımlılığını azaltmada kullanımının hızla artırılması gereken bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisinin, hidrolik ve jeotermal enerjinin kullanımına ilişkin hedefler belirlenmekte ve çalışmalar yapılmaktadır, fakat bu enerjilere yönelik çalışmaların hızlandırılması Türkiye'nin enerji bağımlılığını azaltmada önemlidir.

7. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi ve Enerjide Dışa Bağımlılığının Seyri

Türkiye güneş enerjisinde şebeke kısıtları göz ardı edilirse yaklaşık 500.000 MW kurulu güçte santral kapasitesine sahiptir. Fakat güneş enerjisi kurulu kapasitesi yaklaşık 3.000 KW'tır. Türkiye güneş enerjisini daha çok sıcak su ısıtma amaçlı kullanmaktadır ve güneş santralleri henüz Türkiye'de kurulmamıştır. Rüzgâr enerjisinde ise Türkiye'nin 2012 Şubat ayı itibariyle kurulu gücü 1728,7 MW'a ulaşmıştır. Türkiye toplam elektrik üretiminin %2,07'sini rüzgâr santrallerinden sağlamaktadır. Türkiye hem rüzgâr enerjisinde hem de güneş enerjisinde önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen bu potansiyel etkin bir şekilde kullanılmamaktadır.

Türkiye 31.500 MW jeotermal enerji potansiyeli ile dünyada yedinci sıradadır. 2011 yılı sonu itibari ile jeotermal enerji kurulu gücü 114 MW düzeyine ulaşmıştır. Kapasite tam kullanılırsa yılda toplam 6,8 milyar \$ net gelir sağlanabilecektir.

Türkiye'de biyokütle içersinde yer alan biyodizel, biyoetanol üretimi için lisans alan çoğu tesis üretim yapmamaktadır. Biyodizel ve biyoetanole kullanım zorunluluğu henüz uygulanmamaktadır. Türkiye'nin Karadeniz kıyı şeridinde önemli hidrojen kaynağı mevcuttur. Ayrıca hidrojen enerjisinin değişik kaynaklardan da temin edilebilme özelliğine sahip olması diğer bölgelerden de elde edilmesine olanak tanımaktadır. Türkiye'de hidrojen enerjisine yönelik pratikte uygulamalara geçilmiş olmasına rağmen halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır.

Türkiye'nin en önemli kaynaklarından biri olan hidrolik potansiyeli, ortalama yağışlı bir yıl için yaklaşık 130 milyar KWh'tir. 17.137,06 MW'lık hidrolik kurulu gücü ile mevcut kapasitesinin oldukça altında bir kullanım gerçekleştirmektedir. Hidrolik enerjisinin toplam elektrik üretimi içindeki payı ise yaklaşık %23'tür.

1970-2010 yılları arasında yerli enerji üretimi 1987 yılına kadar enerji ithalatından fazla yapılmıştır. Sonraki yıllarda enerji ithalatı oldukça hızlı bir şekilde yerli üretimin önüne geçmiştir. 2010 yılına gelindiğinde enerji ithalatı yaklaşık yerli üretimin üç katı

olmuştur. Bunun nedeninin 1990-2010 yılları arasında hızla artan enerji tüketimi olduğu söylenebilir.

Türkiye’de 2000-2012 yılları arasında dış ticaret dengesi sürekli açık vermiştir. En fazla dış ticaret açığı 2011 yılında yaklaşık 105 milyar 934 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Enerji ithalatı ise en fazla 2011 yılında yaklaşık 54 milyar 85 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’nin dış ticaret açığının yaklaşık %69 ile en fazla payı enerji ithalatı almaktadır.

Türkiye’nin ekonomik gelişimi ile birlikte sanayide ve günlük ihtiyaçlarda elektriğe olan talep her geçen gün artmaktadır. Türkiye elektrik üretiminde en fazla fosil yakıtlardan, en az yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaktadır. Türkiye potansiyel bakımdan stratejik öneme sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarını elektrik üretiminde devreye alabilirse, enerji ithalatının artmasında önemli payı olan artan enerji tüketimini en uygun alandan karşılamış olur.

Sonuç

Gelişen ekonomiye paralel hem sanayi de hem de günlük ihtiyaçlarda enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Buna karşılık enerji talebini karşılayan fosil yakıtlar tükenme noktasına gelmiştir. Dünyada birçok ülke sürdürülebilir ekonomileri için fosil yakıtlar yerine geçebilecek enerji kaynakları arayışına geçmişlerdir. Enerji arayışları yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüz ve gelecek ekonomiler için en etkin enerji kaynakları olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Dünyada gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının farkına varmıştır. Gelişmiş ülkeler yatırımlarının büyük bir kısmını yeni enerji kaynaklarının gelişimine yönelik teknolojilere ayırmaktadır. Ayrıca söz konusu ülkeler belirledikleri hedeflerle kullandıkları enerji kaynaklarında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını daha yüksek düzeylere çıkarma çabası içine girmişlerdir. Türkiye ise gelişmekte olan bir ülke olarak enerjiye olan talebi hızla artmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için kullanılan kaynaklar çevreye zararlı, sınırlı ömrü olan ve maliyeti oldukça yüksek fosil yakıtlardır. Türkiye fosil yakıtlar bakımından mevcut ihtiyacı karşılayacak düzeyde bir kaynağa sahip değildir. Dolayısıyla artan ihtiyaçlara paralel olarak kaynakların temininde Türkiye enerjide dışa bağımlı bir konuma gelmiştir.

Fosil yakıtlara ulaşılabilirlik konusunda katlanılması gereken maliyetler ülkeler üzerinde önemli maddi sıkıntılara neden olmaktadır. Bu bakımdan yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil yakıtların yatırım ve üretim maliyetleri hangi enerji kaynaklarının gelecek enerji kaynaklarının arasında yer alacağı hususunda önem arz etmektedir. Bu çalışmada enerji türleri maliyetler bakımında karşılaştırılmış önemli bir soru olan gelecek için en uygun enerji kaynağının hangisi olacağı sorusuna cevap verilmiştir.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından avantajlıdır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yıllık ortalama ışınım şiddeti 1.460 KWh/m² ve güneşlenme süresi yıllık 2.993 saattir. Hesaplanan bu verilere göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi Türkiye için en uygun güneş enerjisi alanıdır. Güneş enerjisinin ilk yatırım maliyeti yüksek ve kurulumu için kapladığı alan oldukça fazladır.

Bu dezavantajlara rağmen Türkiye’de tarım sektöründe israf edilen alanlar mevcuttur. Türkiye bu alanları tarım sektöründe değerlendirmek yerine GES’ler için kullanımını sağlar ve güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesine destek verirse, mevcut alanlar en verimli şekilde değerlendirilmiş olur.

Türkiye’nin Marmara ve Ege kıyı şeridi rüzgâr enerjisi için en uygun alanlardır. Rüzgâr enerjisinin kurulumunda kapladığı alan tüm alanın sadece %1’idir. Diğer enerji santrallerine kıyasla daha kısa sürede kurulabilmektedir. Rüzgâr enerjisinin ilk yatırım maliyeti, üretim maliyeti, bakım ve onarım maliyetleri oldukça düşüktür. Türkiye bu avantajları göz önünde bulundurarak sahip olduğu potansiyeli değerlendirmeye alması gerekmektedir.

Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından dünyada yedinci sırada yer almaktadır. Ege Bölgesi jeotermal yatırımlar için değerlendirilmesi gereken en önemli sahalardan biridir. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması jeotermal enerji kaynaklarına gerekli önemin verilmemesine neden olmaktadır. Fakat Türkiye jeotermal enerjinin uzun dönemde getireceği karlılığı göz önünde bulundurarak ilk yatırım yükünü hafifletecek teşvikler sağlamalıdır.

Biyokütle enerjisi orman ürünleri, bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen enerjidir. Türkiye’de biyokütle kaynaklı mevcut kurulu kapasite tam olarak kullanılmamaktadır. Enerji tarımı ve enerji ormancılığı ile bu potansiyel en etkin biçimde kullanılmalıdır.

Hidrojen evrende en bol bulunan element olmasına rağmen şuan ki teknolojilerle hidrojenin üretimi ve kullanılan araçların maliyeti yüksektir. Fakat uzun vadede teknolojik ilerlemelerle geleceğin enerji kullanımında önemli rol oynayabilecek yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi güneş enerjisinin yanı sıra hidroelektrik enerjisi için de Türkiye’nin en uygun bölgesidir. Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla değerlendirdiği enerji hidroelektrik enerjisidir. Yatırım ve üretim maliyetlerinin

diğer enerji kaynaklarına göre uygun olması hidroelektrik santrallerinin öncelikli olarak geliştirilmesini gerekli kılmaktadır.

Doğalgaz yatırım maliyeti olarak en az maliyete (600-700 \$/KWh) sahip bir enerji kaynağıdır. Üretim maliyetinde de (3 cent/KWh) düşük seviyelerdedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan hidrolik enerjisinin yatırım maliyeti 1.250 \$/KWh ve üretim maliyeti 0,5-2 cent/KWh'tir. Doğalgazda önemli oranda ithalat yapıldığından dolayı hidrolik enerjisi maliyetler açısından daha uygundur. Petrol (1.500-2.000 \$/KWh), kömür (1.400-1.600 \$/KWh), rüzgâr (1.500 \$/KWh) ve biyokütlenin (1.500-3.000 \$/KWh) yatırım maliyetleri yaklaşık aynı düzeydedir.

Enerji kaynaklarının üretim maliyetleri petrolün 6 cent/KWh, kömürün 2,5-3 cent/KWh, rüzgârın 3,5-4,5 cent/KWh, jeotermalin 3-4 cent/KWh ve biyokütlenin 4-9 cent/KWh'tir. Kömür, jeotermal ve rüzgâr üretim maliyetleri bakımından düşük seviyelerdedir. Petrol ve kömürün ithal ürün durumunda olduğu göz önüne alınırsa rüzgâr enerjisinin daha uygun bir yatırım olduğu söylenebilir. Biyokütle enerjisinin yatırım ve üretim maliyet aralığı geniştir. Fakat ithal ürün olan petrol ile karşılaştırıldığında çok fazla bir fark görülmemektedir. Güneş enerjisi ve jeotermal enerji ilk yatırım maliyeti bakımından yüksek enerji kaynaklarıdır. Fakat Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun sağladığı teşvikler ile birlikte değerlendirilirse güneş ve jeotermal enerji de gelecek için uygun enerji kaynakları olacağı söylenebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve fosil yakıtların yatırım maliyetleri genel olarak karşılaştırıldığında, fosil yakıtların Türkiye'ye verdiği mali yükümlülükler, yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut potansiyeli ve son verilen teşvikler hesaba katılırsa, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltmada yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkin enerji kaynakları olduğu söylenebilir.

2010 yılı itibariyle Türkiye'nin birincil enerji arzının kaynaklara dağılımında fosil yakıtların arzı toplamda 97,6 milyon TEP ile yenilenebilir enerji kaynaklarının (11,7 milyon TEP) yaklaşık sekiz katıdır. Birincil enerji üretimi ise fosil yakıtlarda 20,8 milyon TEP, yenilenebilir enerji kaynaklarında 11,8 milyon TEP'dir. Enerji ithalatı ise 87,3 milyon TEP'dir. Bu verilere göre Türkiye enerji arzının yaklaşık %30'unu yerli

kaynaklardan, yaklaşık %70'ini ise ithal kaynaklardan sağlamaktadır. Türkiye'nin oldukça yüksek oranlardaki enerji ithalatı dışa bağımlılığının ne düzeyde olduğunu açıkça göstermektedir. Bu noktada Türkiye'nin coğrafi konum itibarıyla çeşitlilik gösterdiği yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'yi enerji konusunda dışa bağımlı hale getiren en önemli etkenlerden biride enerji tüketimindeki artışlardır. Türkiye'de 2000-2010 yılları arasında enerji tüketiminin artmasına rağmen üretimin yaklaşık aynı seviyelerde olması üretimin tüketimi karşılama konusunda yetersiz kalmasına neden olmuştur.

Türkiye son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik bazı hedefler ve stratejiler çerçevesinde teşvikler belirlemiştir. 2023 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payını arttırmayı hedeflemiştir. Ayrıca 2015 yılına kadar rüzgâr enerjisi ile jeotermal enerjide mevcut kurulu gücü arttırmayı hedeflemiştir. Bu hedefler doğrultusunda Türkiye güneş ve biyokütle enerjisine daha fazla sabit fiyat garantisi vererek, hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr enerjisini desteklemiştir.

Mevcut teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara göre avantajlı konumdadır. Ülkelerin ekonomik gelecekleri bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük maliyetlere sahip olması ve geliştirilecek teknolojilerle bu maliyetlerin daha da düşük seviyelere çekilebilecek durumda olması fosil yakıtlara göre yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli tercih sebebidir. Gelecek nesillere daha temiz bir dünya ve sonsuz ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir enerji kaynakları bırakmak açısından değerlendirildiğinde yenilenebilir enerji kaynakları yine en etkin enerji kaynaklarıdır.

Dışa bağımlılığı azaltmada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikalar ve teşvikler daha da genişletilmeli ve mevcut kaynaklar en uygun şekilde değerlendirilmelidir.

Kaynakça

- Acaroğlu, M. (2003). *Alternatif enerji kaynakları*. İstanbul: Atlas yayın.
- Akdođar, M. (2006). *Enerji kaynakları ve Doğu Karadeniz'in hidroelektrik potansiyel dengesi etüdü*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Aslan, Ö. (2007). Hidrojen ekonomisine doğru. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6 (11), 283-298.
- Atış, İ.; Ay H.; Çaylıdemirci M. (2010). Yenilenebilir enerji kaynakları ve birim maliyet analizi. *Kalkınma Dergisi*, (58), 5-17.
http://www.kalkinma.com.tr/data/file/kalkinma_dergisi/58_dergi.pdf (Erişim Tarihi:
- Bedeloğlu, A.Ç.; Demir, A.; Bozkurt, Y. (2010). Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller. *Tekstil teknolojileri elektronik dergisi*, 4 (2), 43-58.
- Bölük G.ve Koç A.A. (2008). Dünya'da ve Türkiye'de Biyo-yakıtlar: Üretim, politikalar, maliyet ve etkileri. *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, 23 (269), 25-50.
- Buğutekin, A. (2007). *Atıklardan biyogaz üretiminin incelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Çağatay, S.; Kıymaz, T.; Koç, A.; Bölük, G.; Bilgin, D. (2012). Dünya ve Türkiye biyo-enerji piyasalarındaki gelişmelerin ve potansiyel değişikliklerin Türk tarım ve hayvancılık sektörleri üzerindeki etkilerinin modellenmesi ve Türkiye için biyo-enerji politika alternatiflerinin oluşturulması. Ankara: TEPGE.

Çalışkan, M. (2011). Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli ve mevcut yatırımlar. Rüzgâr enerjisi santralleri semineri sunumu. İstanbul.

Dağdaş, A. (2005). Jeotermal güç santrallerinde enerji maliyeti. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 23 (2), 84-94.

DEK-TMK. (2010). Enerji raporu. Ankara.

Demircioğlu, C. (2003). *Türkiye için sürdürülebilir enerji çevre politikaları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi.

DSİ. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *DSİ Su Dünyası Dergisi*. Ankara.

Ertuğrul, Ö.F. ve Kurt, M.B. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları maliyet analizi ve sürdürülebilir YEK uygulamaları. V. Yenilenebilir enerji kaynakları sempozyumu. Diyarbakır: YEKSEM, ss. 37-41.

EPDK. (2010). Elektrik piyasası raporu. Ankara.

ETKB. (2010). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 stratejik planı. http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Planı.pdf (Erişim Tarihi: 20.05.2012).

ETKB. (2011). Bütçe sunumu. 2012 yılı bütçesini TBMM plan ve Bütçe Komisyonuna Sunuş Metni. Ankara.

ETKB. (2012). Kömür sektör raporu (linyit) 2011. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu. Ankara.

EUAŞ. (2011). 2011 yıllık raporu. Ankara.

- Görgün, T. (2008). *Yenilenebilir enerjiler ve teknolojileri*. Hedef pazar araştırması. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi.
- Gülay, A.N. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Gürsoy, U. (1999). *Dikensiz gül temiz enerji*. Doğu Akdeniz Çevrecileri temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarımız raporu. İskenderun: İskenderun Çevre Koruma Derneği Yayını.
- Haskök, A.Ş. (2005). *Türkiye'nin mevcut enerji kaynaklarının durum değerlendirmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi.
- IEA. (2010). *Technology Roadmap Solar photovoltaic energy*. Fransa.
- IEA. (2011). *Clean energy progress report*. Fransa.
- IHA. (2012). *International Hydropower Association activity report*. İngiltere.
- Karayılmazlar, S.; Saraçoğlu, N.; Çabuk, Y.; Kurt, R. (2011). *Biyokütlenin Türkiye' de enerji üretiminde değerlendirilmesi*. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (19), 63-75.
- Kılıç, N. (1998). *Dünya'da ve Türkiye'de enerji sektörüne bakış ve jeotermal enerji potansiyeli'nin irdelenmesi*. İzmir: İzmir Ticaret Odası.
- MARKA. (2011). *TR42 Doğu Marmara Bölgesi yenilenebilir enerji raporu*. Kocaeli: MARKA yayınları serisi.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Yenilenebilir enerji kaynakları II*. Ankara.

- Milli Eğitim Bakanlığı. (2012). Yenilenebilir enerji kaynakları ve önemi. Ankara.
- OGM, (2009). Yenilenebilir enerjide orman biyokütlesinin durumu. Biyoenerji çalışma grubu raporu. Ankara.
- Olgun, H.; Doğru, M.; Howarth, C.R. (1999). Katı atıkların enerji dönüşümünde kullanılması ve gazlaştırıcılar. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı. İzmir: MMO, ss. 835-887.
- Özcan, H.H. (2009). *Rüzgar enerjisi yatırımları ve Isparta ilinde kurulabilecek rüzgar enerjisi santrallerinin ekonomik analizi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.
- PWC. (2012). Turkey's Renewable Energy Sector from a Global Perspective report. İstanbul.
- REN21. (2012). Renewables 2012 global status report. Fransa.
- Saraçoğlu, N. (2006). Enerji ormancılığının kırsal kalkınmaya katkısı. Ormancılıkta sosyo- ekonomik sorunlar kongresi, 26-28.
- Şahin, İ. (2009). *Geleceğin temiz enerjisi hidrojen gazının elektrolizle eldesinde tiyoüre ve nikel katodun etkilerinin araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi.
- Şeker, S. (2007). *Biyodizel üretimi ve katkı maddelerinin yakıt özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Şipar, E. (2011). *Rüzgâr enerjisi türbin sistemleri için gerçek zamanlı dinamik analiz simülatorü gerçekleştirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi yıldız teknik üniversitesi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

- TEİAŞ. (2011). Türkiye elektrik enerjisi 10 yıllık üretim kapasite projeksiyonu (2011-2020) raporu. Ankara: Türkiye Elektrik İletim A.Ş Genel Müdürlüğü.
- TÇV. (2006). *Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları*. Ankara: Türkiye Çevre Vakfı Yayını.
- TMMOB. (2012). Türkiye'nin enerji görünümü oda raporu. Genişletilmiş ikinci baskı. Ankara.
- Tunç, Ş. (2011). Güneş enerjisinden elektrik üretimi. *Mühendis ve makine dergisi*, 52 (617), 70-73.
- Türe, S. (2001). *Biyokütle enerjisi*. Ankara: Temiz Enerji Vakfı.
- Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü. (2012). 2011 Yılı Hampetrol ve Doğalgaz sektör raporu. Ankara.
- UNEP. (2012). Global trends in renewable energy investment raporu. Almanya.
- Yamak, T. (2006). *Türkiye'nin alternatif enerji kaynakları potansiyeli ve ekonomik analizleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- Yavuz, O. (2007). *Ordu- Samsun Bölgesi hidroelektirik enerji potansiyel analizi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Yelmen, B. ve Çakır, M.T. (2011). Yeşil enerji kaynakları ve teknolojileri. II. Elektrik ulusal kongresi bildirileri. İzmir: TMMOB, ss. 245-256.
- Yerebakan, M. (2010). *Güneş kollektörü uygulamaları*. İstanbul. İstanbul Ticaret Odası Yayınları.

Yeşilata, B.; Bulut, H.; Şahinkaya, E.; Uyanık, Ş.; Aktacir, M.A.; Nacar, M.A.; Divitçi, E.U. (2010). TRC2 (Diyarbakır- Şanlıurfa) Bölgesi yenilenebilir enerji raporu. Diyarbakır. Karacadağ kalkınma ajansı.

Yeşilata, B.; Bulut, H.; Çetiner, C.; Ersavaş, A. (2011). Termal güneş enerjisi teknolojileri ve GAP Bölgesine yönelik fırsatlar. *Mühendis ve makine dergisi*, 52 (622), 47-56.

Yılmaz Ö. ve Kösem L. (2011). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli, kullanımı ve dışa bağımlılığı. İzmir http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/ozden_yilmaz-leyla_kosem.pdf (Erişim Tarihi: 20.05.2012).

Yararlanılan İnternet Kaynakları

http://www.yegm.gov.tr/turkce/YEK/gunes/gunes_index.html (Erişim Tarihi: 20.12.2011)

<http://www.eie.gov.tr> (Erişim Tarihi: 20.03.2012)

<http://www.enerji.gov.tr> (Erişim Tarihi: 12.04.2012)

<http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari> (Erişim Tarihi: 12.05.2012).

http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/kanunlar_sd.sorgu_yonlendirme?Kanun_no=6094 (Erişim Tarihi: 25.06.2012)

<http://www2.dsi.gov.tr> (Erişim Tarihi: 27.07.2012).

http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI_VIEW/index.php/raporlar/rapor (Erişim Tarihi: 10.09.2012)

http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler_iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs_-ve-kyoto-protokolu-.tr.mfa (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

[http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs -ve-kyoto-protokolu- .tr.mfa](http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-bmidcs-ve-kyoto-protokolu-.tr.mfa) (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

<http://www.cevreonline.com/Avrupa/ABkyoto.htm> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

<http://www.cevreonline.com> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

<http://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 21.11.2012)

