T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI, UYGULAMA: GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ VE RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ KURULUŞ MALİYETLERİ

EMEL YILDIZ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. KIYMET ÇALIYURT

EDİRNE, 2017

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

.....İŞLETME.....

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

.....Emel Yıldız..... tarafından hazırlanan "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Uygulama: Güneş Enerjisi Santrali ve Rüzgar Enerjisi Santrali Kurulus Aşamaları" Konulu **Yüksek Lisans** tezinin Sınavı, Trakya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 9.-10. maddeleri uyarınca .....28.4.2017..... günü saat .....11:30..... 'da yapılmış olup, yüksek lisans tezinin *.....kabul edilmesine..... **OYBİRLİĞİ/OYÇOKLUĞU** ile karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ	KANAAT	İMZA
PROF.DR. KIYMET CALMURT	KABUL EDİLMESİNE	
Yrd.Doç.Dr. İlke ORUÇ	KABUL EDİLMESİNE	
Yrd.Doç.Dr. İffet Kesimli	KABUL EDİLMESİNE	

* Jüri üyelerinin, tezle ilgili kanaat açıklaması kısmında "Kabul Edilmesine/Reddine" seçeneklerinden birini tercih etmeleri gerekir.

T.C
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSAL TEZ MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞİ VE YAYIMLAMA İZİN FORMU

Referans No	10153402
Yazar Adı / Soyadı	EMEL YILDIZ
Uyruğu / T.C.Kimlik No	TÜRKİYE / 38767890480
Telefon	5326637989
E-Posta	emelyildiz59@hotmail.com
Tezin Dili	Türkçe
Tezin Özgün Adı	Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Uygulama: Güneş Enerji Santrali ve Rüzgar Enerji Santrali Kuruluş Maliyetleri
Tezin Tercümesi	Renewable Energy Resources of Turkey, Implementation: Construction Costs of Solar Power Plants and Windpower Plants
Konu	İşletme = Business Administration
Üniversite	Trakya Üniversitesi
Enstitü / Hastane	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	İşletme Anabilim Dalı
Bilim Dalı	İşletme Bilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans
Yılı	2017
Sayfa	204
Tez Danışmanları	PROF. DR. KIYMET ÇALIYURT 36277667868
Dizin Terimleri	
Önerilen Dizin Terimleri	
Kısıtlama	36 ay süre ile kısıtlı

Tezimin,Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Veri Tabanında arşivlenmesine izin veriyorum. Ancak internet üzerinden tam metin açık erişime sunulmasının 30.06.2020 tarihine kadar ertelenmesini talep ediyorum. Bu tarihten sonra tezimin, bilimsel araştırma hizmetine sunulması amacı ile Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi tarafından internet üzerinden tam metin erişime açılmasına izin veriyorum.
NOT: Erteleme süresi formun imzalandığı tarihten itibaren en fazla 3 (üç) yıldır.

30.06.2017

İmza: .....

Tezin Adı: Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Uygulama: Güneş Enerji Santrali ve Rüzgâr Enerji Santrali Kuruluş Maliyetleri

Hazırlayan: Emel YILDIZ

ÖZET

Geçmişten bugüne ihtiyaçların karşılanması ve yaşamın devamlılığı için gereken enerji, üretim ve tüketim boyutuyla da sosyo-ekonomik kalkınmanın önemli parametrelerinin başında yer alması nedeniyle ülkelerin sürekli gündeminde ve çokça tartışılan bir konusu haline gelmiştir. Günümüzde enerji tüketiminin büyük bölümü birincil enerji kaynaklarından karşılanırken, bu tüketimde fosil kaynakların oranı yüzde 87'dir.

Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisidir. Bu kaynaklar 2014 küresel enerji talebinin yüzde19,1'ni karşılarken, en büyük pay hidrolik enerjiye aittir. Dünya elektrik üretimin yüzde 16'sı, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin ise yüzde 85'i hidrolik enerji tarafından gerçekleştirilmiştir.

Türkiye bulunduğu konum, coğrafi yapısı ve yenilenebilir enerji potansiyeli ile enerji yatırımcılarını cezbeden bir ülkedir. Ülke, yaklaşık 60.000 MWt jeotermal ısı potansiyeli ile dünyada 7. Avrupa'da ise 1. sıradadır. Hidrolik enerjide ise 433 milyar KWh teorik potansiyeli ile dünya potansiyelinin yüzde 1'ini, 140 milyar KWh ekonomik potansiyeli ile Avrupa potansiyelinin yüzde 16'sına sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Fosil Enerji, Yenilenebilir Enerji.

Thesis: Renewable Energy Resources of Turkey, Implementation: Construction Costs of Solar Power Plants and Windpower Plants

Prepared by: Emel YILDIZ

ABSTRACT

Because of it is position within the parameters of socio-economic development with it is production and consumption aspects, energy which has been a necessity for fulfilling the needs continuation of life from past to present, is a hot topic all around the world. In todays world, energy need is being fulfilled mostly by primary energy resources, which fossil resources constitutes 87 percent of.

The most commonly used renewable energy resources in the world are hydraulic energy, geothermal energy, biomass energy, solar power and wind energy. While these resources meet the 19,1 percent of worldwide energy demand, the biggest share in this percentage belongs to hydraulic energy. 16 percent of energy production in total and 85 percent of energy production from renewable energy resources come from hydraulic energy.

Turkey, with her location, topography and renewable energy potential, is an appealing country to the investors. The country with the potential of 60.000 MWt geothermal energy takes the first place in Europe and the seventh place in the world. In terms of hydraulic energy she has the abstract potential amount of 433 billion KWh which is equal to 1 percent of total world potential; and economical potential amount of 140 billion KWh which is equal to the 16 percent of Europe's total potential.

Keywords: Energy, Fossil Energy, Renewable Energy.

ÖNSÖZ

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hızla gelişen yenilenebilir enerji sektörü hakkında gereksinim duyulan bilgileri ayrıntılı biçimde ele alarak oluşturduğum çalışmamın; işletme literatürüne, ilgili alandaki akademik çalışmalara ve yatırım yapmayı planlayan girişimcilere faydalı olmasını dilerim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince bana güvenen, destek ve yardımlarıyla yanımda olan danışman hocam Prof. Dr. Kıymet ÇALIYURT başta olmak üzere; Yrd. Doç. Dr. İlke ORUÇ'a, Trakya Üniversitesi İşletme Bölümü öğretim elemanlarına, coğrafya bilgisine sonsuz güvendiğim, çalışmamda büyük katkıları olan Trakya Üniversitesi Sosyal Bilgiler Öğretmenliği öğrencisi kardeşim Aylin YILDIZ'a, zorlandığım noktalarda mucizeler yaratan kıymetli kardeşlerim Aytaç GÜLTEKİN ve Tunabey KÜÇÜKKAHYAN'a, Çorlu Ticaret Odası Başkan Yardımcısı İsmail KÖROĞLU'na, güneş ve rüzgâr enerjisi uygulamalarında yol göstererek bilgi ve tecrübelerini paylaşan Sezgin AKBABA, Emre ZENGİN, Faik ŞENTÜRK, Mehmet DEMİL ve Tolga ERTAŞ'a, her koşulda yanımda olan, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

EDİRNE, 2017 **Emel YILDIZ**

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **I**
ABSTRACT ..... **II**
ÖNSÖZ ..... **III**
İÇİNDEKİLER ..... **IV**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **IX**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **XI**
KISALTMALAR ..... **XII**
GİRİŞ **1**
Araştırmanın Problemi **2**
Araştırmanın Amacı **3**
Araştırmanın Önemi **3**
Araştırmanın Sınırlılıkları **4**
Tanımlar **4**
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ **5**
Araştırma Modeli **5**
Veriler ve Verilerin Toplanması **5**
Verilerin Çözümü ve Yorumlanması **5**
1. ENERJİNİN TANIMI VE ÖNEMİ **6**
2. FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI **8**
2.1. Kömür 10
2.1.1. Dünyada Kömür Rezervleri ve Üretimi 11
2.1.2. Dünyada Kömür Tüketimi 12
2.1.3. Türkiye'de Kömür Rezervi ve Üretimi 13
2.1.4. Türkiye'de Kömür Tüketimi 15
2.2. Petrol 16
2.2.1. Dünyada Petrol Rezervleri ve Üretimi 17
2.2.2. Dünyada Petrol Tüketimi 18
2.2.4. Türkiye'de Petrol Rezervi ve Üretimi 19
2.2.5. Türkiye'de Petrol Tüketimi 20
2.3. Doğal Gaz 21

2.3.1. Dünyada Doğal Gaz Rezervleri ve Üretimi 22
2.3.2. Dünyada Doğal Gaz Tüketimi 23
2.3.3. Türkiye'de Doğal Gaz Rezervi ve Üretimi 24
2.3.4. Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi 25
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI 26
3.1. Biyokütle Enerjisi 28
3.1.1. Biyokütle Enerjisi Kaynakları 30
3.1.1.1. Bitkisel Üretim 30
3.1.1.2. Bitkisel Üretim Atıkları 35
3.1.2. Biyoyakıtlar 37
3.1.3. Dünyada Biyokütle Enerjisi Sektörü 41
3.1.4. Dünyada Biyoyakıt Sektörü 42
3.1.5. Türkiye'de Biyokütle ve Biyoyakıt Sektörü 46
3.1.5.1. Türkiye'de Biyokütle Enerjisi Sektörü 46
3.1.5.2. Türkiye'de Biyoyakıt Sektörü 47
3.2. Güneş Enerjisi 49
3.2.1. Güneş Enerjisi Teknolojileri 51
3.2.1.1. Isıl Güneş Teknolojileri 51
3.2.1.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri 51
3.2.1.1.2. Yoğunlaştırıcı (Termal) Kolektör Sistemleri 53
3.2.1.2. Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller – PV) 55
3.2.2. Güneş Enerjisi Santrali Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar 57
3.2.2.1. Sahanın Yeryüzündeki Konumu 57
3.2.2.2. İklim Özellikleri 57
3.2.2.3. Sahanın Konumsal Özellikleri 58
3.2.3. Dünyada Güneş Enerjisi Sektörü 59
3.2.4. Türkiye'de Güneş Enerjisi Sektörü 64
3.3. Hidroelektrik Enerji 66
3.3.1. Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES) 67
3.3.1.1. Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Sınıflandırılması 68
3.3.1.1.1. Düşü Yüksekliğine Göre Hidroelektrik Enerji Santralleri 68

3.3.1.1.2. Üretilen Enerjinin Özellik ve Değerine Göre Hidroelektrik Enerji Santralleri 69
3.3.1.1.3. Kapasitelerine Göre Hidroelektrik Enerji Santralleri 69
3.3.1.1.4. Yapısına Göre Hidroelektrik Enerji Santralleri 69
3.3.1.1.5. Depolama Özelliklerine Göre Hidroelektrik Enerji Santralleri 70
3.3.1.1.5.1. Depolamalı Hidroelektrik Enerji Santralleri 70
3.3.1.1.5.2. Depolamasız Hidroelektrik Enerji Santralleri 70
3.3.2. Hidroelektrik Enerji Santrali Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar 71
3.3.3. Dünyada Hidroelektrik Enerji Sektörü 72
3.3.4. Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Sektörü 79
3.4. Jeotermal Enerji 84
3.4.1. Jeotermal Sistem 86
3.4.1.1. Jeotermal Sistemlerde Rezervuar Sınıflandırılması 87
3.4.1.1.1. Rezervuar Sıcaklığına Göre Jeotermal Sistemler 87
3.4.1.1.2. Fiziksel Durumlarına Göre Jeotermal Sistemler 87
3.4.1.2. Jeotermal Sistemlerin Doğası ve Jeolojik Yerleşim 88
3.4.1.3. Jeotermal Sistem Çeşitleri 88
3.4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Kullanım Alanları 90
3.4.2.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi 91
3.4.2.1.1. Buhar Etkin Sahalar 91
3.4.2.1.2. Sıvı Etkin Sahalar 91
3.4.2.1.3. Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler (EGS) 92
3.4.2.2. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı 93
3.4.3. Dünyada Jeotermal Enerji Sektörü 95
3.4.3.1. Dünyada Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi 95
3.4.3.2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı 98
3.4.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji Sektörü 102
3.4.4.1. Türkiye'de Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi 103
3.4.4.2. Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı 105
3.5. Rüzgâr Enerjisi 108
3.5.1. Rüzgârların Sınıflandırılması 110
3.5.1.1. Küresel Rüzgâr Sistemleri 110

3.5.1.2. Yerel Rüzgâr Sistemleri 110
3.5.2. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli 111
3.5.3. Rüzgâr Enerjisinin Kullanım Alanları 112
3.5.4. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması 113
3.5.5. Rüzgâr Enerjisi Santrali Kurulacak Alanın Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar 116
3.5.6. Dünyada Rüzgâr Enerjisi Sektörü 117
3.5.7. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Sektörü 122
4. ENERJİ KAYNAKLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ 126
4.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği 128
4.1.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) .. 129
4.1.2. Kyoto Protokolü 130
5. ENERJİ VERİMLİLİĞİ 136
5.1. Sanayide Enerji Verimliliği 141
5.2. Binalarda Enerji Verimliliği 142
5.3. Ulaşımda Enerji Verimliliği 142
6. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARINA UYGULANAN TEŞVİKLER 143
6.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji İle İlgili Mevcut Ulusal Politikası 143
6.1.1. 4328 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu 144
6.1.2. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu 144
6.1.3. 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun 145
6.1.4. 6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun 145
6.2.Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımını Teşvik Etmeye Yönelik Uygulanan Destek Mekanizmaları 147
6.2.1. Sabit Fiyat Garantisi (FIT) 147
6.2.2. Lisanssız Üretim Hakkı 149
6.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Özendirmeye Yönelik Teşvikler 149
6.3.1. Bölgesel Ölçekli Yatırım Teşvikleri 150
6.3.2. Büyük Ölçekli Yatırım Teşvikleri 150

6.3.3. Stratejik Yatırım Teşvikleri 151
6.3.4. Genel Teşvik Uygulamaları 152
6.4. Enerji Sektörüne Sağlanan Finansal Destekler 152
6.4.1. Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Destek Programı (EN-AR) 152
6.4.2. Küresel Çevre Fonu (GEF) Küçük Destek Programı Türkiye 153
6.4.3. Kalkınma Bankası Kredileri 154
6.4.3.1. Avrupa Yatırım Bankası Kaynaklı Çevre ve Enerji Kredisi 154
6.4.3.2. Alman Kalkınma Bankası (KFW) Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi 154
6.4.3.3. İslam Kalkınma Bankası Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi 154
6.4.3.4. Japonya Uluslararası İşbirliği Bankası (JBIC) Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi 155
6.4.3.5. Dünya Bankası Kaynaklı Jeotermal Enerji Geliştirme Kredisi 155
6.4.4. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Kredileri 155
6.4.4.1. Dünya Bankası Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi 156
6.4.4.2. Avrupa Yatırım Bankası Çevre ve Enerji Çerçeve Kredisi 156
6.4.4.3. Fransız Kalkınma Ajansı (AFD) Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi 156
6.4.5. Bölgesel Kalkınma Ajansları Mali Destek Programları 157
6.4.6. Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) 157
6.4.6.1. Yenilenebilir Enerji Kredileri 157
6.4.6.2. Küçük Ölçekli Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kredileri 158
6.4.6.3. Tedarikçi Kredileri 158
6.4.6.4. Satıcı Kredileri 159
7. GÜNEŞ VE RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ KURULUŞ MALİYETLERİ 160
7.1. Edirne İlinin Coğrafi Konumu ve Yatırımların Uygulanabilirlik Açısından Değerlendirilmesi 161
7.2. Güneş Enerji Santrali Kuruluş Maliyetleri 162
7.3. Rüzgâr Enerji Santrali Kuruluş Maliyetleri 167
SONUÇ 173
KAYNAKÇA 184

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 Fosil Enerji Kaynaklarının Bölgelere Göre Ortalama Tükeniş Süreleri ... 8
Tablo 2 2014 Dünya Kömür Rezervleri (Milyon Ton) 11
Tablo 3 2014 Bölge ve Ülkelerin Kömür Üretim Dağılımı..... 12
Tablo 4 2014 Bölge ve Ülkelerin Kömür Tüketim Dağılımı 13
Tablo 5 2014 Petrol Rezervi Bölge ve Ülke Dağılımı..... 17
Tablo 6 2014 Bölge ve Ülkelerin Petrol Üretim Dağılımı 18
Tablo 7 2014 Bölge ve Ülkelerin Petrol Tüketim Dağılımı 19
Tablo 8 2014 Doğal Gaz Rezervinin Bölge ve Ülke Dağılımı..... 22
Tablo 9 2014 Bölge ve Ülkelerin Doğal Gaz Üretim Dağılımı..... 23
Tablo 10 2014 Bölge ve Ülkelerin Doğal Gaz Tüketim ve Dağılımı..... 23
Tablo 11 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çıktıları 26
Tablo 12 Türkiye 2014 Bitkisel Üretimi 31
Tablo 13 Türkiye'de Bitkisel Üretim Atıkları..... 35
Tablo 14 Boyutlarına Göre PV Uygulama Alanları 56
Tablo 15 Termal Sistemlerin Dünya Genelindeki Durumu..... 60
Tablo 16 2015 Yılı İlk 10 Ülkenin Kurulu GES Güç ve Toplam Kapasiteleri 62
Tablo 17 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli 65
Tablo 18 Türkiye Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı 65
Tablo 19 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Tüzel Kişiler Tarafından Gerçekleştirilecek Projeler (2 Mayıs 2016 İtibariyle) 82
Tablo 20 Türkiye'de İşletmede Olan Üretim Lisanslı HES'lerin Bölgesel Dağılımı 83
Tablo 21 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları (Lindal Diyagramı) .. 93
Tablo 22 Dünyada Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretiminin Bölgesel Dağılımı... 95
Tablo 23 Dünyada Kullanılan Jeotermal Enerji Santrali Tiplerinin Dağılımı..... 97
Tablo 24 Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımında Bölgesel Dağılımı 98
Tablo 25 Dünyada Jeotermal Enerjinin Kullanım Şekline Göre Dağılımı..... 98
Tablo 26 Türkiye'de İşletmede Olan Jeotermal Enerji Santralleri..... 104

Tablo 27 Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Merkezi Isıtmada Kullanıldığı Şehirler 106
Tablo 28 Pürüzlülük Sınıfları ve Uzunluğu 108
Tablo 29 2014-2015 Yılları Dünya RES Kurulu Güçleri 118
Tablo 30 Türkiye'nin 50 m Yükseklikte Rüzgâr Kapasitesi 124
Tablo 31 Sera Gazlarının KIP Değerleri ve Atmosferde Kalma Süreleri 128
Tablo 32 Ek-1 ve Ek-2 Ülkeleri 130
Tablo 33 1990-2014 CO_2 Emisyonları (Milyar Ton) 132
Tablo 34 Elektrik Üretiminden Kaynaklanan Emisyonların Yıllara Göre Dağılımı (1990-2013) 134
Tablo 35 1995-2013 Kişi Başı Emisyon Miktarları (Ton/Kişi) 134
Tablo 36 AB 2008-2012 Tüketim ve Tasarruf Miktarları 138
Tablo 37 Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Uygulanan Sabit Fiyat Garantisi ve Yerli Katkı İlavesi (I ve II Sayılı Cetvel) 147
Tablo 38 Türkiye'de Bölgesel Yatırım Teşvikleri 150
Tablo 39 Türkiye'de Büyük Ölçekli Yatırım Teşvikleri 151
Tablo 40 Türkiye'de Stratejik Yatırım Teşvikleri 151
Tablo 41 Seçilen Bölgede Yapılması Planlanan 1 MW GES'in Elektrik Üretim Tahminleri 163
Tablo 42 GES Ekonomiksel Değerler ve Yatırım Hesaplama Tablosu 163
Tablo 43 Güneş Enerji Santralinin Yıllık Gider/Gelir Değişimi ve Yatırımın Geri Dönüşü 166
Tablo 44 Rüzgâr Türbini Özellikleri 167
Tablo 45 RES Ekonomiksel Değerler ve Yatırım Hesaplama Tablosu 169
Tablo 46 Rüzgâr Enerji Santralinin Yıllık Gider/Gelir Değişimi ve Yatırımın Geri Dönüşü 170
Tablo 47 GES ve RES Yatırımlarının Karşılaştırılması 171

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Kömür, Petrol ve Doğal Gazın Enerji Kaynakları İçindeki Paylarının Değişimi (MTEP) 9
Şekil 2 Türkiye Kömür Sahaları ve Potansiyel Kullanım Alanları 14
Şekil 3 2003-2014 Türkiye'de Yerli Kömür Üretimi (Bin Ton) 15
Şekil 4 2004-2014 Türkiye'de Kömür Tüketimi (Milyon Ton) 16
Şekil 5 1999-2014 Türkiye'de Ham Petrol Üretimi (Milyon Ton) 20
Şekil 6 2004-2014 Türkiye'de Petrol Tüketimi (Milyon Ton) 21
Şekil 7 1999-2014 Türkiye'de Doğal Gaz Üretimi (Milyon m^3) 24
Şekil 8 2004-2014 Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi (Milyar m^3) 25
Şekil 9 Dünya Enerji Rezervleri 28
Şekil 10 2013 Küresel Aktif Güneş Isıtma Sistemleri Kapasitesi 62
Şekil 11 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) 64
Şekil 12 Küresel Hidroelektrik Kurulu Kapasite, Elektrik Üretimi ve Teknik Potansiyeli 73
Şekil 13 Türkiye'deki Su Havzaları 80
Şekil 14 Küresel Jeotermal Kullanımı 90
Şekil 15 Türkiye'de Jeotermal Kaynaklar ve Volkanik Alanlar 103
Şekil 16 Türkiye'de Jeotermal Enerjisi Doğrudan Kullanım Dağılımı 106
Şekil 17 Dünya Teknik Rüzgâr Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı 118
Şekil 18 Başlıca Ülkelerin 2015 RES Kurulu Güçleri 119
Şekil 19 Türkiye'de Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) 126
Şekil 20 Türkiye RES Bölgesel Dağılımı 128
Şekil 21 Türkiye 1990-2013 Toplam Sera Gazı Emisyonları (LULUCF Hariç) 133
Şekil 22 2000-2014 Ortalama Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu 139
Şekil 23 Türkiye'de 2013-2014 Nihai Enerji Tüketimi 140
Şekil 24 Teşvik Planına Göre Türkiye'nin Bölgeleri 149

KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AEL : Afşin Elbistan Linyit İşletmesi
As : Arsenik
ASTM : American Society for Testing and Materials
AWEA : American Wind Energy Association
B : Bor
BEA : Birleşik Arap Emirlikleri
BEPA : Biyokütle Enerji Potansiyeli Haritası
BDT : Bağımsız Devletler Topluluğu
BET : Birincil Enerji Tüketimi
BMİDÇS : Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BP : British Petroleum
Ca : Kalsiyum
ºC : Santigrat Derece
CH_4 : Metan
CH_2O : Formaldehit
CFC : Kloroflorokarbon
CIS : Copper Indium
Cl : Klorür
CO_2 : Karbondioksit
CO_3 : Karbonat
COP : Conference of the Parties
CPV : Concentrator Photovoltaic
CSP : Concentrated Solar Power
Cu : Bakır
ÇED : Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği
Da : Dekar
DEK-TMK : Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi

DSİ : Devlet Su İşleri
EGS : Enhanced Geothermal System
EJ : Egzajoule
ENVER : Enerji Verimliliği Derneği
EÜAŞ : Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EPA : Environmental Projection Agency
EPDK : Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
ETKB : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
F : Florür
FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe : Demir
FCCC : Framework Convention on Climate Change
GAP : Güneydoğu Anadolu Projesi
GEPA : Güneş Enerji Potansiteli Atlası
GES : Güneş Enerji Santrali
GTB : Gümrük ve Ticaret Bakanlığı
GW : Gigawatt
GWh : Gigawatt Saat
GWEC : Global Wind Energy Council
H : Hidrojen
Ha : Hektar
HCO_3 : Bikarbonat
HDR : Hot Dry Rock
HES : Hidroelektrik Enerji Santrali
Hg : Cıva
H_2O : Dihidrojenmonoksit
H_2S : Sülfür
IEA : International Energy Agency
IHA : International Hydropower Association
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
ISCC : Integrated Solar Combined Cycle
IWPCO : Iran Water &Power Resources Development Co.

İPM : İstanbul Politika Merkezi
JES : Jeotermal Enerji Santrali
JPY : Japanese Yen
K : Potasyum
ºK : Degree Kelvin
Kcal : Kilokalori
KDV : Katma Değer Vergisi
KIB : Küresel Isınma Potansiyeli
KJ : Kilojoule
Km^2 : Kilometrekare
KG : Kilogram
KWh : Kilowatt Saat
LFR : Linear Fresnel Power
Li : Lityum
LPG : Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
LULUCF : Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
m : Metre
mm : Milimetre
m^2 : Metrekare
m^3 : Metreküp
MEGEP : Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi
Mg : Magnezyum
MJ : Megajoule
M.Ö. : Milattan Önce
Mn : Mangan
m/s : Metre/Saniye
M.S. : Milattan Sonra
MTA : Maden Tetkik Arama Enstitüsü
MTEP : Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW : Megawatt
MWth-MWt :Megawatt thermal

Na : Sodyum
NH_4 : Amonyak
Ni : Nikel
N_2 : Nitrojen
N_2O : Diazotmonoksit
O_2 : Oksijen
O_3 : Ozon
OECD : Organisation for Ecenomic Cooperation Development
OME : Observatiore Méditerrannéen I'Energie
OPEC : Organization of the Petroleum Exporting Countries
ÖTV : Özel Tüketim Vergisi
Pb : Kurşun
PETDER : Petrol Sanayi Derneği
PHES : Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali
PJ : Petajoule
PV : Photovoltaic
REN21 : Renewable Energy Policy Network for 21st. Century
REPA : Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
RES : Rüzgâr Enerji Santrali
Rn : Radon
RFS : Renewable Fuel Standart Programme
$SİO_2$: Silisyumdioksit
SO_4 : Sülfat
TAPDK : Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu
TEİAŞ : Türkiye Elektrik İşletmeleri
TEP : Ton Petrol Eşdeğeri
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB : Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği
TMMOB : Türkiye Makine Mühendisleri Odası Birliği
TOBB : Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TP : Türkiye Petrolleri

TTK : Türkiye Taş Kömürü Kurumu

TUBİTAK **:** Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TUBİTAK - MAM : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi

TUİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TW : Terawatt

TWh : Terawatt Saat

UÇES : Avrupa Birliği Çevre Entegre Uyum Stratejisi

UNEP : United Nations Environment Programme

UNFCC : United Nations Framework Convention on Climate Change

VOCs : Volatile Organic Compounds

W : Watt

WBA : World Bioenergy Association

WEO : World Energy Outlook

YAME : Yağ Asidi Meti Esteri

YEGM : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

YEK : Yenilenebilir Enerji Kaynakları

YY : Yüzyıl

ZMO : Ziraat Mühendisleri Odası

Zn : Çinko

Z_o : Pürüzlülük Uzunluğu

GİRİŞ

İnsan ırkı geçmişten bugüne birçok enerji kaynağını kendi yararlarına kullanmıştır. İlk zamanlarda besinleri enerji ihtiyaçlarını karşılamakta kullanırken, zamanla farklı formda ve kullanım alanına sahip enerji kaynaklarının keşfedilmesiyle birlikte toplumsal değişim ve gelişimin önü açılmıştır.

Dünya genelinde arz edilen enerjinin büyük bölümü fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Bugün modern sanayi üretiminin yoğun olduğu ülkeler çok yüksek miktarlarda kömür, petrol ve doğal gazın kullanıldığı, teknolojik ilerlemelerle büyüyen topluluklardır. Bu büyümenin birçok sorunun da temelini oluşturduğu bilinmektedir. Hızlı büyüme isteğine hızla artan nüfusun eklenmesiyle birlikte tüketim ve talep artışı, artan talep doğrultusunda da sanayileşmenin artması daha fazla fosil kaynak arzını beraberinde getirmektedir. Küresel düzeyde tüketimin bu denli büyümesi yenilenemeyen kaynak rezervlerinin hızla tükenmesine ve çevre kirliliğinin artmasına yol açtığından, dünya genelinde ucuz, temiz ve kolay temin edilebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi gerekmektedir.

Bu noktadan yola çıkılarak yapılan çalışmada dünyada ve Türkiye'deki mevcut enerji kaynaklarının potansiyelleri, üretim ve tüketim boyutlarıyla ele alınmış, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının iktisadi yönü ve bu alandaki gelişmeler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Tezin birinci bölümünde enerjinin insanlık tarihindeki yeri ve önemi ele alınmıştır.

Tezin ikinci bölümünde fosil enerji kaynakları sınıflandırılarak, ülkelerin rezerv durumları, üretim ve tüketimi incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde fosil enerji kaynaklarına alternatif olacağını göstermek amacıyla dünya genelinde kullanım olanağına sahip olan biyokütle, güneş, hidrolik, jeotermal ve rüzgâr enerji kaynakları tanımlanarak, üretim teknolojilerindeki gelişmeler, dünyada ve Türkiye'deki yenilenebilir kaynakların potansiyelleri, kullanım miktarları ve kullanım alanları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde enerji ve çevrenin birbiriyle olan etkileşimi ile küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede etkin rol oynayan uluslararası müzakerelere yer verilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılmasına dair tasarruf önlemlerine yer verilmiştir.

Tezin altıncı bölümünde Türkiye'nin yenilenebilir enerji ile ilgili mevcut yasal politikası, kullanımı teşvik etmeye yönelik uygulanan destek mekanizmaları ve yatırımları özendirmeye yönelik teşvikler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Tezin yedinci bölümünde ise günümüzde diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük yatırım maliyetlerine sahip olan ve dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yatırımlarının hızla arttığı güneş ve rüzgâr enerjisine yer verilmiştir. Edirne İline kurulacağı varsayılan enerji santrallerinin lisanssız üretimin en üst sınırı olan 1 MW seçilerek, alınan verilerle güneş ve rüzgar enerji santrallerinin yaklaşık kuruluş maliyetleri oluşturulmuştur.

Araştırmanın Problemi

Enerji, doğal yaşam ve insan uygarlığının devamı için temel ve vazgeçilmez bir unsurdur. Bu yaşamsal gereksinim, üretim, tüketim ve dönüşüm boyutuyla çevre ve sürdürülebilirlik açısından en önemli girdi olarak kabul edilirken, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini ölçmede kullanılan en geçerli göstergedir.

Günümüzde halen enerji ihtiyacının büyük bölümü petrol, doğal gaz ve kömürden elde edilmektedir. Bu durum ülke ekonomilerine maddi yük getirirken, üretim ve tüketim aşamalarında oluşan atıkları çevre tahribatlarına, zararlı gazların atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Fosil enerji kullanımı küresel ısınma ve iklim değişikliğini beraberinde getirdiğinden, yaşanabilir çevrenin korunması adına tüm insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerle enerji üretim ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin dikkate alınması, enerji arzında yenilenebilir enerji payının arttırılması öncelik ve ağırlık verilmesi gereken konulardandır.

Araştırmanın Amacı

Modern hayatta gündelik ihtiyaçların karşılanması için genel gereksinim olan enerji, hayat standartlarının yükselmesi, dünya nüfusunun artışı ve buna bağlı olarak tüketimin hızla artmasıyla daha önemli hale gelmiştir. Çalışmada; geçmişten bugüne doğal yaşamın, insan uygarlığı ve bilgi toplumunun en kıymetli girdisi olan enerjinin dünyada ve Türkiye'deki önemine vurgu yapılmaktadır.

Bu amaçla;

1) Enerjinin tanımı, insanlık tarihindeki önemi, mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılmasına dair tasarruf önlemleri, enerji ve çevrenin birbiriyle olan etkileşimi ile küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede etkin rol oynayan uluslararası müzakereler açıklanacak,

2) Fosil enerji kaynaklarının oluşumu, dünyada ve Türkiye'de rezerv kapasiteleri, üretim ve tüketim durumları sayısal verilerle incelenecek,

3) Yenilenebilir enerji kaynakları; mevcut potansiyelleri, üretim teknolojileri ve kullanım olanakları bakımından güncel veriler ışığında dünyada ve Türkiye'deki uygulamaları açıklanacak,

4) Türkiye'nin yenilenebilir enerji ile ilgili mevcut ulusal politikaları, kullanımı teşvik etmeye yönelik uyguladığı destek mekanizmaları incelenecek,

5) Lisanssız üretimin en üst sınırı seçilerek güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin kuruluş maliyetleri oluşturulacaktır.

Araştırmanın Önemi

Sanayileşme, nüfus artışı, teknolojik ilerlemeler ile refah ve gelir artışları tüketilen enerji miktarlarında da artışa yol açmaktadır. Geçmişten bugüne tüm dünyada fosil kaynaklara erişimin kolay olmasından dolayı, mevcut talepler bu kaynaklardan temin edilmiştir. Fakat mevcut fosil enerji kaynak rezervlerinin sınırlı oluşu, bu kaynaklara erişimi ithalat yoluyla gerçekleştiren ülke sayısının fazla olması ve yaşanan enerji krizleri büyük bir risk teşkil etmektedir.

Türkiye'nin de enerjide dışa bağımlı bir ülke olması, ağır dış ödeme yükünün de üstlenilmesini beraberinde getirmektedir. 2013 yılında yüzde 73'e ulaşan dışa bağımlılık, ülkeyi son dönemlerde OECD ülkeleri arasında enerji talebinin en hızlı

artış gösterdiği ülke durumuna getirmiştir. Özellikle de 2002'den bu yana doğal gaz ve elektrik talebinde Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Yapılan tahminlere göre de 2030 yılında Türkiye'nin enerji talebinin yüzde 42 artacağı öngörülmektedir.

Yenilebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki payının arttırılması oluşabilecek riskleri bertaraf ederken, ekonomik büyümeye, enerji sektörünün gelişmesine ve yeni teknolojilerle birlikte ülkenin rekabet gücünün arttırılmasına da olanak sağlayacaktır.

Araştırmanın Sınırlılıkları

1) Sektörde faaliyet gösteren işletmeler ticari kazançlarının olmaması ve çalışmalarının 3. şahıslara ulaşılmasını istemediğinden, konu ile ilgili bilgi paylaşımında bulunmamışlardır. Bu nedende birinci el kaynaklara erişim kısıtlı kalmıştır.

2) Çalışmada faydalanılan ikinci el kaynakların birbirinin tekrarı özelliği göstermesi, bazılarının eski olmasından kaynaklı olarak günümüz şartlarına uygun olmayışı, tek kaynak üzerinden konunun irdelenmesi ve verilerin revize edilmemesi gibi durumlar çalışmada bilgi kullanımını sınırlandırmıştır.

3) Ülkelerin kendi çıkar, ekonomik beklenti ve politikaları doğrultusunda açıkladığı bilgiler ile ulusal ve uluslararası raporlarda yer alan verilerin tutarsız oluşu çalışmada güvenilir verilerin kullanılmasını kısıtlamıştır.

Tanımlar

Enerji: Fiziksel bir sistemin yapabileceği iş veya üretebileceği ısıyı belirten bir fonksiyondur.

Fosil Enerji Kaynakları: Bitki ve hayvanların kum, çakıl, toprak gibi birikmelerle yer altında kalarak, belirli bir basınç ve ısı ile fosilleşip değişime uğradığı organik kaynaklardır (Ceylan, 2015: 34).

Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Yeryüzünde ve doğada genellikle bir üretim uygulamasına gerek duyulmadan elde edilebilen, sürekli yenilenen ve kullanılmaya hazır vaziyette doğada bulunan; hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle gibi enerji kaynaklarıdır (Öztürk, 2013: 14).

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırma Modeli

Hazırlanan çalışmada betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde elde edilen veriler, daha önceden belirlenmiş başlıklar altında özetlenmekte ve yorumlanmaktadır. Betimsel analiz yönetiminin seçilmesindeki amaç; çalışmanın nitel araştırma olması ve elde edilen veriler dâhilinde çalışmanın oluşturulmasıdır. Tezin yazımına geçmeden önce bu konuda yayınlanan birçok kitap, makale ve tez incelenerek karşılaştırılmış, içeriğe dâhil edilecek konular belirlenerek araştırma genişletilmiştir.

Veriler ve Verilerin Toplanması

Çalışmada güneş ve rüzgar santrali kuruluş maliyetlerini oluşturan gider kalemleri birinci elden, diğer veriler ise literatür taramasıyla elde edilmiştir. Kaynak olarak; konu ile alakalı yayınlanmış kitap, makale, yüksek lisans ve doktora tezleri, ulusal ve uluslararası resmi kurumlar ile çeşitli kuruluşların raporları ve internet sitelerinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Araştırmada kullanılan literatür taramasında bilimsel bilgi niteliği taşıyan kaynaklara öncelik verilmiştir.

Verilerin Çözümü ve Yorumlanması

Literatür taramasıyla ulaşılan veriler analitik ve eleştirel yaklaşımla ele alınarak, durum değerlendirilmesi yapılmıştır.

1. BÖLÜM

ENERJİNİN TANIMI VE ÖNEMİ

İnsan uygarlığının başlamasıyla birlikte ısı ve ışık gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılan enerji, teknolojinin gelişmesiyle birlikte yaşamın devamı için temel ve vazgeçilmez bir unsur halini almıştır. Bu yaşamsal gereksinim, gündelik hayatımızda kullandığımız birçok aletin çalışmasını ve iş yapmasını sağlaması, kişisel ve toplumsal faydayı da beraberinde getirmiştir.

Enerji disiplinler arası bir kavram olması ve birçok biçime girebilmesinden dolayı net bir tanım yapmak imkânsızdır. Enerji, fiziğin temel büyüklüklerindendir ve doğrudan ölçülemeyen bir değerdir. Enerji sözcük olarak yunanca "iç" ve "iş" kelimelerinden türetilmiştir (Öztürk, 2008: 1). Fiziksel bir sistemin yapabileceği iş veya üretebileceği ısıyı belirten bir fonksiyondur. Genel kabul gören tanımını yapmak gerekirse; bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir.

Geçmişten bugüne insanoğlu birçok enerji kaynağını kendi yararına kullanmıştır. Besinleri organlarının hayati fonksiyonlarını yerine getirmede kaynak olarak kullanırken, kölelik sisteminin olduğu zamanlarda insan gücü bir enerji kaynağı olarak kullanmıştır. Yerleşik hayata geçiş ile birlikte taşımacılık ve tarım faaliyetlerinde hayvan gücünü, tahıl öğütmede suyun gücünü, deniz ulaşımı, su pompalama ve elektrik üretimi için rüzgârın gücünü kullanmışlardır. Bu dönem 18. yy. da Newcoman'ın kömürle çalışan buhar makinesini icadıyla kullanılan enerji kaynakları tamamen değişmiş, James Watt'ın sanayide kullanılacak vaziyete getirmesiyle sanayi devriminin başlamasına etki etmiştir (Ablabekova, 2008: 5).

Sanayi devriminin en belirgin özelliği üretim miktarındaki büyük artış (Gökkaya ve Yeşilbursa, 2014: 146) olması nedeniyle, bu dönem "*Sürdürülebilir Büyümeye Geçiş"* olarak adlandırılır. Yaşanan bu süreçte endüstri kollarının birbirini etkilemesiyle başlayan gelişim önce bir ulusu sonra tüm dünyanın dönüşümüne etki etmiştir (Ata, 2013: 214). Yapılan icatlara 19. yy. da ABD'de petrolün bulunması da eklenince insanoğlunun dünyadaki egemenliği büyük boyutta genişlemiştir. Teknoloji ile enerji arasında büyük bağ olması ve yapılan icatlarla bugün kullandığımız telefon,

elektrik ampulü, elektrik motoru, dizel motor, araba gibi birçok teknolojik ürünün geliştirilmesine katkı sağlamıştır.

Gelişmiş teknolojilerinin kullanımını sağlayan enerji, gelişmeler ile tüketimi artış yönünde ivme kazanmıştır. Modern hayatta gündelik ihtiyaçların karşılanması için genel gereksinim olan enerji, hayat standartlarının yükselmesi, dünya nüfusunun artışı ve buna bağlı olarak tüketimin hızla artmasıyla daha önemli hale gelmiştir. Günümüz şartlarında enerji kıtlığı gelişmiş ülkeler için yaşam kalitesinin düşmesi iken, gelişmekte olan ülkeler için yoksulluk anlamına gelmektedir (Tamzok, 2005: 1)

Ekonomik kalkınmanın önemli maddelerinden enerji, ülkelerin sürekli gündeminde olan ve çokta tartışılan bir konusudur. 1970'li yıllarda petrol fiyatlarının artmasıyla meydana gelen petrol krizi, fosil kaynakların ucuz ve güvenilir olmadığını, kaynak yoksunu ülkeler için ciddi bir maliyet oluşturduğunu göstermesiyle ucuz ve sürdürülebilir enerji kaynak arayışlarına yönelmelerine neden olmuştur.

Doğada enerji mekanik, kimyasal, nükleer, hidrolik, güneş enerjisi gibi formlarda bulunabilir ve bu enerji kaynakları başka enerjiye dönüşebilmektedir. Enerji tanımı çoğunlukla elektrik enerjisi terimi yerine kullanılmaktadır. Mekanik ya da ısı enerjisinin elektriğe dönüştürülmesiyle elde edilerek tüketicilere sunulan enerjiye elektrik enerjisi denilmektedir (Uğurlu, 2006: 1-2).

Farklı formlarda bulunan enerji kaynaklarını sınıflandırılmasında çeşitli ölçütler vardır. Genelde kullanılan ölçütler kaynağın kökeni, tükenirlilik durumu ve ticaretteki konumudur. Kullanışlarına göre yenilenemez ve yenilenebilir enerji, dönüştürülebilirliklerine göre de birincil (primer) ve ikincil (sekonder) olarak sınıflandırılır. Birincil enerji kaynakları doğada mevcut bulunan, değişim ya da dönüşüm geçirmemiş enerjilerdir. Bunlar kömür, petrol, doğal gaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, dalga, gel-git ve rüzgârdır. Birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile ikincil enerjiler elektrik, benzin, mazot, motorin, ikincil kömür, kok, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) üretilmektedir.

2. BÖLÜM

FOSİL ENERJİ KAYNAKLARI

Küreselleşen dünyada teknolojik ilerlemeler, refah seviyesindeki artış ve nüfus artışı ile birlikte enerji vazgeçilmez bir ihtiyaç halini almıştır. Günümüzde enerji kaynakları çeşitlense de talep edilen enerjinin büyük bölümü fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Fosil enerji olarak tanımlanan kömür, petrol ve doğalgaz milyonlarca yıl önce bitki ve hayvanların kum, çakıl, toprak gibi birikmelerle yer altında kalmış, belirli bir basınç ve ısı ile fosilleşip değişime uğrayan organik kaynaklardır (Ceylan, 2015: 34). Oluşumu yüzyıllar almasına karşın, tükenmesi hızlı gerçekleştiğinden, fosil kaynaklar yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılırlar (Öztürk, 2008: 15). Bu bölümde fosil enerji kaynaklarının oluşumu, dünyada ve Türkiye'de rezerv kapasiteleri, üretim ve tüketim durumları sayısal verilerle kısaca açıklanmıştır.

Tablo-1 Fosil Enerji Kaynaklarının Bölgelere Göre Ortalama Tükeniş Süreleri

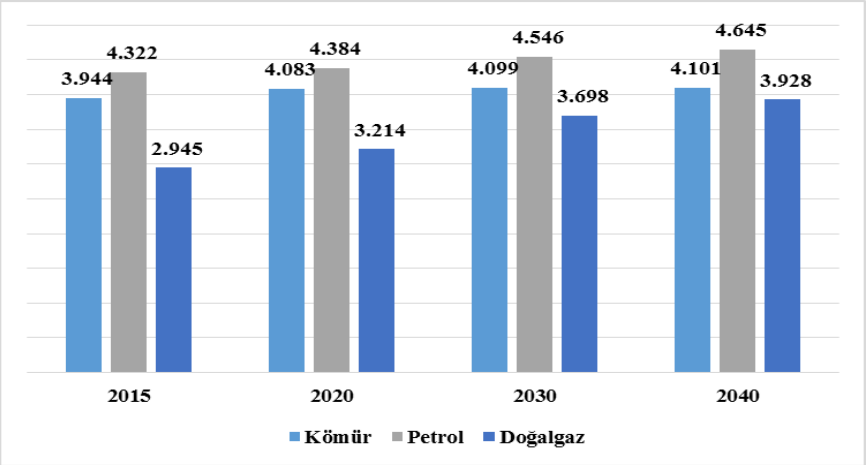
Bölge	Kömür (Yıl)	Petrol (Yıl)	Doğalgaz (Yıl)
Kuzey Amerika	248	34	13
Orta ve Güney Amerika	142	-	44
Avrupa ve Avrasya	268	25	58
Orta Doğu	-	79	-
Afrika	122	43	70
Asya Pasifik	51	14	29
Dünya	110	53	54

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Not: Tablodaki veriler 2014 verilerine göre hesaplanmış olup, tüketim azalması ya da yeni rezervler bu sürelerde değişim gerçekleştirir.

2014 yılında birincil enerji tüketimi yüzde 0,9 artarak 12.928.4 MTEP olmuştur. Bu tüketimde yüzde 87'lik pay fosil kaynaklarındır (BP 2015: 41). Mevcut enerji kaynaklarının yetersizliği, talebin karşılanması ülkeler için hayati önem taşımakta, enerji ithalat ve ihracatı ülke ekonomilerinde büyük pay edinmelerine neden olmaktadır. Dünya toplam enerji ithalatında en büyük pay yüzde 22,3 ile Avrupa'dadır. Avrupa'yı yüzde 16,3 ile ABD, yüzde 13,4 ile de Çin takip etmekte ve en yüksek petrol ithalatını da Avrupa, Çin, ABD, Japonya ve Hindistan gerçekleştirmektedir. Küresel

ölçekte birincil enerji kaynakları arasında en büyük pay petrolün olsa da günümüzde düşüş eğilimi göstermektedir. 2000 yılında yüzde 38 olan payı şu anda yüzde 33'tür. Buna karşın kömür enerji kaynakları arasında payını arttırma yönündedir ve oranı yüzde 25'ten yüzde 30'a çıkmıştır.



Şekil-1 Kömür, Petrol ve Doğal Gazın Enerji Kaynakları İçindeki Paylarının Değişimi (MTEP)

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), (2012), *Doğal Gaz Piyasası 2011 Sektör Raporu,* Ankara.

BP'nin 2035 yılı enerji alanında gerçekleşebilecek değişimlerin yer aldığı raporunda 2013 yılında 7,1 milyar olan dünya nüfusunun 2035 yılında 8,7 milyara ulaşacağı, bu artışın büyük kısmının Asya ve OECD-dışı bölge ülkelerinde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Nüfusta beklenen 1,6 milyarlık artış, enerji tasarruf alanında yeni politikalar, girişimler oluşturulsa bile artan ihtiyacı karşılamak adına gelecekte daha çok enerji arzını zorunlu kılmaktadır ($BP_{a,}$ 2015: 9).

Talep ve kaynak tercihinde uzun dönem değişimleri etkileyen sebeplerden biri enerji piyasa dinamiklerinin ülkelere göre farklılık göstermesidir. Ortalama yüzde 1,4'lük bir büyüme, enerji talebinde yüzde 37'lik bir artışa neden olacaktır. Bu durum tüketimde OECD-dışı ülkelerde yüzde 93 artış iken, OECD ülkelerinde ise yüzde 11 oranında gerileme olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (WEO, 2010: 77).

Uluslararası kurum ve kuruluşların enerji projeksiyonlarına göre fosil kaynakların uzun dönem içerisinde yüzde 75'lik bir pay ile yerini koruyacağı öngörülmektedir. Kömürün sanayide kullanımının azalması, petrolün ulaştırmada yerini elektriğe bırakması sonucu tüketimde azalma kaydedilebilecektir. 2035 yılında doğal gaz düşük CO_2 emisyonuna sahip olması nedeniyle hızla artış gösterirken, yüzde 1,9 petrol, yüzde 0,8 ile kömürün takip edeceği varsayılmaktadır (BP_a, 2015: 13).

2.1. Kömür

Kömür, bitki ve bitkisel kökenli maddelerin bataklıkta oksijensiz kalarak dibe çökelmesi sonucu ısı, basınç gibi fiziksel ve kimyasal tepkimelerle yanan maddelerin tabakalaşarak oluşturduğu maden ve kayaçtır. Kömürlerin meydana geldiği bataklıklar hacmine de etki etmektedir. Delta ve göllerde kalın damarlı, lagün ve akarsu taşma ovalarında ise ince damarlı kömür yatakları oluşmaktadır (Acaroğlu, 2013: 27). Birinci jeolojik zaman karbonifer döneminde taş kömürü, üçüncü jeolojik zaman neozik döneminde ise linyit yatakları meydana gelmiştir (Atalay, 2012: 173-176).

Kömürün yapısındaki sabit karbon, nem, kül, uçucu madde ve serbest minerallere göre ısıl değerleri değişkenlik gösterdiğinden çeşitli sınıflandırmalara tabii tutulurlar (Wood vd. 1983: 17). Taş kömürü ve kahverengi kömür olarak ayrılan kömür çeşitlerinde düşük nem miktarı, yüksek karbon ve ısıl değeri (<7000kcal) nedeniyle dünyada en değerli ve nadir kömür çeşidi antrasittir. Isıl değeri 5390-7700 kcal arasında, sabit karbon miktarı yüksek, nem miktarı düşük olan bitümlü kömürler demir-çelik, elektrik üretim santralleri, çimento ve diğer endüstrilerde kullanılmaktadır. Kahverengi kömürler arasında yer alan alt bitümlü kömürler nem içeriği taş kömürlere göre daha fazla, karbon değeri düşük ve ısıl değeri 4610-6390 kcal arasındadır. Demir-çelik hariç bitümlü kömürler ile aynı sektörlerde kullanılmaktadırlar. En düşük karbon içeriğine sahip olan linyitin ise ısıl değeri 4610 kcal'dan az olup büyük oranda elektrik üretim santrallerinde kullanılmaktadır (Çağlayan, 2006: 8; TMMOB, 2010: 11).

Kömür yüzyıllardır insanoğlunun farklı amaçlarına hizmet etmektedir. Dünya üzerinde en fazla tüketilen enerji kaynağı tarihsel bilgilere göre ilk Çin'de kullanılmış ve Roma'nın ticaretine de konu olmuştur. 1800'lü yıllarda yoğun kullanımına başlanan

kaynağın, günümüzde kullanılan birçok aletin icat edilmesine ve özellikle elektriğin bulunmasına öncülük etmiştir (Şahin, 2012: 240). Fiyatı, kolay bulunabilirliği ve taşıma kolaylığı nedeniyle uluslararası ticarette büyük hacmi bulunan kömürün bugün olduğu gibi gelecek yıllarda da talebinin yüksek olacağı enerji kaynağıdır. Kömürün ağırlıklı olarak termik santrallerde kullanılması nedeniyle açığa çıkan zararlı emisyonların azaltılması ve verimliliğinin arttırılması adına temiz kömür teknolojileri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

2.1.1. Dünyada Kömür Rezervleri ve Üretimi

Dünya toplam kömür rezervi 2014 yılında 891.531 milyon tondur. 1994 yılı ile karşılaştırıldığında 147.650 milyon ton azalış göstermiştir ve talebi 110 yıl karşılayacak seviyededir. Mevcut rezervin yüzde 56,8'i (506.716 milyon ton) OECD-dışı, yüzde 43,2'si (384.815 milyon ton) OECD ülkelerindedir.

Tablo-2 2014 Dünya Kömür Rezervleri (Milyon Ton)

BÖLGELER	ANTRASİT VE BİTÜMLÜ	ALT BİTÜMLÜ VE LİNYİT	TOPLAM
Avrupa ve Avrasya	92.557	217.981	310.558
Asya Pasifik	157.803	130.525	288.328
Kuzey Amerika	112.835	132.253	245.088
Afrika	31.600	214	31.814
G. ve Orta Amerika	7.282	7.359	14.641
Orta Doğu	1.122	-	1.122
TOPLAM	403.199	488.332	891.531

Kaynak: : British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Dünya toplam kömür rezervinin yüzde 34,8'i Avrupa ve Avrasya ülkelerinde bulunmaktadır. Antrasit ve bitümlü kömür rezervinin yüzde 39,1'i Asya Pasifik, alt bitümlü ve linyit rezervinin yüzde 44,6'sı Avrupa ve Avrasya ülkeleri sahiptir. Kömür diğer fosil kaynaklara göre ülke bazında daha geniş dağılım göstermektedir. Bölgelerde en yüksek rezerve sahip ülkeler Kuzey Amerika (ABD %26,6), Avrupa ve Avrasya (Rusya %17,6; Almanya %4,5; Kazakistan %3,8; Türkiye %3,8), Afrika (Güney Afrika %3,4), Asya Pasifik (Çin %12,8; Avustralya %8,6; Hindistan %6,8;

Endonezya %3,1) olarak sıralanmaktadır ve bu 10 ülkenin rezervi dünya toplamının yüzde 91'ine denk gelmektedir.

Dünya kömür üretimi 2014 yılında yüzde 0,7 azalarak 3.933.5 MTEP olmuştur ve üretimin OECD-dışı ülkelerde yüzde 1,4 azalarak yüzde 74,62; OECD ülkelerinde ise yüzde 1,5 artarak yüzde 25,4 olarak gerçekleşmiştir. Bölgesel olarak 2.722.5 MTEP ile en yüksek üretim Asya Pasifik ülkelerinde, ülke olarak ise 1.844.6 ile Çin'dedir.

Tablo-3 2014 Bölge ve Ülkelerin Kömür Üretim Dağılımı

BÖLGELER	**ÜLKELER**
Asya Pasifik **(% 69,2)**	**Çin** (% 46,9)
Kuzey Amerika **(% 14)**	**ABD** (% 12,9)
Avrupa ve Avrasya **(% 11,2)**	**Endonezya** (% 7,2)
Afrika **(% 3,9)**	**Avustralya** (% 7,1)
Güney ve Orta Amerika **(% 1,2)**	**Hindistan** (% 6,2)
Orta Doğu **(% -)**	**Rusya** (% 4,3)

Kaynak: : British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Tablodaki 6 ülke toplam üretimin yüzde 84,6'sını gerçekleştirmiştir ve 2014 yılı dünya genelinde kömür üretimi düşüş eğilimi göstermektedir. Bunun nedeni CO_2 salınımının en yüksek olduğu fosil kaynağın kömür olması ve iklim değişikliyle mücadele kapsamında ülkelerin almış olduğu önlem politikalarıdır. En dikkat çekeni ise Çin kömür üretimini yüzde 2,6 azaltarak 1.844.6 MTEP'e düşürürken, ABD yüzde 1,4 arttırarak 507,8 MTEP'e çıkarmasıdır. İki ülkenin haricinde yüksek üretim artışları da söz konusudur. Özellikle ekonomik büyümede kömüre ağırlık vermesi sonucu yüzde 6,4 artış ile 243,5 MTEP üretim sağlanması ek kömür üretimi yapmak amacıyla 2020 yılı hedefi koyan Hindistan, taşımacılığı kolaylaştırmak adına altyapı geliştirme çalışmaları yapmaktadır ve yatırımlarına hızla devam etmesiyle gelecek yıllarda Çin'in yerini alacağı söylemek mümkündür.

2.1.2. Dünyada Kömür Tüketimi

Dünya kömür tüketimib2014 yılında yüzde 0,4 artışla 3.881.8 MTEP olmuştur ve mevcut tüketimin yüzde 1,1 artışla yüzde 72,9'unu OECD-dışı, yüzde 1,5 azalışla

yüzde 27,1'i OECD ülkelerinde gerçekleşmiştir. Bölgesel olarak toplam tüketimin yüzde 71,5'i Asya Pasifik ülkelerinde iken, ülke olarak yüzde 50,6 ile Çin'dedir.

Tablo-4 2014 Bölge ve Ülkelerin Kömür Tüketimi Dağılımı

BÖLGELER	**ÜLKELER**
Asya Pasifik **(% 71,5)**	**Çin** (% 50,6)
Kuzey Amerika **(% 12,6)**	**ABD** (% 11,7)
Avrupa ve Avrasya **(% 12,3)**	**Hindistan** (% 9,3)
Afrika **(% 2,5)**	**Japonya** (% 3,3)
Güney ve Orta Amerika **(% 0,8)**	**Güney Afrika** (% 2,3)
Orta Doğu **(% 0,3)**	**Güney Kore** (% 2,2)

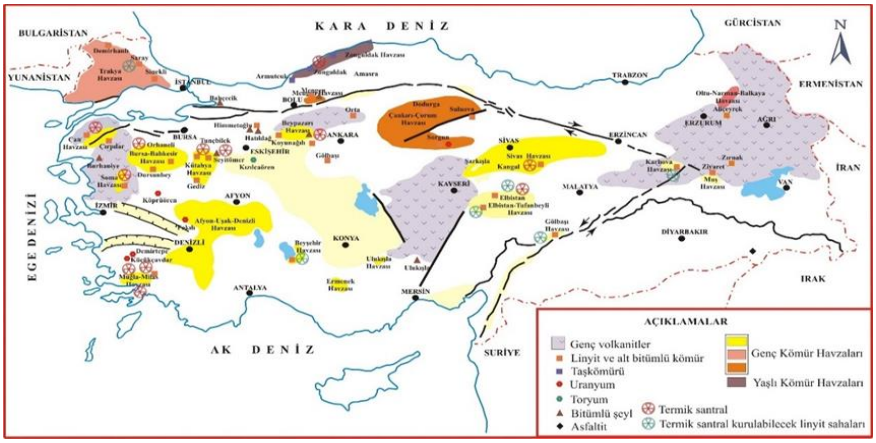
Kaynak: : British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Çin hem yüksek nüfusa hem de ekonomisinin büyük bölümünü enerji yoğun sanayi üretimi oluşturduğundan enerji tüketim miktarı diğer ülkelere göre daha fazladır. Küresel kömür tüketimindeki payı yüzde 50,6 olan ülke, bunun büyük bölümünü elektrik ve ısı üretiminde kullanmaktadır. 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla yüzde 3,7 ve yüzde 8,9 olan tüketim oranı 2014 yılında yüzde 0,1 olarak gerçekleşmiştir. Bunun nedeni enerji politikaları çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık vermesidir. Hindistan 2013 yılında yüzde 7,3 olan kömür tüketimini 2014 yılında yüzde 11,1 oranına yükselterek yerli üretimini geride bırakmıştır. OECD ülkelerinde ise kömür tüketimi yüzde 1,5 oranında azalma göstererek özellikle Avrupa genelinde büyük düşüş kaydetmiştir. Almanya (%5,3), İngiltere (%20,3) İtalya (%3,7), Avusturalya (%2,5), Japonya (%1,6) ve ABD (%0,3) tüketimde azaltma gerçekleştirmiştir.

2.1.3. Türkiye'de Kömür Rezervi ve Üretimi

Bitki kalıntılarının zaman içerisinde tabakalar halinde taşlaşması kömürü oluşturur. Türkiye'de taş kömürü yatakları birinci jeolojik zaman karbon devrinde, linyit yatakları ise üçüncü jeolojik zaman neozik devrinde oluşmuştur (Şahin, 2005: 15-18).

Türkiye'nin petrol ve doğal gaz rezervi düşük sınırlarda olmasına rağmen 1,7 milyar ton taş kömürü, 14,2 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır ve dünya toplam rezervinin yüzde 1'ine denk gelmektedir.

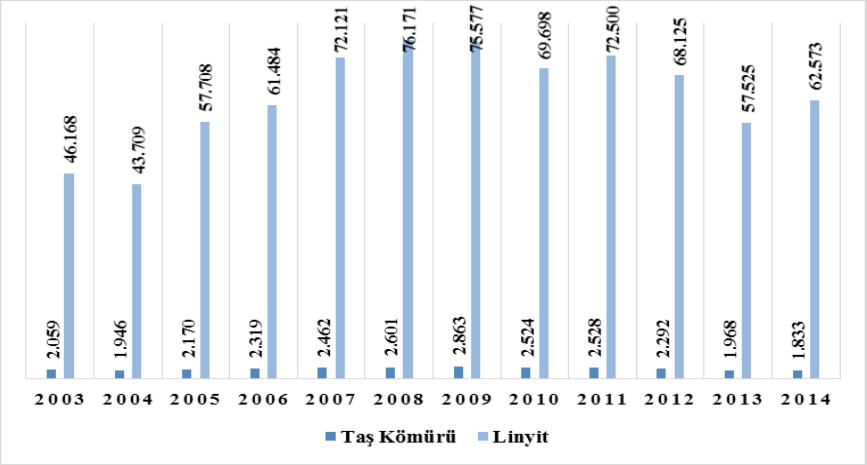


Şekil-2 Türkiye Kömür Sahaları ve Potansiyel Kullanım Alanları

Kaynak: Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), "Türkiye Kömür Sahaları ve Potansiyel KullanımAlanları",http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/images/siteharitalar/6.jpg Erişim: (05.02.2016).

İlk taş kömürü Zonguldak havzasında 1828 yılında Uzun Mehmet tarafından bulunduğu kabul edilmektedir. 1848 yılında havza sınırları ilk kez belirlenerek taş kömürü işletmeciliği resmen başlamıştır (Aktaş, 2014: 6). Zonguldak havzasının karmaşık jeololojik yapıya sahip olması mekanize üretimi engelleyerek, emek gerektiren geleneksel üretim yöntemlerinin kullanılmasına neden olmaktadır (www.euracoal.eu).

Türkiye'de taş kömürü sadece Zonguldak havzasında bulurken, linyit genel bir dağılım gösterse de AEL (Afşin Elbistan Havzası) ve ege bölgesinde yoğunlaşmaktadır. EÜAŞ (Elektrik Üretim Anonim Şirketi) himayesinde Afşin-Elbistan 4,8 milyon ton, Konya-Karapınar 1,8 milyon ton ve TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri) himayesindeki 1,4 milyon ton ile Eskişehir-Alpu en yüksek rezervlere sahip olan havzalardır (TKİ, 2015: 33; TTK, 2015: 23-30).



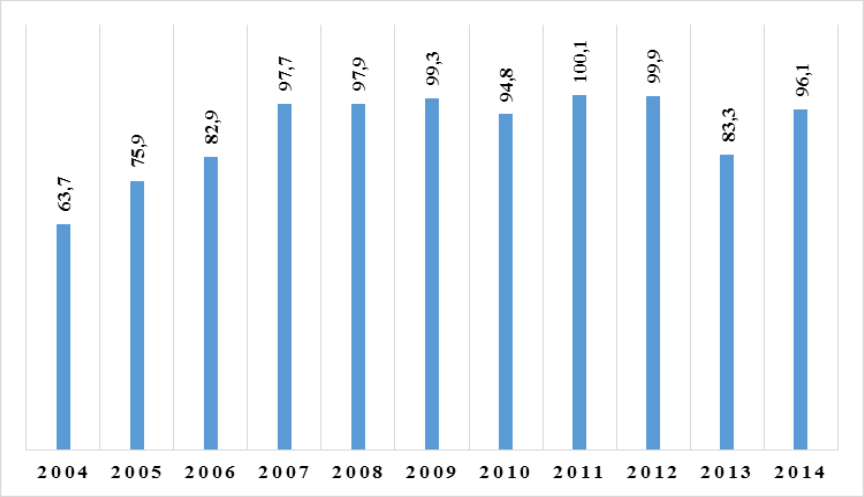
Şekil-3 2003-2014 Türkiye Yerli Kömür Üretimi (Bin Ton)

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), (2015), *2014 Petrol Piyasası Sektör Raporu,* Ankara.; Enerji İşleri Genel Müdürlüğü "Denge Tabloları" http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari, Erişim: (10.02.2016).

Türkiye 2014 yılı taş kömürü üretimi 2003 yılı ile karşılaştırıldığında yüzde 11 gerileme gerçekleşmiştir. Linyit üretimi 2003 yılından itibaren dalgalı bir seyir izlese de 2008 yılından itibaren gerileme söz konusudur. Özellikle 2011 yılında Afşin-Elbistan havzası Çöllollar kömür ocağında meydana gelen heyelan sonucu üretim durdurulmuş ve toplam üretimde azalışa neden olmuştur.

2.1.4. Türkiye'de Kömür Tüketimi

Türkiye'nin 2014 toplam enerji tüketiminde kömürün payı yüzde 32,2'dir (TUİK, 2016/21587) ve 2013 yılında 83,3 milyon ton olan kömür tüketimi 2014 yılında yüzde 14 artarak 96,1 milyon tona ulaşmıştır (Taş kömürü yerli+ithal 31,4 milyon ton, linyit 64,7 milyon ton). Linyit kömürünün talebi yerli üretimle karşılanırken, taş kömürünün talebi karşılayamaması sebebiyle yüzde 95'i ithal edilmektedir. Kömürün 9,7 milyon tonu Kolombiya'dan, 8,7 milyon tonu Rusya'dan, 4,3 milyon tonu ise ABD'dan ithal edilmiştir (TKİ, 2015: 25).



Şekil-4 2004-2014 Türkiye Kömür Tüketimi (Milyon Ton)

Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü "Denge Tabloları" http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari, Erişim: (10.02.2016).

2.2. Petrol

Petrol Latince petro (taş) ve oleum (yağ) kelimelerinin oluşturduğu taş yağı anlamına gelmektedir. Milyonlarca yıl önce rüzgâr ve su aşındırmaları kum, çakıl gibi malzemelerin deniz ve su havzalarında birikmesiyle çökelmeler meydana getirmiştir. Çökelti altında kalarak fosilleşen deniz canlıları, yosun veya aşındırma ile gelen kara canlılarının ısı (60-120ºC), basınç ve mikroorganizmalarla reaksiyona girmeleri hidrokarbonları yani petrolü oluşturur. Birinci jeolojik (Paleozoik), ikinci jeolojik (Kretase) ve üçüncü jeolojik (Tersiyer) devirleri petrol ve doğalgazın biriktiği dönemlerdir (Beşergil, www.bayar.edu.tr; www.petform.org.tr).

Petrol derin kuyulardan çıkartılan, yoğun kıvamlı, kaygan, ağır kokulu, koyu sarı ile siyah arası rengi olan bir sıvıdır (Öztürk, 2013: 7-8). İlk olarak MÖ 3000'lerde Babillerde harç malzemesi, MÖ 1700'lerde Çin'de ısıtma, Avrupa'da ise 1815 Prag'da cadde aydınlatmalarında kullanılmıştır. 20.yy'dan sonra ticari değeri anlaşılan petrol, günümüzde en fazla talep edilen enerji ve hammadde kaynağı haline gelmiştir (Şahin, 2012: 235).

Yeryüzüne çıktığında ham halde bulunan petrol, rafinerilerde işlem görmesiyle fuel oil, LPG (sıvılaştırılmış yakıt), jet yakıtı, motorin, yakıt gazı gibi

çeşitli formlarda kullanıma sunulur. Bu nedenle petrolün dünya ekonomisindeki yeri büyüktür ve ülkelerin iç ve dış politikalarının ana gündem maddesi halini almıştır (Ceylan, 2015: 34).

2.2.1. Dünyada Petrol Rezervleri ve Üretimi

Dünya toplam petrol rezervi 2014 yılında 1.700,1 milyar varildir (239,8 milyar ton). 1994 yılı ile karşılaştırıldığında rezervlerde 582,1 milyar varil artış gerçekleşmiştir ve talebi 53 yıl karşılayacak seviyededir. Mevcut rezervin yüzde 71,6'sı (1.216,5 milyar varil) OPEC, yüzde 14,6 (248,6 milyar varil) OECD ülkelerindedir.

Tablo-5 2014 Petrol Rezervi Bölge ve Ülke Dağılımı

BÖLGELER	**ÜLKELER**
Orta Doğu **(% 47,7)**	**Venezuela** (% 17,5)
Güney ve Orta Amerika **(% 19,4)**	**Suudi Arabistan** (% 15,7)
Kuzey Amerika **(% 13,7)**	**Kanada** (% 10,2)
Avrupa ve Avrasya **(% 9,1)**	**İran** (% 9,3)
Afrika **(% 7,6)**	**Irak** (% 8,8)
Asya Pasifik **(% 2,5)**	**Rusya** (% 6,1)
	Kuveyt (% 6,0)
	BAE (% 5,8)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Toplam rezervin bölgesel dağılımında 810.7 milyar varil ile Orta Doğu en yüksek paya sahiptir. Güney ve Orta Amerika'nın rezervi ise 330.2 milyar varildir. Ülke bazında ise 298.3 milyar varil (46.6 milyar ton) ile Venezuela ilk sırada iken Suudi Arabistan 267 milyar varil (36.7 milyar ton) ile dünyanın ikinci petrol devi ülke konumundadır. Dünya petrol rezervinde en yüksek oranlara sahip 8 ülkenin toplam rezervi 1.348.5 milyar varildir ve yüzde 79,3'de denk gelmektedir. 8 ülke haricindeki ülkelerin toplam rezervi ise 351.6 milyar varildir.

Dünyada toplam petrol üretimi 2014 yılında yüzde 2,3 artarak 88.673 milyar varil olmuştur ve üretimin yüzde 75,4 OECD-dışı, yüzde 43'ü OPEC-dışı ülkelerde gerçekleşmiştir. Üretimde bölgesel en büyük pay 28.555 milyar varil ile Orta Doğu, ülke olarak ise yüzde 15,9 gibi rekor bir artışla 11.644 milyar varil ABD'nindir.

Tablo-6 2014 Bölge ve Ülkelerin Petrol Üretim Dağılımı

BÖLGELER	ÜLKELER
Orta Doğu **(% 31,7)** Kuzey Amerika **(% 20,5)** Avrupa ve Avrasya **(% 19,8)** Asya Pasifik **(% 9,4)** Güney ve Orta Amerika **(% 9,3)** Afrika **(% 9,3)**	**Suudi Arabistan** (% 12,9) **Rusya** (% 12,7) **Amerika** (% 12,3) **Kanada** (% 5,0) **Çin** (% 5,0) **İran** (% 4,0) **Irak** (% 3,8) **Kuveyt** (% 3,6) **Meksika** (% 3,2) **Brezilya** (% 2,9)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Dünya petrol piyasalarına yön veren tablodaki 10 ülke toplam üretimin yüzde 65'ini gerçekleştirmişlerdir. ABD üretimini arttırmış olsa da 2014 yılında yavaşlamaya giden Suudi Arabistan (%0,9) ve Rusya'nın (%0,6) ardından gelmektedir. 2004 yılından 2014 yılına kadar dünya genelinde yükselen bir seyir izleyen petrol üretimi, 2008 yılında meydana gelen finansal krizin 2009 yılında da etkisini sürdürmesi üretimde düşüşe neden olmuştur. Günümüzde ise Orta Doğu ülkelerindeki iç karışıklık nedeniyle üretimde ciddi azalmalar görülmektedir. 2013 yılı ile kıyaslandığında Libya'da yüzde 49,8, Suriye'de ise yüzde 44,4 oranlarında üretim azalması yaşanmıştır.

2.2.2. Dünyada Petrol Tüketimi

Dünya petrol tüketimi 2014 yılında yüzde 0,8 artışla 4.211,1 milyon ton olmuştur ve mevcut tüketimin yüzde 48,3'ü OECD, yüzde 51,7'si OECD-dışı ülkeler tarafından gerçekleşmiştir. Bölgesel bazda en yüksek tüketim yüzde 33,9 ile Asya Pasifik ülkeleri iken, en düşük tüketim yüzde 4,3 ile Afrika ülkelerinde gerçekleşmiştir.

Gelişmişlik seviyesi, gelir düzeyi ve nüfus yoğunluğu tüketim oranlarına etki göstermektedir. Petrol, taşımacılığın temel yakıtı olması sebebiyle trafikte ve diğer ulaşım araçlarındaki artış, tüketime de yansımaktadır.

Tablo-7 2014 Bölge ve Ülkelerin Petrol Tüketim Dağılımı

BÖLGELER	ÜLKELER
Asya Pasifik **(% 33,9)**	**ABD** (% 19,9)
Kuzey Amerika **(% 24,3)**	**Çin** (% 12,4)
Avrupa ve Avrasya **(% 20,4)**	**Japonya** (% 4,7)
Orta Doğu **(% 9,3)**	**Hindistan** (% 4,3)
Güney ve Orta Amerika **(% 7,8)**	**Rusya** (% 3,5)
Afrika **(% 4,3)**	**Suudi Arabistan** (% 3,4)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Orta Doğu ülkelerinin yüksek refah seviyesi ve lüks taşıma araçları kullanımı 2013 yılına göre Birleşik Arap Emirlikleri (%8,6), Katar (%8,5) ve Suudi Arabistan'da (%7,3) artışa neden olmuştur. Buna karşın OECD, AB ve birçok ülke verimlilik ve iklim değişikliği çerçevesinde 2013 yılına göre toplam tüketim paylarını düşürmüş hatta negatif değerlere çekmeyi başarmıştır.

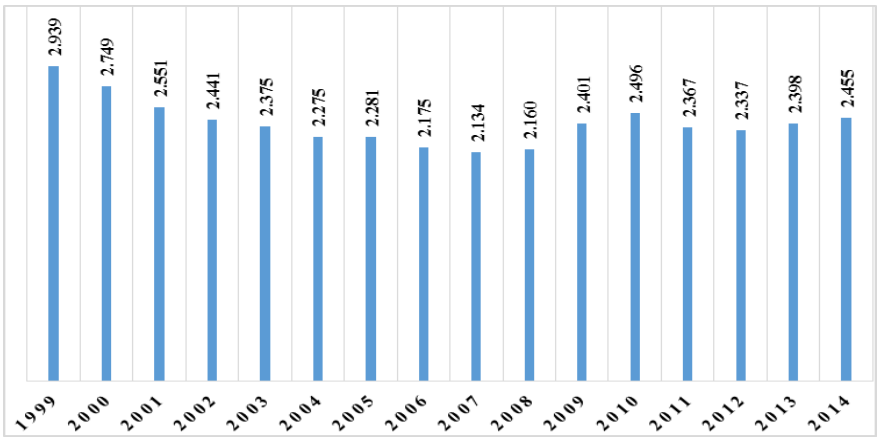
2.2.3. Türkiye'de Petrol Rezervi ve Üretimi

Türkiye coğrafi konumu itibariyle petrol zengini ülkelere yakın konumdadır ancak hareketli ve genç jeolojik yapıya sahip olması rezervlerin istenilen düzeye ulaşmasını engellemiştir.

Üçüncü jeolojik neozik (tersiyer) döneminde Türkiye'nin iskeleti büyük ölçüde oluşmuştur. Özellikle bu dönemde başlayıp biten Alp-Himalaya orojenezi sayesinde Türkiye bugünkü şeklini büyük ölçüde almıştır (Yıldırım ve Gökaşan, 2013: 27). Bu sırada Anadolu'nun güneyinde bulunan Arabistan levhası Türkiye'yi kuzeye doğru iterek sıkıştırmaya başlamasıyla var olan madenler sıkıştırma etkisiyle hem deformasyona hem de bütünlüğünün bozulmasına neden olmuştur. Türkiye'de petrolün sadece Güneydoğu Anadolu bölgesinden çıkmasının sebebi Alp-Himalaya orojenezi sonucu oluşan Torosların bölgenin kuzeyinden geçmesidir. Batman, Siirt ve Adıyaman'ın da içinde bulunduğu bölge Arabistan levhasında yer almaktadır ve kuzey itme hareketinden etkilenmemiştir (Şahin, 2005: 18).

Türkiye sınırları içerisinde ilk petrol sondajı 1890 İskenderun ve 1898 Trakya topraklarında Osmanlı tarafından gerçekleştirilmiştir (Atalay, 2003: 170-171). Cumhuriyet döneminde ise ilk kuyu 1934 Mardin-Midyat'ta açılmıştır. 1935 Tekirdağ-Hoşköy, 1936 Tekirdağ-Mürefte, 1940 Batman-Raman ve 1947 Siirt-

Garzan'da Maden Teknik Arama Enstitüsü (MTA) tarafından yapılan sondajlarda petrole rastlanmıştır. Ticari miktarda ise ilk 1947 de Batman-Raman'da bulunmuştur (Egeran, 1949: 7; Lokman, 1963: 63).



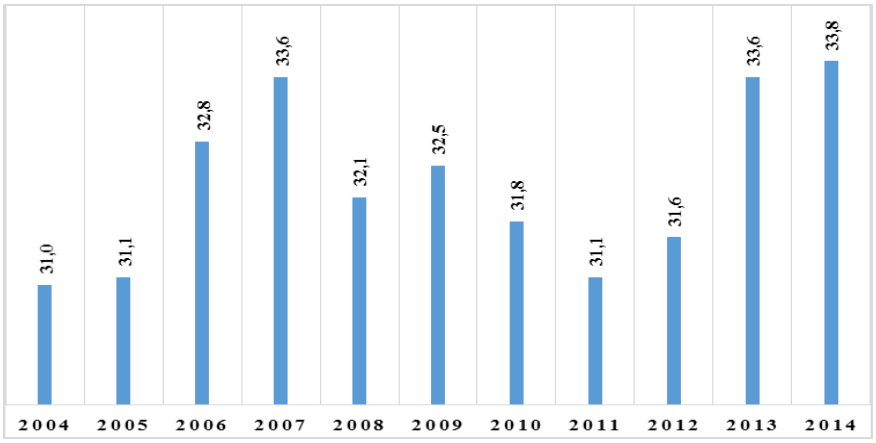
Şekil-5 1999-2014 Türkiye Ham Petrol Üretimi (Milyon Ton)

Kaynak: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, "*İstatistikler: Yıllar İtibariyle Ham Petrol ve Doğal Gaz Üretimi*", http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler Erişim: (01.02.2016).

Günümüzde Güneydoğu Anadolu başta olmak üzere Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde petrol arama ve çıkarma faaliyetleri devam etmektedir. ETKB, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Türkiye'nin ispatlanmış 1.045 milyon ton rezervi bulunmaktadır ve 2014 yılına kadar gerçekleşen toplam petrol üretimi 145 milyon tondur. 2014 yılında gerçekleşen 2.455 milyon ton üretim, mevcut talebin yüzde 7'ni karşılayabilmektedir.

2.2.4. Türkiye'de Petrol Tüketimi

Türkiye'de toplam tüketim içerisinde petrolün payı yüzde 30'dur ve 2014 yılında petrol tüketimi 33,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Mevcut tüketimde en yüksek kullanım yüzde 67 ile ulaştırma sektöründedir.



Şekil-6 2004-2014 Türkiye Petrol Tüketimi (Milyon Ton)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Türkiye artan talebi kısıtlı üretimi nedeniyle yerli kaynaklarla karşılayamamaktadır ve petrolün yüzde 93'ünü ithal etmektedir. 2014 yılında tüketilen petrolün yüzde 31'ini Irak, yüzde 30'unu ise İran'dan ithal etmiştir. Iraktan temin edilen petrolün geçmiş yıllara göre payı yüzde 20 artarken, İran'a yönelik uygulanan ambargo nedeniyle payı yüzde 21 azalmıştır. Ayrıca 2012 yılında Libya'nın ithalattaki payı yüzde 5 iken, mevcut iç çatışmalar nedeniyle 2014 yılında ithalat gerçekleşmemiştir (Türkiye Petrolleri, 2015: 34).

2.3. Doğal Gaz

Doğal gaz renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. Yer altında gözenekli kayaçların boşluklarında veya petrol yataklarının üzerinde büyük hacimli bir şekilde bulunur. Petrol türevi olarak kabul edilen doğal gaz bileşiminin yüzde 70 - yüzde 90'ını hidrokarbon olan metan gazı oluşturur ve ısı (120-255ºC) ile basıncın etkisiyle yeryüzüne ulaşır (Ceylan, 2015: 35).

Doğalgaz ilk başlarda petrolün atığı olarak görülmüş ve yakılmıştır. Dünyada ilk MÖ 900'lü yıllarda Çin, 1790 İngiltere ve 1821 yılında New York'ta aydınlatma amacıyla kullanılmıştır. Yaygın olarak ise II. Dünya Savaşı sonrasında boru hatları ile nihai kullanıcılara ulaştırılmasıyla kullanımı artmıştır (Aydın, 2014: 127). Günümüzde doğal gaz elektrik enerjisi üretimi, ısınma ve endüstriyel işletmelerde kullanılmaktadır.

2.3.1. Dünyada Doğal Gaz Rezervleri ve Üretimi

Doğal gaz ilk başlarda petrol atığı olarak kabul edilirken, yakıt olarak kullanılabileceğinin anlaşılmasıyla birlikte sondaj çalışmaları hız kazanmıştır. 1994 yılında 119,1 trilyon m^3 olan dünya rezervi 2014 yılında 187,1 triyon m^3'e ulaşmıştır. Toplam rezervin yüzde 89,6'sı OECD-dışı ülkelerinde iken, yüzde 0,8'i AB ülkelerindedir.

Günümüzde doğal gazın kömür ve petrole kıyasla daha düşük CO_2 salınımı gerçekleştirmesi, talebe bağlı olarak üretiminin de artmasında etkili olmuştur. Doğal gaz çoğunlukla petrolün bulunduğu alanlarda yoğunlaşması sebebiyle aynı coğrafyalarda rezerv miktarları daha fazladır.

Tablo-8 2014 Doğal Gaz Rezervinin Bölge ve Ülke Dağılımı

BÖLGELER	**ÜLKELER**
Orta Doğu **(% 42,7)**	**İran** (% 18,2)
Avrupa ve Avrasya **(% 31,1)**	**Rusya** (% 17,4)
Asya Pasifik **(% 8,2)**	**Katar** (% 13,1)
Afrika **(% 7,6)**	**Türkmenistan** (% 9,3)
Kuzey Amerika **(% 6,5)**	**ABD** (% 5,2)
Güney ve Orta Amerika **(% 4,1)**	**Suudi Arabistan** (% 4,4)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Bölgesel olarak 1994 yılından bu yana en yüksek doğalgaz rezervine Orta Doğu ülkeleri sahiptir. Tablodaki 6 ülkenin toplam rezervi dünya toplam rezervinin yüzde 67,6'sına denk gelmektedir. 2014 yılında İran 34 milyar m^3 rezervle en fazla paya sahip iken, Rusya 32,6 milyar m^3 ile ikinci sırada yer almaktadır.

Dünya toplam doğal gaz üretimi 2014 yılında 3.460,6 milyar m^3'tür ve üretimin yüzde 63,7'si OECD-dışı, yüzde 36,3 ü OECD ülkelerinde gerçekleşmiştir. Üretimde bölgesel olarak en yüksek 1.002,4 milyar m^3 ile Avrupa ve Avrasya ülkeleri, ülke olarak ise 728,3 milyar m^3 ile ABD'dır.

Tablo-9 2014 Bölge ve Ülkelerin Doğal Gaz Üretim Dağılımı

BÖLGELER	ÜLKELER
Avrupa ve Avrasya **(% 28,8)**	**ABD** (% 21,4)
Kuzey Amerika **(% 27,7)**	**Rusya** (% 5,1)
Orta Doğu **(% 17,3)**	**İran** (% 5,0)
Asya Pasifik **(% 15,3)**	**Kanada** (% 4,7)
Afrika **(% 5,8)**	**Çin** (% 3,9)
Güney ve Orta Amerika **(% 5,0)**	**Katar** (% 3,4)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

2004 yılından bu yana yükseliş gösteren doğal gaz üretimi petrolde olduğu gibi 2009 yılında finansal krizin etkisiyle düşüş eğilimine geçmiştir. 2010 yılında yükselişe geçse de 2014 yılı küresel doğal gaz üretimi son 10 yılın ortalaması olan yüzde 2,5 altında yüzde 1,6 büyüme gerçekleşmiştir. Bu duruma etki eden AB (%9,8), Rusya (%4,3) ve Hollanda (%18,7) gibi ülkelerin hacimsel düşüş yaşamalarıdır. Buna karşın küresel düzeyde üretimini en fazla ABD yüzde 6,1 arttırmıştır.

2.3.2. Dünyada Doğal Gaz Tüketimi

Doğal gazın birincil enerji tüketimindeki payı yüzde 23,7'dir. 2014 yılında dünya doğal gaz tüketimi üretimde olduğu gibi son 10 yılın (%2,4) altında bir büyüme (%0,4) ile 3.065,5 milyar m^3 olmuştur ve mevcut tüketimin yüzde 53,3'ü OECD-dışı, yüzde 46,'si ise OECD ülkelerinde gerçekleşmiştir. Bölgesel bazda en yüksek tüketim yüzde 29,6 ile Avrupa ve Avrasya ülkelerinde iken, yüzde 3,5 ile en düşük Afrika ülkeleridir.

Tablo-10 2014 Bölge ve Ülkelerin Doğal Gaz Tüketim Dağılımı

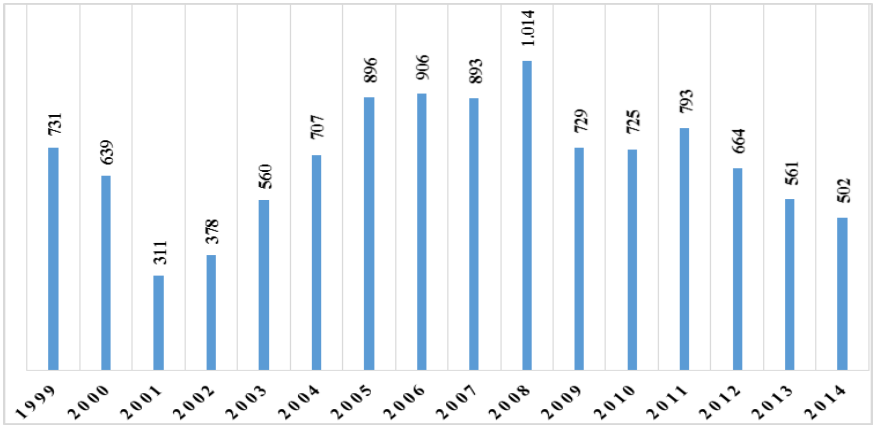
BÖLGELER	ÜLKELER
Avrupa ve Avrasya **(% 29,6)**	**ABD** (% 22,7)
Kuzey Amerika **(% 28,3)**	**Rusya** (% 12,0)
Asya Pasifik **(% 19,9)**	**Çin** (% 5,4)
Orta Doğu **(% 13,7)**	**İran** (% 5,0)
Güney ve Orta Amerika **(% 5,0)**	**Japonya** (% 3,3)
Afrika **(% 3,5)**	**Suudi Arabistan** (% 3,2)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), Statistical Review World Energy June 2015, İngiltere.

Küresel tüketimde 2013 ile 2014 yılları karşılaştırıldığında ciddi değişimler gözükmektedir. 2004 yılından bu yan yükseliş halinde olan tüketim büyümesi negatif değerlere düşmüştür. Avrupa Birliğinde ise görülen en büyük düşüş, zayıf ekonomi yüksek gaz fiyatları ve yenilenebilir enerji üretimine ağırlık verilmesiyle 2011 yılında yüzde 10 oranında gerçekleşmiştir ve o zaman beri Avrupa Birliğinde 2012 yüzde 1,5; 2013 yüzde 1,6 ve 2014 yılında yüzde 11,6 oranlarında doğal gaz tüketimi azalmaya devam etmiştir. Özellikle Fransa (%16,3), Almanya (%11,4), Hollanda (%13,3), İtalya (%11,6), İspanya (%9,3) ve İngiltere (%9,2) oranlarında doğal gaz kullanımını azaltmıştır. ABD, Çin, Türkmenistan, Kazakistan, Yeni Zelanda ve Orta Doğunun da dâhil olduğu ülkelerde ise ciddi tüketim artışı yaşanmıştır.

2.3.3. Türkiye'de Doğal Gaz Rezervi ve Üretimi

Doğalgaz günümüzde çevresel etkilerinin daha az olması nedeniyle tüm dünya da olduğu gibi Türkiye'de birincil enerji kaynakları arasında en yüksek paya sahip olan enerji kaynağıdır.



Şekil-7 1999-2014 Türkiye Doğal Gaz Üretimi (Milyon m^3)

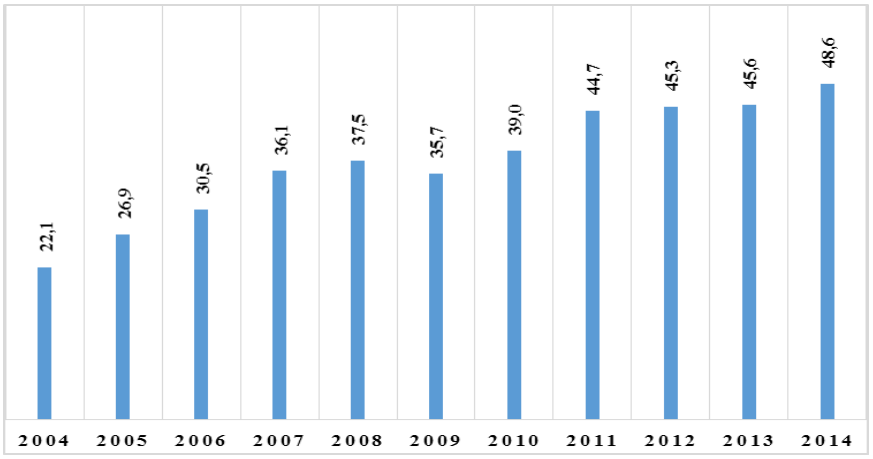
Kaynak: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, "*İstatistikler: Yıllar İtibariyle Ham Petrol ve Doğal Gaz Üretimi*", http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler Erişim: (01.02.2016).

Türkiye'de ilk doğal gaz 1970 Kırklareli-Hamitabat ve 1975 yılında Mardin-Çamurlu'da çıkarılmıştır (Şahin, 2012: 242). Üretilen kaynağın yetersiz olması nedeniyle 1986 yılında SSCB ile 25 yıl süreli anlaşma imzalanmış olup, konut ve hizmet alanında kullanımına 1988 yılında Ankara'da başlanmıştır (Petform$_a$).

Türkiye sınırları içerisinde en yüksek doğal gaz üretimi Tekirdağ'da olup, en düşük Adıyaman'dadır. ETKB, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı verilere göre Türkiye'nin ispatlanmış 23.079 milyar m^3 rezervi bulunmaktadır ve 2014 yılına kadar gerçekleşen doğal gaz üretimi 14.551 milyar m^3'tür. 2014 yılında gerçekleşen 502 milyon m^3'lük üretim, mevcut talebin yüzde 1'ini karşılamaktadır.

2.3.4. Türkiye'de Doğal Gaz Tüketimi

Türkiye'de toplam enerji tüketimi içerisinde doğal gazın payı yüzde 32,3'tür ve 2014 yılı doğal gaz tüketimi yüzde 6,5 artarak 48,6 milyar m^3 olarak gerçekleşmiştir. Mevcut tüketimde en yüksek kullanım yüzde 55,2 ile elektrik üretim santrallerindedir (TUİK, 2016/21587).



Şekil-8 2004-2014 Türkiye Doğal Gaz Tüketimi (Milyar m^3)

Kaynak: British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

Türkiye petrol tüketiminde olduğu gibi doğal gazda da artan talebi yerli kaynaklardan karşılayamaması nedeniyle arz edilenin yüzde 98,8'ini ithal etmektedir. 2014 yılında tüketilen doğal gazın yüzde %56'sı Rusya, yüzde 19'u ise İran'dan ithal edilmiştir (Türkiye Petrolleri, 2015: 34).

3. BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil enerji kaynak rezervlerinin tükenmekte oluşu, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri sürdürülebilir enerji kavramını gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir enerji; "*tüm birincil enerji kaynaklarından yapılan enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, tükenir fosil kaynakların yerine olabildiğince tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynaklarının yerleştirilmesini, bir çevrimde atık biçimde ortaya çıkan enerjinin, bir başka çevrimde girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme bile bütünleştiren bir kavram"* olarak açıklanmaktadır (Ültanır, 1998: 230).

Yenilenebilir enerji sürekli devam eden doğal oluşumlardaki mevcut enerji akışından elde edilen enerji kaynağıdır. Genel anlamda ise yeryüzünde ve doğada genellikle bir üretim uygulamasına gerek duyulmadan elde edilebilen, fosil enerji kaynaklarından olmayan, elektrik üretiminde çok düşük seviyede CO_2 salınımı gerçekleştiren, fosil kaynaklara kıyasla çevreye olumsuz etkisi çok daha az olan, sürekli yenilenen ve kullanılmaya hazır vaziyette doğada bulunan; hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, dalga, gel-git ve akıntı enerjisi gibi enerji kaynaklarıdır (Öztürk, 2013: 14).

Tablo-11 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çıktıları

Ana Kaynak	Birinci Enerji Kaynağı	Doğal Enerji Dönüşümü	Teknik Enerji Dönüşümü	Kullanım Enerjisi
GÜNEŞ	Su	Buharlaşma, Yağış	Hidroelektrik Santralleri	Elektrik Enerjisi
	Rüzgâr	Atmosferdeki Hava Hareketleri	Rüzgâr Enerjisi Santralleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
	Güneş	Yer ve Atmosferin Isınması	Isı Pompaları	Isı Enerjisi
		Güneş Işınları	Kolektörler	Isı Enerjisi

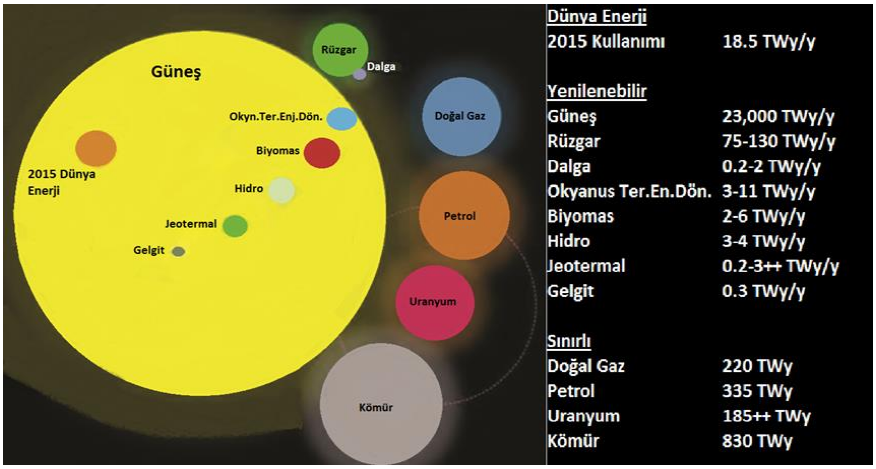
			Güneş Pilleri	Elektrik Enerjisi
	Biomass	Biyomas Üretim	Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
			Dönüşüm Tesisleri	Yakıt Enerjisi
DÜNYA	**Yer Merkezi Isısı**	Jeotermal Enerji	Jeotermal Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi
AY	**Ay Çekimi Gücü**	Gel-Git Olayı	Gel-Git Güç Santralleri	Elektrik Enerjisi

Kaynak: Yaman, Y. (2007), *Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları,* İstanbul: Birsen Yayınevi, 1. Basım.

Tabloda görüldüğü üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bölümü enerjisini güneşten almaktadır. Dünya ve atmosfer sisteminin enerji açısından dengede olması, uzaya yayılan ısı ışınımı ile güneşten gelen ışınıma eşit olmasını sağlarken, bu sistemden elde edilen enerji seviyesi dünyanın iklimi olarak tanımlanmaktadır.

Güneşten gelen ışınımların büyük bölümü hidrosferde, geri kalanı ise ekvator üstünde ya da yakınındaki bölgelerde absorbe edilirken, bu enerji yeryüzüne rüzgâr ve okyanus akıntıları şeklinde yayılmaktadır. Atmosfer ile okyanus arasındaki mekanik enerji rüzgâr gerilimi ve aktarma aşamasında dalga hareketinin önemli bir fonksiyonu olabilmektedir. Ayrıca güneş enerjisi hidroelektrik projeleriyle ortaya çıkan yağışın dağıtılmasından ve biomass hammaddesini oluşturan bitkilerin büyümesinde etkilidir (Öztürk, 2013: 16).

Şekil-9, 2015 yılı tahmini enerji kullanımı ve enerji rezervlerini belirtmekle birlikte, sürdürülebilir enerji olan yenilebilir enerji kaynaklarının potansiyelini de gözler önüne sermektedir.



Şekil-9 Dünya Enerji Rezervleri

Kaynak: Solar Heating & Cooling Programme (SHC), "A Fundamental Look At Supply Side Energy Reserves For The Planet", https://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/2015-11-A-Fundamental-Look-at-Supply-Side-Energy-Reserves-for-the-Planet.pdf, Erişim: (01.05.2016).

Günümüz teknolojik gelişmelerini ve nüfus artışını dikkate aldığımızda küresel düzeyde enerji ihtiyacının katlanarak artacağını söylemek mümkündür. Bu nedenle doğanın bizlere sunmuş olduğu temiz enerji kaynaklarına yönelmek, fosil kaynakların sebebiyet verdiği ekonomik ve çevresel etkilerden kurtulmanın tek yolu olarak gözükmektedir.

3.1. Biyokütle Enerjisi

Dünya üzerinde her yıl ortalama 150 milyar ton biyokütle üretilmektedir. Fakat bunun yüzde 10'u ticari amaçla kullanılmaktadır (www.albiyobir.org.tr). Biyokütle temiz enerji olmanın ötesinde elektrik, ısı, yakıt gibi çıktılar vermesi nedeniyle dünyada mevcut potansiyeli kullanıma geçirme faaliyetleri artmakta ve biyokütle teknolojileri önem kazanmaktadır.

Biyokütle diğer adıyla biomass kendini 100 yıldan daha kısa bir sürede yenileyebilen, toprak altı ve üstündeki bitki, hayvan, sanayi, kentsel ve tarım artıkları ile orman ve yan ürünlerini içeren, enerjiye dönüşebilen organik maddelerdir. AB'nin yayınlamış olduğu (2009/28/EC) sayılı Direktifinde *"Sanayi ürünleri (bitkisel ve hayvansal maddeler dâhil), ormancılık, tarım, su ürünleri ve belediye atıklarının dâhil olduğu biyolojik atık ve kalıntıların ayrıştırılan bölümü"* olarak tanımlanmıştır.

Bitkisel biyokütlede enerjinin açığa çıkması fotosentez ile başlar (Ceylan, 2015: 152). Bitkiler havadaki karbondioksiti çekerek oksijen salgılar. Başka bir ifade ile su ve güneş ışığının bitkiler tarafından emilerek madde ve oksijene dönüşmesi fotosentez olarak adlandırılmaktadır (Avcıoğlu, 2011: 26).

Fotosentez Eşitliği: CO_2+H_2O+Güneş Işınları (470 kJ) = $(CH_2O)+O_2$ (DEK-TMK, 2007: 1).

Bitki ve canlı organizmalar güneş enerjisini kullanarak karbondioksiti nişasta ve yüksek enerjili karbonhidratlara dönüştürür (Acaroğlu, 2013: 95). Fotosentez ile depolanan karbonhidratların çeşitli şekillerde kullanılabilmesine olanak sağlayan organik madde kaynaklarına bitkisel biyokütle olarak adlandırılmaktadır. Depolanan enerji miktarı dünya yıllık enerji talebinin on katına eşdeğer büyüklüktedir (Saraçoğlu, 2003: 504). Bu nedenle biyokütlenin enerji amaçlı kullanımı fosil kaynaklara olan bağımlılığı büyük ölçüde azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Ana maddesi karbonhidrat olan bitkisel, hayvansal doğal maddeler ile kentsel ve sanayi atıkları biyokütlenin kaynağını oluşturmaktadır. Örnek verecek olursak; odun, (Hızlı büyüyen söğüt kavak gibi ağaçlar, ağaç parçaları, kabuk, kök, talaş, vb.), şekerli ve nişastalı bitkiler (Şeker pancarı, mısır, patates, buğday vb.), yağlı tohum bitkiler (Ayçiçeği, kanola, soya, pamuk vb.), bitkisel artıklar (Sap, saman, dal, yaprak vb.), deniz yosunu, algler, hayvan dışkıları, gübre, evsel ve sanayi atıklarını (kâğıt hamuru, tekstil vb.) saymak mümkündür (DEK-TMK, 2010: 10-11).

Günümüzde biyokütle enerjisi kullanım alanlarını klasik ve modern olarak sınıflandırmak mümkündür. Klasik biyokütle enerjisinde prensip direkt yakma işlemi ile enerji elde etmektir. Geleneksel yöntemlerle ormandan yakacak odun kesilmesi, hayvan ve bitki artıklarının harmanlanmasıyla elde edilen tezeğin yakılması klasik biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır (www.inovasyon.org). Modern biyokütle enerjisinde ise verimli enerji elde etme hedeflenmekte ve bu nedenle modern biyokütle teknolojileri kullanılmaktadır. Biyokütle teknolojilerinde kullanılmak üzere hammadde kaynağı yüksek verim sağlayan enerji bitkileri (mısır, şeker pancarı, tatlı darı vb.) ile hızlı büyüyen ağaçlarla (söğüt, kavak vb) sağlanırken bunlara ek olarak tarımsal, bitkisel, hayvansal, kentsel ve sanayi atıkları da kullanılmaktadır ($YEGM_h$).

Biyokütleden elde edilen tüm enerjiler biyoenerji olarak adlandırılır (www.eea.europa.eu). Biyoenerji yapısında organik maddeler barındıran; katı, sıvı ve gaz hallerinde bulunan maddelerin kullanılmasıyla ısı, elektrik, biyokimyasal gibi çıktıların üretilmesi işlemidir. Biyoenerji CO_2 salınımını fosil kaynaklara göre yüzde 90 oranında azaltması nedeniyle "*zero carbon*" ya da "*karbonca nötr*" olarak adlandırılmaktadır (Duygu, 2003: 454). Biyoenerji kaynak kullanımı fosil enerji kaynaklarının sebebiyet verdiği zararlı gazların azaltılmasına yardımcı olarak küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğiyle mücadele etmesi, ekonomik açıdan sürdürülebilir kalkınmanın da temel taşlarından biri olarak nitelendirilmesi nedeniyle dünyada enerji tüketiminin yüzde 15'i biyokütle enerjisinden karşılanmaktadır (Başçetinçelik, Öztürk ve Karaca, 2009: 7).

3.1.1. Biyokütle Enerjisi Kaynakları

Türkiye'de sanayi üretimi dışında tarım ve hayvancılık sektörü de ekonomide büyük yere sahiptir. Türkiye bulunduğu coğrafi konumu, iklim koşulları, ekolojisi, toprak ve su kaynaklarıyla şanslı bir ülkedir. Toplam yüz ölçümü 783.577 km^2 başka bir ifade ile 78 milyon hektardır (www.dsi.gov.tr) ve toprak varlığının 38.558 bin hektarı tarım alanıdır (www.tuik.gov.tr). Alanların dağılımı ise yüzde 36 ekili alan, yüzde 9 nadas alanı, yüzde 6 sebze meyve ekili alanlar ve yüzde 49 orman alanlarıdır. Tarımsal faaliyetler haricinde Türkiye'de büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvan yetiştiriciliği de yoğun olarak yapılmaktadır. Bu nedenle bitkisel üretim, hayvansal atıklar, orman ürünleri ve atıklarının fazla olması biyokütle potansiyeli açısından Türkiye'yi zengin bir ülke olarak tanımlamak mümkündür. Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Haritası (BEPA) verilerine göre atıkların yıllık enerji değeri 20.307 bin TEP'dir ve bu değer 2014 yılı Türkiye nihai enerji tüketiminin yüzde 23'ünü karşılayacak vaziyettedir.

3.1.1.1. Bitkisel Üretim

Bitkisel üretim sektörü sanayi üretimine hammadde temin etmesi ve ülke nüfusunun üçte birinin gelir kaynağı olması nedeniyle önemli bir sektördür (Altıntaş, 2005: 17). Bölgelerin farklı iklim ve toprak yapıları birçok bitki türünün yetişmesine olanak sağlamaktadır. Toplam tarım arazisinin 23.941 hektarı işlenebilen ve uzun

ömürlü bitkilerin yetişebildiği araziler olmasıyla birlikte verimli tarım arazisi olarak nitelendirilen I., II., ve III. sınıf topraklar toplamın yaklaşık yüzde 90'ını oluşturmaktadır (TOBB, 2013: 1). BEPA (Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası) verilerine göre Türkiye'de yıllık 142. 416 milyon ton bitkisel üretimden kaynaklanan atık miktarı 142.441 milyon tondur ve bu atıkların enerji eşdeğeri 15.941 bin TEP'dir.

Tablo-12 Türkiye 2014 Bitkisel Üretimi

Ürün	Ekili Alan (ha)	Üretim (TON)	Verim (kg/ha)	Yağ %	Küspe %
Buğday	7.936.790	19.111.867	2.408	-	-
Mısır	1.073.597	24.765.035	23.067	42	58
Ayçiçeği	657.457	1.637.900	2.491	41	42
Pamuk	468.142	4.587.200	9.798	16	45
Şeker Pancarı	288.785	16.742.968	57.977	-	-
Aspir	44.305	62.000	1.399	27	70
Soya Fasulyesi	34.317	150.000	4.371	18	71
Kanola (Kolza)	32.133	110.000	3.423	42	55

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), "Bitkisel Üretim İstatistikleri", https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul, Erişim: (11.03.2016); Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), "Grup: 3115 Bitkisel ve Hayvansal Yağlar", http://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/KapasiteKriterleri/Bitkisel%20Hamya%C4%9Flar.pdf, Erişim: (11.03.2016).

Buğday yıllık ekilen bir bitki olması ve her türlü iklim ve toprak koşullarına uyum sağlaması nedeniyle üreticilerin yetiştirmede tercih ettiği bir tahıl türüdür. Besin maddesi olarak kullanımı haricinde yüksek nişasta oranıyla biyoetanol üretiminde, sapları kâğıt sektöründe ve hayvansal gıda olarak kullanılmaktadır (Avcıoğlu, 2011: 402). 2014 yılı dünyada 717,2 milyon ton buğday üretiminin (FAO, 2015: 1), 156,5 milyon tonu AB'de, 126,2 milyon tonu ise Çin'de gerçekleşmiştir (www.indexmundi.com). Türkiye'de ekili alanlarda yüzde 75 oranıyla buğday ilk sırayı alırken, yıllık üretim miktarı 19,1 milyon tondur.

Mısır üretimi dünyada ve Türkiye'de buğdaydan sonra ikinci sıradadır. Buğdayda olduğu gibi her türlü iklim ve toprak yapısına uyum sağlayan mısır, sulanır alanlarda ise daha yüksek verim sağlayan, diğer tahıl ürünleri ile mukayese edildiğinde ise birim başına en yüksek kuru madde üreten bitkidir. Yüksek protein içermesi

sebebiyle gıda üretimine hammadde olmanın dışında hayvan yemi ve özellikle biyoetanol üretiminde kullanılması, üretiminin tüm dünyada artışına neden olmaktadır. 2014 yılı dünyada 995 milyon ton (FAO, 2015: 3) yapılan mısır üretimi ana vatanı kabul edilen ABD'de (Süzer, 2014: 1) 361,0 milyon ton, Çin'de 215,6 milyon ton ve AB'nde 75.793 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (www.indexmundi.com). Türkiye'de hemen hemen her bölgede yetiştirilen mısır, ekonomik olarak Karadeniz ve Marmara bölgelerinde, 1980 yılından sonra ise II. ürün projesi ile Akdeniz bölgelerinde de üretimi yaygınlaşmıştır (www.arastirma.tarim.gov.tr). Türkiye'de toplam ekili alanın yüzde 10'u mısır ekiminde kullanılırken, 24,7 milyon ton ürün elde edilmiştir.

Yağlı tohum olan ayçiçeği ekili alan ve üretimi en fazla yapılan bitkidir. Bitkisel yağ üretiminde büyük payı olan ayçiçeği, çerezlik, hayvan yemi, sabun ve boya sanayisine hammadde kaynağı iken, sapları da yakacak olarak kullanılmaktadır (Kaya vd., 2010: 29). Dünyada 2014/2015 ayçiçeği tohumu üretimi 40,7 milyon ton olup, Ukrayna 10,0 milyon ton, Rusya 9,1 milyon ton ve AB 8,8 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir (www.sunflowernsa.com). Türkiye'de 2014 yılı üretimi 1,6 milyon ton olan ayçiçeği Marmara-Trakya bölgesi başta olmak üzere Ege ve Karadeniz bölgelerinde (GTB_a, 2015: 5), I. ve II. tarım ürünü olarak GAP ve Akdeniz bölgelerinde üretimi artmaktadır (DEK-TMK, 2010: 94).

Pamuk dünya üzerinde çeşitli coğrafyalarda yetişmekte ve en yüksek üretim Asya ülkelerinde gerçekleşmektedir (Gencer, vd., 2005: 2). Lifi tekstil, tohumu (çiğit) yağ ve hayvansal yem, linteri ise kâğıt sanayisinde kullanılan pamuk, özellikle tohumundan elde yağ biyodizelin hammaddesini oluşturur (GTB_b, 2015: 3). 2014/2015 dönemi pamuk üretiminde 6,5 milyon ton ile Çin ilk sırayı alırken, Hindistan 6,4 milyon ton ve ABD 3,5 milyon ton ile dünyada en yüksek üretimi gerçekleştiren üç ülkedir (www.statista.com). Pamuk yağı üretiminde ise Çin 1.396 bin ton, Hindistan 1.320 bin ton ve Pakistan 615 bin ton üretim gerçekleştirmiştir. 2015 yılında Çin'de meydana gelen yüzde 20'lik düşüş sonucu Hindistan dünya üretiminde ilk sırayı almıştır. (www.indexmundi.com). Türkiye'de pamuk üretimi Çukurova, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege ve Akdeniz-Antalya'da yoğun olarak yapılmaktadır ve pamuk lifi ve yağ üretiminde dünyada 7. sıradadır. 2014 yılında pamuk lifi 846 bin

ton, çiğit 1,3 milyon ton ve 180 bin ton pamuk yağı üretilmiştir (www.biruni.tuik.gov.tr).

Ticari olarak serin, ılıman ve yağış alan bölgelerde yetişen (www.sugarindustrybiotechcouncil.org) şeker pancarı, şeker üretimi dışında biyoetanolün de hammaddesidir. 2014 yılında üretilen 266,8 milyon ton şeker pancarının 37,6 milyon tonu Fransa, 33,5 milyon tonu Rusya ve 29,7 milyon tonu Almanya tarafından gerçekleştirilmiştir (www.statista.com). Türkiye'de şeker pancarı yüksek rakımlı, sulanır sahalarda (DEK-TMK, 2010: 87) dört yılda bir aynı tarlaya ekimi gerçekleşen bir bitkidir (www.konyaseker.com.tr). Şeker pancarı Akdeniz kıyı kuşağı, Ege, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Karadeniz hariç tüm bölgelerde yetişmekte ve ve ticari olarak en yüksek üretim Orta Anadolu bölümü, il olarak ise Konya'da gerçekleşmektedir (www.zmo.org.tr). Dünyada en yüksek üretim yapan ülkeler arasında beşinci sırada olan Türkiye'nin 2014 yılı üretimi 16,7 milyon tondur.

Aspir, yıllık üretilen geniş yapraklı bir bitkidir. Yalancı safran, dikenli ayçiçeği, zerdeçal gibi isimlerle de adlandırılan aspir yağının oleik asit oranı (Omega-9) bakımından zeytinyağına eşdeğer seviyededir (Babaoğlu, 2014: 4). Asya, Orta Doğu ve Afrika bölgelerine özgü bir bitki olmasına karşın kuraklığa dayanıklı (Agyeman, vd., 2002: 1), giyim ve gıda boyası, yem, yemeklik yağ, kozmetik ve ilaç sanayisi ve son zamanlarda biyoyakıt üretiminde hammadde olarak kullanılması üretiminin tüm ülkelere yayılmasına neden olmuştur (Bergman ve Kandel, 2013: 1). Aspir dünya üzerinde 60 ülkede yetişmektedir. Aspir üretiminde ABD, Avusturalya, Meksika, Kanada, Arjantin, Çin, Hindistan, Rusya, İspanya, İtalya, Kazakistan ve Türkiye önemli üreticiler arasındadır (Gilbert, 2008: 1). 2014 yılında 196.000 ton ile en yüksek üretimi gerçekleştiren Kazakistan'ı 144. 411 ton Meksika, 113.000 ton Hindistan takip etmiştir (www.faostat3.fao.org). Türkiye'de üretimi 62.000 ton olarak gerçekleşen aspirin tohumunda ortalama yüzde 40 yağ barındırması, tuza ve kuraklığa dayanıklı, fazla bakıma gerek olmaması nedeniyle GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) ve Orta Anadolu'da, ayrıca nadasa bırakılan arazilerin değerlendirilmesiyle üretimin arttırılma imkânı vardır (DEK-TMK, 2010: 98).

Anavatanı Uzak Doğu olan soya fasulyesinin (Bayar ve Yılmaz, 2004: 2) tohumunda yüzde 35-45 oranında protein, yüzde 18-24 oranında yağ bulunması

nedeniyle dünyada en çok üretimi gerçekleşen bitkidir. Protein bakımından zengin ve oleik yağ asidinin (Omega-9) yüksek olması nedeniyle gıda sanayisinde önemli hammadde girdisi olan soya fasulyesi ayrıca ilaç, yem, mürekkep, yapıştırıcı, biyoyakıt gibi 400'den fazla yan ürünün üretiminde de kullanılması diğer tarımsal ürünler arasında önemli bir yer almasını sağlamaktadır (Öner, 2006: 5-7). 2014 yılında ABD'de 108 milyon ton, Brezilya'da 86,7 milyon ton ve Arjantin'de 53,3 milyon ton (www.faostat3.fao.org) üretimi gerçekleşen soya fasulyesinin Türkiye'deki üretimi 150 bin tondur. Soya fasulyesi üretimi Türkiye'de istikrarlı bir üretim grafiği çizmemektedir. 1987 yılında 250 bin olan üretim 2014 yılında yüzde 40 azalmıştır. Nedeni ise katma değeri yüksek ürünler yerine maliyeti düşük tarla ürünlerinin seçilmesidir. Türkiye'de başta Akdeniz olmak üzere Karadeniz ve Marmara bölgelerinde I. ürün, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'nun sulanan alanlarında II. ürün olarak yetiştirilmektedir (GTB, 2013: 6).

Kanola rapiska, rapitza, kolza gibi isimleriyle bilinen, Avrupa başta olmak üzere birçok ülkede yetiştirilen, kışlık ve yazlık fizyolojik döneme sahip yağlı tohum bitkisidir. Tanesinde yüzde 38-50 yağ, yüzde 16-24 oranında protein ihtiva eden eden kanola buğday gibi her türlü iklim ve toprak yapısına uyum sağlamaktadır Tohumu yağ üretiminde, küspesi yem olarak kullanılan kanolanın günümüzde biyodizel üretimi amaçlı yetiştirilmesi artmıştır (Tıraş, 2009: 161). 2014 yılında Kanada'da 15,5 milyon ton, Çin'de 11,6 milyon ton ve Hindistan'da 7,8 milyon ton (www.faostat3.fao.org) üretilen kanola Türkiye'de 110 bin ton üretilmiştir. Türkiye'de 1960'lı yıllarda balkanlardan gelen göçmenlerin getirdiği tohum kolza adıyla Trakya bölgesinde üretime başlanmış fakat 1979 yılında erüsik asidin yüzde 45-50 seviyelerinde olması nedeniyle üretimi yasaklanmıştır (Sobutay, 2004: 1). Kanada'da yapılan ıslah çalışmaları ile asit seviyesi yüzde 0 seviyesine düşürülmesiyle kanola adını alıp tekrar üretimi başlamıştır. Doğu Karadeniz hariç, Türkiye'nin her bölgesinde yetişen kanola, ayçiçeğine yakın kalitede olması nedeniyle yağ üretiminin arttırılması amacıyla Çukurova, Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu'da pamuk, Marmara-Trakya bölgesinde ise ayçiçeği ve buğday ekilen tarlalarda münavebe yapılabilir (Süzer, 2001: 1).

3.1.1.2. Bitkisel Üretim Atıkları

Türkiye tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bir ülkedir. Yetiştirilen tarım ürünlerinin hasadı sonrası oluşan tarımsal atıklar biyokütle enerjisinin hammadde kaynağını oluşturmaktadır.

Tablo-13 Türkiye'de Bitkisel Üretim Atıkları

Ürünler	Atıklar	Birim Isıl Değeri (MJ/Kg)
Buğday	Saman	17.9
Arpa	Saman	17.5
Çavdar	Saman	17.5
Yulaf	Saman	17.4
Mısır	Sap	18.5
	Sömek	18.4
Pirinç	Saman	16.7
	Kabuk	12.9
Tütün	Sap	16.1
Pamuk	Sap	18.2
	Çırçır Atığı	15.6
Ayçiçeği	Sap	14.2
Yer Fıstığı	Saman	20.7
	Kabuk	
Soya	Saman	19.4

Kaynak: Başçetinçelik, A. vd. (2005), "Agricultural Biomass Potential in Turkey", Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture, İzmir, 195-199.

Tarımsal hasat sonrası sap, saman gibi atıklar ortaya çıkmaktadır. Tarımsal ürünler arasında en fazla atık mısır, buğday ve arpa üretimi sonrası oluşur. Tarla bitki artıklarının toplam ortalama ısıl değeri 228 PJ (Petajoule) ve mısır yüzde 33,4, buğday yüzde 27,6 ve pamuk yüzde 18,1 pay sahibi ürünlerdir (Kürklü ve Bilgin, 2007: 152).

❖ **Bahçe Bitkileri Üretimi ve Atıkları:** Türkiye'nin bulunduğu konum ve verimli toprakları tahıl ürünlerinin yanı sıra çeşitli bahçe ürünlerinin yetişmesine de imkân vermektedir. Sebze, meyve ve baharat bitkileri, bağ alanları ve zeytin ağaçlarının kapladığı alan 4.047 hektardır (www.tuik.gov.tr). Üretilen bitkilerin bölgesel iklim koşullarına göre çeşitlilik göstermesi nedeniyle komşu ülkelerle mukayese edildiğinde Türkiye'yi şanslı bir ülke olarak nitelendirmek mümkündür.

Akdeniz bölgesinde limon, portakal, greyfurt, muz, mandalina, Karadeniz bölgesinde fındık, çay, Ege ve Marmara bölgelerinde zeytin (Durmuş ve Yiğit, 2003: 26-37), Doğu Anadolu bölgesinde Kayısı (Topçu ve Uzundumlu, 2010: 44), İç Anadolu Bölgesinde kiraz, vişne (Demirtaş ve Sarısu, 2011: 2) ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde antep fıstığı (MEGEP, 2010: 4) gibi birçok bölgeye dağılmış ürünler ülke ekonomisine konu olurken, toplama, ayıklama, temizleme ve budama sonrası çıkan dal, kabuk gibi atıklar da biyokütlenin hammaddesini oluştururlar. Ekilen bahçe bitkilerinde yüzde 55,8 fındık ve yüzde 25,9 zeytin en fazla atık oluştururken, tüm bahçe bitkilerinin toplam yıllık atığı yaklaşık olarak ısı değeri 75 PJ'dur (DEK-TMK, 2007: 4).

❖ **Hayvansal Üretim ve Atıkları:** Türkiye'de tarımsal ve bahçe bitkileri üretimi haricinde hayvancılık sektörü de büyük öneme sahiptir. 14.6 milyon hektar (www.tuik.gov.tr) çayır ve mera arazisi hayvanların beslenmesine imkân vermektedir. Büyükbaş Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz, küçükbaş İç Anadolu (www.cografya.gen.tr), kümes hayvancılığı ise Türkiye'nin her yerinde yapılmasına karşın, Marmara bölgesinde yoğundur (www.eokul-meb.com). BEPA'nın verilerine göre Türkiye'de 32,7 milyon hayvanın oluşturduğu yıllık atık 156,7 milyon ton ve enerji değeri 1.323 bin TEP'dir ve modern biyokütle teknolojileri kullanılarak mevcut hayvansal atıklar enerjiye dönüştürülmektedir.

❖ **Orman Ürünleri ve Atıkları:** Türkiye 78 milyon hektarlık yüzölçümüyle dağlık ve ekocoğrafya bakımından zengin bir ülkedir. Toplam yüzölçümünün 21,6 milyon hektarını yani yüzde 27,7'sini orman alanları oluşturmaktadır. Ormanlık alanlar yüzde 27 Karadeniz, yüzde 22 Akdeniz, yüzde 17 Ege ve yüzde 13 Marmara'yı çevreleyen dağlarda yoğunlaşırken, orman varlığı kıyı dağ alanlarında gür, iç bölgelerde daha seyrek vaziyettedir (www.enyesilankara.org; www.akademi.yucelkesen.com). Orman alanlarının yüzde 54'ü kızılçam, göknar, sedir gibi iğne yapraklı, yüzde 35'ini ise meşe, kayın, gürgen gibi yapraklı ağaçlar oluşturmaktadır (OGM, 2014: 20).

6831 Sayılı Orman Kanunu'na göre devlet ormanlarından çıkarılan orman ürünlerinin ve orman ürünlerinin dışındaki her nevi orman ürün ve atıklarının kullanılabileceği belirtilmektedir. 2014 yılında üretilen orman ürünlerinin 14.923 bin

m^3'ü endüstriyel (tomruk, tel direk, maden direk, sanayi odunu, kâğıtlık odun, lif yonga odunu, sarık), 5.257 bin ster ise yakacak odundur (Orman Genel Müdürlüğü, 2015: 43). Odunun içeriğinde bulunan ligno selüloz nedeniyle diğer kaynaklara göre çok daha etkili bir hammadde girdisidir. Odun ve artıkları yakma yöntemiyle kalorifer kazanlarında, elektrik üretim santrallerinde kullanılırken, gazlaştırma teknolojileri ile biyoyakıt olarak kullanılabilecek bir kaynaktır (www.biyoder.org.tr). BEPA'nın verilerine göre orman atıklarının yıllık enerji değeri 855 bin TEP'dir ve 2800 MWth (Megawatt thermal) ısı üretilmek mümkündür.

❖ **Kentsel Atıklar:** Endüstrileşme ile birlikte insanların kitleler halinde köyden büyük şehirlere göç etmesi, nüfus yoğunluğunun kentlerde artışına neden olurken, artan nüfusa bağlı olarak üretim ve tüketim aşamalarında oluşan atıkların türlerini ve miktarlarını da değiştirmektedir. Kentlerde ambalaj atıkları çoğunlukta iken, köy gibi küçük yerleşim yerlerinde organik atıklar fazladır. Oluşan atıklar çevre kirliliği dışında insan sağlığını da tehdit etmektedir.

Kentsel atıklar kaynağına göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Evsel atıklar genellikle çöp olarak nitelendirilen yiyecek artıkları, cam, plastik, kâğıt, vb. zararsız atıklar haricinde pil, boya gibi zararlı ve tehlikeli atıkları da içermektedir. Ticari ve kurumsal atıklar dükkân, lokanta, iş merkezi, kamu binaları, hastane, okul gibi alanlarda toplanan kâğıt, plastik, yiyecek artıkları ile zararlı ve tehlikeli atıklar bu grubun dâhilindedir. Belediye hizmetleri atıkları çöp, toptancı halleri ve pazarlarda biriken organik atıklar, halka açık park, bahçe, mesire alanı ve plajlarda biriken atıklar, sokak süprüntüleri, çevre düzenlemesi esnasında oluşan ağaç dalları, yaprakları bu kapsam içine alınabilecek atıklardır (MEGEP, 2011: 13). BEPA'nın verilerine göre yıllık katı atık miktarı 29.618 bin ton olup, kentsel organik atıkların enerji değeri yıllık 2.186 bin TEP'dir.

3.1.2. Biyoyakıtlar

Dünyada artan enerji ihtiyacını karşılamak ve küresel ısınmanın kontrol altına alınması amacıyla enerji kaynaklarında doğal kaynaklar önem kazanmaya başlamıştır. Güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal enerji kaynakları ısı ve elektrik üretiminde kullanılırken, biyokütleden ısı ve elektrik üretimi haricinde petrol ve türevlerine rakip

olabilecek çıktılar elde edilmektedir. Biyoyakıtlar fosil yakıtlar ile kullanılabileceği gibi, fosil yakıtların yerine de kullanılabilmektedir Biyoyakıtların hammaddesi tüm evrende bulunan biyokütle kaynakları oluşturur. Çeşitli çevrim teknolojileri kullanılarak mevcut biyokütle hammaddeleri biyoyakıtla dönüştürülmektedir. Kısaca açıklayacak olursak (DEK-TMK, 2010: 3);

- ❖ Yağlı tohumlu bitkiler, atık yemeklik ve hayvansal yağlar: Biyodizel
- ❖ Şekerli/nişastalı bitkiler, kentsel/endüstriyel atıklar, orman ve orman ürün atıkları, tarımsal atıklar: Biyoetonol
- ❖ Kentsel/Endüstriyel atıklar: Biyogaza dönüştürülmektedir.

İnsanlık tarihinde ilk biyoyakıt Mısırlılar tarafından aydınlatma amacıyla kullanılan hint tohumu yağıdır (Sabancı, Atal ve Yaşar, 2006: 33). Türkiye'de ise AB'den önce 1934 yılında Atatürk Orman Çiftliğindeki traktörlerde bitkisel yağların yakıt olarak kullanılması Atatürk'ün emriyle gündeme gelmiştir (DEK-TMK, 2010: 1). Yerli biyoyakıt kullanımı tarıma dayalı yüksek katma değerli sanayi sektörü yarattığı gibi, ulaşım, hizmet, sanayi ve yan sanayi sektörlerinde doğrudan ya da dolaylı istihdam imkânı sağlarken, nadasa bırakılan veya kullanılmayan arazilerin tarımsal alana çevrilmesiyle tarımsal iş hacminin genişlemesine, fosil yakıtlar yerine kullanımı atmosfere salınan zehirli gazların azaltılmasına, kısacası sürdürülebilir ekonomiyle birlikte yaşanabilir sağlıklı çevre oluşturulmasında büyük katkı sağlamaktadır.

❖ **Biyodizel:** Hammaddesi aspir, ayçiçeği, kanola (kolza), mısır, pamuk, soya gibi yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen ham bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve atık bitkisel yağlardan üretilen biyodizel, motorine eşdeğer yenilenebilir bir yakıt türüdür (Dizge, Canlı ve Karpuzcu, 2005: 1). Biyodizel saf olarak kullanılabileceği gibi motorinle karıştırılarak da kullanılabilmektedir. Biyodizelin motorin ile harmanlanmasına göre farklı şekilde adlandırılmaktadır. Saf olarak kullanıldığında B100, (%20 biyodizel + %80) motorin kullanılmışsa B20 olarak adlandırılmaktadır (Alptekin ve Çanakçı, 2006: 58).

Biyodizel petrol ve türevlerine ikame olabilen, ulaşım sektöründe kullanılan bir yakıt olması nedeniyle petrolde dışa bağımlılığın azaltılmasında stratejik öneme

sahip bir yakıt türüdür. Dizel motorlar haricinde farklı alanlarda da kullanılması nedeniyle "*Acil Durum Yakıtı*" ve "*Askeri Stratejik Yakıt*" olarak da adlandırılan biyodizel, ulaşım araçları dışında kalorifer, jeneratör gibi dizel yakıtın kullanıldığı tüm alanlarda yararlanmak mümkündür. Biyodizel basit üretim tekniğiyle küçük ve büyük tesislerde üretilebilmektedir. Hammaddesi olan yağlı tohumlu bitkilerin Türkiye'de üretime elverişli olması nedeniyle üretiminin arttırılması tarımla uğraşan kesimin kendi ürününden yakıt elde etmesi kırsal kalkınmayla birlikte ülke ekonomisine de katma değer yaratmaktadır. Ayrıca ham bitkisel yağ haricinde atık yağların da üretimde değerlendirilmesi üretim maliyetlerini düşürürken, çevre kirliliği ile mücadelede olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Biyodizelin tarımsal bitkilerden üretilmesi nedeniyle fotosentez yoluyla CO_2 dönüştürülüp karbon döngüsünü hızlandırmasından dolayı sera etkisini arttırıcı etki görülmemektedir. Yani biyodizel doğal yutak vazifesi üstlendiğinden tüketim sonucu ortaya çıkan CO_2, üretilen bitkiler tarafından geri alınmaktadır. Bununla birlikte karbon emisyonlarını düşürdüğü, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların daha az salınım gerçekleştirdiği kanıtlanmıştır (DEK-TMK, 2007: 11).

Biyodizel kullanımında yanmamış hidrokarbon yüzde 67, CO_2 emisyonu yüzde 80, kansorejen etkisi olan aromatik hidrokarbonlar (%75 - %90) ve partikül madde emisyonu da dizel yakıtlara oranla yüzde 30 daha azdır. Biyodizel yakıtı bitkilerden elde edildiğinden kükürt içermemektedir. Bu nedenle kükürtdioksit emisyonu oluşturmadığından kanser yapıcı etkileri azaltmakla birlikte fosil enerji kaynaklarının sebebiyet verdiği asit yağmurlarına da neden olmamaktadır (www.vetenergy.com).

❖ **Biyoetanol:** Biyoetanol şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, buğday, patates gibi şekerli ve nişastalı bitkiler haricinde, tarımsal atıklar, selüloz içeren odun ve kentsel atıklardan üretilen bir alkoldür. Biyoetanol yüksek oktanlı bir yakıt olması nedeniyle benzine alternatif bir yakıt türüdür. Biyoetanolün yakıt olarak benzinle karıştırılarak kullanımı E-2 (%2 Biyoetanol + %98 Benzin), E-5, E-10 ve E-85 şeklindedir (Ar, 2012: 2). Benzine göre yüksek oktan sayısı, yüksek alevlenme ve yüksek basınca sahip olması daha kısa sürede yanma gerçekleştirdiğinden içten

yanmalı motorlarda benzine göre daha yüksek verim alınması ve en iyi performansla çalışmasına yardımcı olmaktadır (Yiğitoğlu, İnal ve Gökgöz, 2012: 12).

Biyoetanol ulaşım araçlarında benzin ile karıştırılarak, dizel motorlara katkı maddesi, hibrit ve yakıt hücreli son teknoloji araçlar ve tarım makinalarında kullanılırken, kojenerasyon ünitelerinde, elektrik üretim santrallerinde, fırın, aydınlatma, ısı ve soğutma gibi küçük ev aletlerinde ve kimyasal ürün sektöründe de kullanılmaktadır ($YEGM_b$, www.eie.gov.tr).

Biyoetanol çevreye zarar vermeyen, sera etkisine neden olmayan doğal döngüye sahiptir. Tüketim esnasında çevreye zarar vermeden çözündüğünden ozon tabakasını inceltici hidrokarbon emisyonlarını büyük ölçüde azaltmaktadır. İçeriğinde bulunan oksijen nedeniyle yakıtın daha verimli yanmasını sağlarken, egzoz çıkışındaki zararlı emisyonları düşürmektedir. Ulaşım sektöründe yüksek seviyeli biyoetanol kullanımı azot oksit emisyonlarını yüzde 20'ye kadar azaltırken, insanlarda solunum hastalıklarına ve bitkilerde kalıcı hasarlara neden olan uçucu organik maddelerde (VOCs) yüzde 30 ve üstü azalma sağlamaktadır. Ayrıca kanserojen etki yaratan benzen ve butadin emisyonlarını yüzde 50 oranında azaltmaktadır ($ETKB_b$).

❖ **Biyogaz:** Biyogaz kentsel ve endüstriyel atıkların organik kısımları, tarımsal, bitkisel atık ve artıklar, hayvansal atık ve mezbaha atıkları ile atık su çamurlarının oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucu oluşan yanıcı bir gazdır (Kılıç, 2011: 99). Kaynağına bağlı olarak kanalizasyon gazı, gübre gazı gibi isimler de verilen biyogaz (İlkılıç ve Deviren, 2011: 145), organik madde içeriğine göre yüzde 45-70 metan, yüzde 25-55 karbondioksit, yüzde 0-3 hidrojen sülfür ve az miktarlarda azot ve oksijen barındırmaktadır (www.biyogaz.web.tr).

Biyogazın yanıcı bir gaz olması bileşiminde bulunan metan gazından ileri gelmekte ve biyogazın ısıl değerini belirlemektedir. Ortalama 4700-5700 kalori enerji veren $1m^3$ biyogaz 60 watt gücündeki bir ampulü 7 saat kullanmaya veya 4 kişilik bir ailenin günlük pişirme ihtiyacını karşılanabilmesine olanak sağlamaktadır (Alçiçek ve Demiruluş, 1994: 8). Ayrıca $1m^3$ biyogaz 0,62 lt gazyağı, 1.46 kg odun kömürü, 4.70 kWh elektrik enerjisi, 0.66 lt motorin ve 0,75 lt benzine eşdeğerdir (DEK-TMK, 2007: 16). Görüldüğü üzere yanma özelliğine sahip biyogaz, doğal gaz ile benzer özellikler

taşıması fırın, ocak, şofben gibi alanlar ile büyük ölçekli tesislerde elektrik üretiminde hammadde kaynağı olurken, üretim sonrası arta kalan yüksek besin değerli organik katı ve sıvı materyaller tarım alanlarında verim arttırıcı gübre olarak kullanılmasına imkân vermektedir (Korkmaz, Aykanat ve Çil, 2012: 495).

Biyogazın hammaddesini oluşturan organik atık ve artıkların geri dönüşümüyle ucuz ve çevre dostu enerji sağlanırken, kontrolsüz sera gazları salınımının da önüne geçilmektedir (Çallı, 2012: 14). Üretim sonrası elde edilen hayvan gübresinin kokusu yok denecek kadar azalmaktadır. Bu durum sinek, böcek gibi haşerelerin üremesini engellerken, insan sağlığını ve yer altı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük ölçüde azalmasına katkıda bulunmaktadır ($YEGM_j$).

3.1.3. Dünyada Biyokütle Enerjisi Sektörü

Yenilenebilir enerji kaynakları 2014 yılında dünya enerji talebinin yüzde 19,1'ini karşılarken, bu oranda geleneksel biyokütlenin payı yüzde 9'dur. (REN21, 2015: 27). Biyokütle enerjisinin ısı, elektrik ve ulaşım sektörlerinde kullanımının artmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisindeki payı da artmaktadır. Mevcut tüketimin yaklaşık yüzde 60'ı klasik kullanım sonucu oluşurken, geriye kalan kısmı ise modern biyokütle teknolojileri ile dönüşümü sonrası katı, sıvı ve gaz formlarında kullanılmaktadır (REN21, 2014: 11).

Biyokütle yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi için oldukça önemlidir. Enerji arzının yüzde 52'lik kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayarak dünya lideri olan İsveç, yüzde 34'ünü biyokütleden sağlarken, Brezilya yüzde 43 olan yenilenebilir enerji arzının yüzde 25'den fazlasını biyokütleden elde etmektedir (www.worldbioenergy.org).

Biyokütle enerjisinin kullanım alanları ülkelere göre farklılık göstermektedir. Çin enerjinin büyük bölümünü konut ısıtmada kullanırken, ABD üretim sektöründe kullanmaktadır. 2014 yılında tüketilen birincil enerji kaynaklarının yaklaşık yarısı bina ve sanayi tesislerinin ısınma ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılırken, tüketilen enerji kaynaklarının yüzde 8'ini biyokütle temsil etmektedir. (REN21, 2015: 17). Biyokütlenin toplam birincil enerji tüketimindeki payı 2011 yılında 54,9 EJ

(Egzajoule) iken (WBA, 2014: 6), 2014 yılında 58,5 EJ'a (16.250 TWh) çıkarak, dünya enerji arzının yüzde 10'unu karşılamıştır (REN21, 2015: 39).

Modern enerji yöntemleriyle ısı üretiminde kullanılan hammaddenin yüzde 80'ini katı biyokütleler oluşturmaktadır. Küresel ekonomik gelişmelere paralel olarak enerji talebindeki yükseliş, ahşap pelet gibi katı biyokütlelerin uluslararası ticarette hacimlerinin artmasına neden olmaktadır. Küresel pelet üretimi 2013 yılında yüzde 13 artarak 23,6 milyon tona ulaşırken, AB (Almanya, İsveç, Letonya ve Portekiz) 12 milyon ton, ABD ve Kanada 6 milyon ton, Rusya ve Çin ikişer milyon ton pelet üretimi gerçekleştirmişlerdir. Tüketimde ise Avrupa 10 milyon ton ısı üretimi ve 9 milyon ton endüstriyel üretim amaçlı kullanarak dünyanın lideri konumundadır (www.biofuelmachines.com).

Biyokütle dünyada ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanılsa da geriye kalan kısmı biyoenerji santrallerinde ısı elektrik enerjisine çevrilmekte ve kullanılan biyokütlenin yüzde 75'i katı biyoyakıtlardan elde edilmektedir. 2013 yılında 88 GW (Gigawatt) olan biyoenerji kapasitesi 2014 yılında 93 GW'a yükselerek, 2014 yılında üretilen elektrik 433 TWh (Terawatt Saat)'a ulaşmıştır. Biyokütleden elektrik üretiminde ABD 69,1 TWh, Almanya 49,1 TWh, Çin 41,6 TWh, Brezilya 32,9 TWh ve Japonya 30,2 TWh ile dünyanın lider ülkeleridir (REN21, 2015: 19-43).

3.1.4. Dünyada Biyoyakıt Sektörü

Günümüzde etkisini daha fazla gösteren küresel ısınma ve fosil enerji kaynak rezervlerinin azalması ülkeleri ve birlikleri çeşitli önlemler almak zorunda bırakmıştır. Kaynak çeşitliliğini arttırmak, biyoyakıtların üretim ve tüketimini yaygınlaştırmak amacıyla çeşitli zorunluluklar ve teşvik mekanizmaları devreye sokulmuştur. ABD ve AB biyoyakıt üretim ve kullanımını çeşitli politikalarla desteklemektedir. ABD'de 2010 yılında EPA (Environmental Projection Agency) tarafından güncellenen "Renewable Fuel Standart Programme (RFS2)" ve Avrupa Birliğinin 2009 yılında güncellenen Yenilenebilir Enerji Direktifi "Directive 2009/28/EC ile biyoyakıtların üretimi ve kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (DEK-TMK, 2014: 286).

Küresel biyoyakıt üretimi 2014 yılında yüzde 9 artarak toplam 127,7 milyar litre olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen toplam üretimin 94 milyar litresi biyoetanol,

30 milyar litresi biyodizel ve geriye kalan biyogaz (biyometan)'dır. Biyoetanol, küresel düzeyde en fazla üretilen biyoyakıt türüdür. Biyoetanol piyasasının önde gelen dört üreticisi ABD, Brezilya, AB ve Çin'dir. 2014 yılında toplam biyoetanol üretiminin ABD (%58), Brezilya (%28), AB (%6) ve Çin (%3) tarafından gerçekleştirilmiştir. Biyoetanolden sonra en fazla üretimi gerçekleşen biyoyakıt türü biyodizeldir. Küresel düzeyde en fazla üretim AB (%39) (Almanya %11), ABD (%16), Brezilya (%11), Endonezya (%10) ve Arjantin'de (%9,7) gerçeklemiştir. Biyogazda AB lider konumdadır ve üretimi hızla artmaktadır. Ulaşım yakıtı olarak da kullanılan biyogaz, üretiminin yaklaşık yüzde 10'u Avrupa'da ulaşım sektöründe değerlendirilmektedir (REN21, 2015: 44-45).

Dünya üzerindeki mevcut araç sayısının yaklaşık üçte biri ABD'dedir ve küresel yakıt tüketiminin yüzde 25'i bu ülke tarafından tüketilmektedir (Akalın ve Seyrekbasan, 2015: 160). "Enerji Arzında Güvenliğin Ulusal Güvenliğin Unsuru" olarak gören ABD, 25x25 sloganıyla 2025 yılında tüketilen toplam enerjinin yüzde 25'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamayı hedefleyen plan projeler ile kendi ulusal sistemini kurmuştur (DEK-TMK, 2012: 205).

❖ **Biyodizel Sektörü:** Dünyada biyodizel yakıtının 11,5 milyar ton ile en büyük üreticisi AB'dir ve üretiminde ana hammadde kanoladır. Kanola yağının fiyatlarındaki yükseliş başka hammadde kaynaklarının kullanıma alınmasına sebep olmuştur. 2016 yılından itibaren üretimde kanola yerine soya ve palm yağı kullanılacaktır. (DEK-TMK, 2014: 288). Avrupa Birliği'ne üye devlerden olan Almanya, 2014 yılında 3,4 milyar litre biyodizel üretimi gerçekleştirmiştir (REN21, 2015: 44). Almanya biyoyakıtlar ve biyodizel konularında dünyada öncü kabul edilecek bir ülkedir. "*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Öncelik Tanıma Yasası*" kapsamında biyoyakıtlardan vergi alınmaya başlanmış fakat biyodizelin çiftçi yakıtı olarak kullanılması hedeflendiğinden vergi muafiyeti uygulaması ile enerji tarımını desteklemektedir. Ayrıca 2007 yılının başından itibaren biyodizelde yüzde 5 harmanlama da mecburi kılınmıştır. Fransa'da birlikteki diğer ülkelerde olduğu gibi yüzde 5 harmanlama zorunluluğu bulunmakta ve harmanlanan kısım vergiden muaf tutulmaktadır. Ayrıca ülkenin önde gelen araç üreticileri ve petrol şirketlerinin desteğiyle üretimin ve kullanımının arttırılması hedeflenmektedir.

ABD'de en fazla üretimi gerçekleşen biyoyakıt türünün biyoetanol olmasına karşın, öncelik milli yağı olan soya yağına uygun ASTM-6751 biyodizel standardı belirlenmiştir. Bu standarda göre yüzde 5 biyodizel ile harmanlanmış benzin (B5) ülke geneli akaryakıt istasyonlarında satılırken, çiftçilere boyanarak sunulan saf biyodizel vergiden muaf tutulmaktadır (Gizlenci ve Acar, 2008: 6-7).

Brezilya'da ilk defa üretimi 2006 yılında başlayan biyodizel, uygulamaya konulan ulusal politikalar ile 2014 yılında 3,4 milyar litre üretim gerçekleşmiştir (REN21, 2015: 45). Üretimde hammadde olarak hayvansal yağlar, soya ve düşük miktarda pamuk kullanılmaktayken (DEK-TMK, 2014: 293), ülkede palm ağacı dikimine yönelik teşvikler sağlanarak üretim gelişimi sürdürmektedir (Gizlenci ve Acar, 2008: 7). Brezilya'da 2005 yılında çıkarılan Biyodizel Kanunu ile zorunlu harmanlama oranı yüzde 2 olarak belirlenirken, 2008 yılında yüzde 5'e çıkarılmış (Hatunoğlu, 2010: 48) ve 2014 yılında B5 ve B7 olarak devam etmektedir.

Asya – Pasifik ülkelerinden Endonezya'da üretim yüzde 41 artarak 3,1 milyar litreye ulaşmıştır. Malezya ise dünyanın en büyük palm yağı üreticisi ve ihracatçısı olmasına rağmen biyodizel üretimi oldukça düşük seviyelerdedir. Hindistan'da demiryollarında biyodizel harmanlama zorunluluğu, üreticilerin doğrudan tüketicilere satma kolaylığı gibi devletin uygulamaya koymuş olduğu serbestleşme politikalarına rağmen 2013 yılına oranla 2014 yılında üretim düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Çin 2014 yılında yüzde 5 artış ile üretimini 1.13 milyar litreye çıkarmıştır. Bu artışın nedeni geri dönüştürülmüş atık yağların yasadışı yollarla insan tüketiminde kullanılmasının devletin sert tedbirleriyle engellenmesi sonucu oluşmuştur. Ülkede yaklaşık 4 milyar litre üretim gerçekleştiren 50 den fazla biyodizel üretimi tesisi bulunmakta ve birçok tesis de inşa halindedir. (REN21, 2015: 45).

❖ **Biyoetanol Sektörü:** Biyoetanolün en fazla üretildiği ülke ABD'dir ve 2014 yılında gerçekleşen üretim miktarı 54 milyar litredir (REN21, 2015: 44). 2012 yılı itibariyle galon başına uygulanan teşvikler kaldırılarak zorunluluklar başlamıştır. Ülkedeki pek çok eyalette yüzde 10 harmanlama zorunluluğu 2012 yılının ikinci yarısından itibaren yüzde 15 olarak uygulanmaya başlamıştır. Bazı eyaletlerde ise bu değerin yüzde 20 olması gündemdedir. Alınan kararlarda EPA çok etkin rol oynamaktadır (DEK-TMK, 2014: 291). E20 (%20 biyoetanol+%80) benzin, E30, E50

ve E85 yakıt kullanan araçlar fleksi yakıtlı araçlar olarak adlandırılmakta ve ABD'de bu tip araçların sayısı 16 milyondan fazladır. Ülkede 2015 yılında üretilecek araçların yüzde 50'sinin, 2016 yılında ise yüzde 90'ının fleksi yakıtlı araç olması hedeflenmektedir (DEK-TMK, 2011: 181).

Brezilya ABD'den sonra dünyanın en büyük biyoetanol üreticisi ve tüketim öncüsü ve en büyük ihracatçısıdır. Üretilen biyoetanol 1/3'ü ABD, Japonya ve AB ülkelerine ihraç etmektedir (Kapluhan, 2014: 110). 1930'lu yıllardan bu yana biyoetanolü otomobil yakıtı olarak kullanan Brezilya'da yaklaşık 35 bin E85 yakıt istasyonu bulunmaktadır (Ar, 2012: 5). Ülkede 2011 yılında yüzde 20-25 harmanlama zorunluluğu, şeker fiyatlarındaki artışa bağlı olarak yüzde 18-20 harmanlanarak kullanılmaktadır (DEK-TMK, 2014: 292). Ülkede biyoetanol yakıtının sürdürülebilirliğin devamı maksadıyla akaryakıt istasyonlarına biyoetanol pompa kurulması zorunluluğu ve otomobil üreticilerine E20-25 uyumlu araç üretmeleri mecburiyeti getirmiştir. Ayrıca şeker kamışı üretimi teşvik edilirken, biyoetanol tesisi kuracak yatırımcılara da düşük faizli kredi ve sübvansiyonlar sağlanmaktadır (Akalın ve Seyrekbasan, 2015: 161).

AB'de biyoetanol üretimi şeker pancarı ve tahıllardan yapılmakta ve dünya toplam üretimin yüzde 6'sını oluşturmaktadır (Ar, 2012: 4). Son yıllarda küresel üretimde söz sahibi olmaya başlayan birlik, 2014 yılında Fransa ve Almanya liderliğinde bir önceki yıla oranla yüzde 13 arttırarak 5,2 milyar litre üretim gerçekleştirmiştir. AB'ne bağlı ülkelerde E10 ve üzeri oktanlardaki yakıt türlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (REN21, 2015: 44).

Asya-Pasifik ülkelerinde biyoetanolün yaygınlaşmasını sağlayan ulusal programlar uygulanmaktadır. Biyoetanolün üretiminde şeker pancarını kullanan Hindistan, 2010 yılından beri yüzde 10 harmanlama zorunluluğu getirmiş ve 2017 yılında bu oranın yüzde 20 olması kararlaştırılmıştır. (DEK-TMK, 2014: 293). Çin'de biyoetanol harmanlama oranı yüzde 8 ile yüzde 12 arasında değişmektedir. Biyoetanolün yaygınlaşmasına ağırlık vermeye başlayan ülkede 2014 yılında 3 milyar litre üretim gerçekleşmiştir. Tayland'da biyoetanol hükümet sübvansiyonları ile yakıt sektörüne yön vermekte ve harmanla oranı yüzde 12 ile yüzde 40 arasında değişmektedir (REN21, 2015: 44).

❖ **Biyogaz Sektörü:** Biyogaz sektöründe AB lider konumdadır ve sadece Almanya'da 7000'in üzerinde biyogaz tesisi bulunmaktadır. Isınma ve elektrik üretimi haricinde biyogazın yüzde 10'u ulaşım yakıtı olarak kullanılmaktadır. İsveç, biyogaz üretiminde dünyaya örnek olacak bir ülkedir. Ulaştırma sektöründeki araçların yüzde 60'ı biyogaz ile çalışmakta ve kullanılan yakıtın vergiden muaf tutulmasının yanında ücretsiz otopark hizmeti de sağlanmaktadır. 2005 yılından bu yana trenlerde de biyogazı kullanıma alan İsveç, filosunda biyogazlı araç kullanan firmalara vergi indirim kolaylığı sağlamaktadır (DEK-TMK, 2011: 184).

3.1.5. Türkiye'de Biyokütle ve Biyoyakıt Sektörü

Türkiye biyokütle ve biyoyakıt potansiyelinin yüksek olmasına karşın, üretimi ve tüketimi diğer ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür. 2014 yılında 4.577 bin ton bitkisel ve hayvansal atıkların 245 bin tonu elektrik santrallerinde, 4.332 tonu konut ve hizmet sektöründe kullanılmıştır. Atıklardan 1.433 GWh elektrik üretimi (www.eigm.gov.tr), 62.278 ton biyoetanol ve 32.240 ton biyodizel üretimi gerçekleşmiştir (EPDK, 2015: 7).

3.1.5.1. Türkiye'de Biyokütle Enerjisi Sektörü

Türkiye'de 2015 yılında işletmeye alınan 18 firmanın 49.9 MW kurulu gücündeki üretim tesislerinin 2'si (13.500 MW) atık ısı, 16'sı (13.603 MW) biyokütle ve (22.863 MW) çöp gazına aittir ($ETKB_c$). TEİAŞ'ın verilerine göre eklenen yeni santraller ile üretim gerçekleştiren firma sayısı 69'a, kurulu güç ise 344,7 MW'a yükselmiştir. Faaliyet gösteren 37 biyogaz tesisisin kurulu gücü 145,46 MW, 14 çöp gazı tesisinin kurulu gücü 54,1 MW, 7 atık ısı tesisinin kurulu gücü 69,9 MW ve 6 biyokütle tesisinin kurulu gücü 38,53 MW'tır. Geriye kalan gübre gazı, kojenarasyon, pirolitik yağ ve pirolitik gaz tesislerinin toplam kurulu gücü 12.01 MW'tır (www.enerjiatlasi.com).

3.1.5.2. Türkiye'de Biyoyakıt Sektörü

Türkiye'de 2000'li yılların başlarından bu yana gelişim gösteren biyodizel ve biyoetanol sektörüne ek olarak, son yıllarda biyogaz çalışmaları da hız kazanmıştır. 2010 yılında yayınlanan strateji planında biyokütle ve biyoyakıtların yer almamasına

rağmen, 2014 yılında yayınlanan strateji planında biyokütleden elektrik üretiminde kurulu gücün arttırılmasına dair hedeflere yer verilmektedir (ETKB, 2014: 41). Ayrıca Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023'de biyokütle kaynaklarından elde edilen biyoyakıtların ulaşımda yaygınlaştırılacağı ve yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyoyakıtlara ÖTV (Özel tüketim Vergisi) indirimi sağlanacağı belirtilmektedir (Resmi Gazete, 2012/28215).

Türkiye'de üretilen tarım ürünleri ve atık yağlardan elde edilen biyodizelin motorin ile harmanlanmasında (Resmi Gazete, 2013/28868) ve yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyoetanolün benzin ile harmanlanmasında (Resmi Gazete, 2005/25794) yüzde 2 ÖTV muafiyeti uygulanmaktadır. Türkiye'de tarımsal üretimi yaygınlaştırmak, sürdürülebilirliği sağlamak, biyoyakıt hammaddesi temin etmek, verim ve kaliteyi yükseltmek amacıyla çiftçi kayıt sistemine dâhil olan üreticilere tarımsal üretim desteği sağlanmaktadır.

Tarımsal üretim destekleriyle birlikte bitkisel yağ ve biyoyakıt ihtiyacının karşılanması amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı arasında yapılan protokolde nadasa bırakılan tarım alanlarında yağ bitkisi yetiştirilmesinin geri alım garantisi ile teşvik edilerek kg/50krş destek sağlanacağı belirtilmiştir. 2014 yılında 44.305 hektar ekilen aspir bitkisinin 2017 yılında 500 hektara çıkarılması hedeflenmektedir (DEK-TMK, 2014: 295).

❖ **Biyodizel Sektörü:** Biyodizel sektörü yüksek potansiyele sahip Türkiye'de 2000'li yılların başlarında oluşmasına rağmen, hala sıkıntılı bir sektördür (DEK-TMK, 2014: 295). Geçtiğimiz yıllarda faaliyet gösteren yaklaşık 1,5 milyon ton üretim kapasitesine sahip 200'ün üzerindeki biyodizel firması, hammadde teminindeki zorluklar ve ÖTV'nin üretim maliyetlerine olumsuz etkisi nedeniyle faaliyetlerini sona erdirmiştir (DEK-TMK, 2015: 89). Ayrıca 27.09.2011 tarihli ve 28067 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ'de "*akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi meti esteri (YAME) içeriğinin: 01.01.2014 tarihi itibariyle en az* yüzde *1, 01.01.2015 tarihi itibariyle* yüzde *2 ve 01.01.2016 tarihi itibariyle de en az* yüzde *3 olması zorunluğu*" getirilmesine rağmen, bu uygulama 25.06.2013 tarihli ve 28688 sayılı Resmi Gazete ilanıyla yürürlüğe girmeden

kaldırılmıştır. Yaşanan bu olumsuzluklar neticesinde biyodizel sektöründe faaliyet gösteren işletme sayısı 2014 yılı itibariyle 24'e düşmüş (BEPA) ve 32.240 ton üretim gerçekleştirmiştir (EPDK, 2015: 7). Üretim gerçekleştiren işletmeler arasında sadece bir tane yerli tarım ürünlerinden biyodizel üretimi gerçekleştiren firma vardır (DEK-TMK, 2015: 90).

❖ **Biyoetanol Sektörü:** Biyoetanol sektörü 2000'li yıllarda gelişim göstermeye başlamıştır. Biyodizelde olduğu gibi yerli üretimde yüzde 2 ÖTV muafiyeti uygulanmasına rağmen, benzinle harmanlama zorunluluğunun olmaması nedeniyle sektör ilerleme göstermemiştir. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu)'nun 27.09.2011 tarihli ve 28067 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan tebliği ile 01.01.2013 tarihi itibariyle yüzde 2, 01.01.2014 tarihi itibariyle de yüzde 3 benzin ile harmanlanma zorunluluğu getirilmiştir. Diğer ülkeler ile mukayese edildiğinde çok düşük oranlar olmasına karşın, dışa bağımlılığı azaltma ve sera gazları ile mücadelede Türkiye adına önemli bir adımdır.

Türkiye'de yerli hammadde ile üretim gerçekleştiren üç firma bulunmakta ve 2014 yılı toplam üretim kapasiteleri 152 milyon litredir (DEK-TMK, 2015: 90). Yıllık 84 milyon litre kapasite ile toplam üretimin yüzde 56'sını gerçekleştiren Konya Şeker, hammadde olarak şeker pancarı ve melas kullanmaktadır (www.konyaseker.com.tr). Üretimin geri kalanı Bursa'da faaliyet gösteren TARKİM ve Adana'da faaliyet gösteren TEZKİM firmaları tarafından gerçekleştirilmekte ve hammadde olarak buğday ve mısır kullanılmaktadır.

Türkiye'de 2014 yılında 2.600 milyon litre benzin tüketilmiştir (PETDER, 2015: 50). Harmanlama zorunluluğunun yüzde 3 olması nedeniyle 78 milyon biyoetanol gereklidir. TAPDK (Türkiye Tütün Piyasası Düzenleme Kurumu) verilerine göre zorunluluk öncesi üretim ve tüketim düşük seviyelerde iken, zorunlu harmanlama ile 2013 yılında üretim 63 milyon litre, tüketim 52,7 milyon litre gerçekleşirken, 2014 yılında üretim 87,3 milyon litreye, tüketim ise 78 milyon litreye yükselmiştir.

❖ **Biyogaz Sektörü:** Türkiye'de ciddi anlamda biyogaz çalışmaları Tarım Bakanlığı'nın bünyesinde başlamış olsa da sürdürülememiştir (DEK-TMK, 2014: 297). Dünya ülkelerinde olduğu gibi alternatif yakıt türlerinde çalışmalara ağırlık

veren Türkiye, çeşitli politikalarla hedefler belirlemiştir. Vizyon 2023'e göre 2005 yılında başlayan modern biyokütle çalışmaları ile 2018 yılında küçük ve orta ölçekli biyokütle gazlaştıran kojenerasyon tesislerinin kurulmasının yanı sıra, organik atıkların bertaraf edilmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucu 2016 yılında metan gazının arıtılarak hidrojen gazına dönüştürülmesi ve elde edilen gazın 2020 yılında ulaşım araçlarında yakıt olarak kullanılması hedeflenmektedir.

3.2. Güneş Enerjisi

Dünyanın temel enerji kaynağı olan güneş, canlı yaşamı için de önemli bir kaynaktır. Günümüzde kullanılan doğal enerji kaynaklarının birçoğu güneş kökenlidir. Güneş dünyayı aydınlatırken, iklimsel döngüleri, rüzgârı, daha da önemlisi fotosentez ile doğal yaşamın sürdürülebilmesini sağlamaktadır (Acaroğlu, 2013: 39).

Güneş, 1,39 milyon km çapında, sıcak gazlardan oluşan bir kütledir ve yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000ºK civarındadır (Savrul, 2010: 25). Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan füzyon süreciyle açığa çıkan ışınım (radyasyon) enerjisidir (Ceylan, 2015, 130). Füzyon (parçalanma), güneşin çekirdeğinde her bir saniyede 564 milyon ton hidrojenin 560 milyon ton helyuma dönüşmesi olarak tanımlanmaktır (Öztürk ve Kaya, 2013: 21). Dönüşüm esnasında açığa çıkan 4 milyon ton enerji, ışınım şeklinde uzaya yayılmakta ve yalnızca 2,2 milyarda biri dünyaya ulaşmaktadır (DEK-TMK, 2009: 2).

Güneş enerjisinin atmosfer dışındaki ışınımı 1370 W/km^2 değerindedir ve güneş sabiti olarak adlandırılmaktadır (Öztaşkan, 2011: 42). Dünya'ya 150 milyon km uzaklıkta olan güneşin yeryüzüne ulaştırdığı ışınımlar 8 dakikada ulaşmakta ve yaklaşık 180 trilyon KWh düzeyindedir (Cezim, 2013: 4-10). Dünyaya ulaşan güneş enerjisi 0-1100 W/km^2 arasında ısı etkisi yaratmakta ve yeryüzüne bir yılda düşen güneş enerjisi dünyada mevcut tüm fosil enerji kaynak rezervlerinden elde edilecek enerjinin 15-20 katına eşdeğer seviyedir (Şahin, 2012: 250). Başka örnek verecek olursak dünyaya bir yılda gelen güneş enerjisi dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık 15 bin katına, bu miktar da 200 milyon ton kömüre eşdeğer seviyededir (Ataman, 2007: 99).

Güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmamaktadır. Toplam ışınımın yaklaşık yüzde 30'u saçılma ve yansımalarla uzaya geri giderken, yüzde 20'si hava kürede soğurulur. (Acaroğlu, 2013: 45). Geriye kalan yüzde 50'si ise yeryüzüne ulaşarak doğal ve yapay dönüşümlere uğramaktadır. Toprak ve su ısınması, suların buharlaşarak su döngüsünün sağlanması ve bitkilerin fotosentez yaparak biyokütleyi oluşturması canlıların yeryüzündeki yaşamını mümkün hale getirmektedir. Dünyanın şekli nedeniyle güneş ışınlarının yeryüzüne eşit olarak gelmemesi bazı bölgelerin daha sıcak veya daha soğuk olmasına, yaşanan bu durum basınç farklılıkları ile rüzgârları ve okyanus dalgalanmalarının oluşmasına neden olmaktadır. Yapay dönüşümlerde ise geliştirilmiş teknolojilerle güneş enerjisi, ısı ve elektrik formlarına dönüştürülerek insanoğlunun hizmetine sunulmaktadır (Öztürk, 2013: 44). Sonuç olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınları kullanım sonunda ısıya dönüşerek tekrar uzaya geri dönmektedir.

İnsanoğlunun güneş enerjisinden yararlanması, geliştirilen yöntemlerle başka enerji kaynaklarına dönüştürülmesi oldukça eskilere dayanır. Tarihte bilinen ilk uygulama Arşimed'in güneş enerjisini aynalarla bir noktaya odaklayarak düşman gemilerini yakması olarak bilinir. Güneş enerjisi çalışmaları Galile'nin 1600'lü yıllarda merceği bulmasıyla ilerleme göstermiştir. 1767 yılında Horace de Saussure tarafından ilk güneş kollektörü yapılırken, 1830 yılında Sir John Herschel Güney Afrika seyahatinde bu kollektörü yemek pişirme amaçlı kullanmıştır (Kapluhan, 2014: 73).

1839 yılında Alexandre Edmund Becquerel bazı metal maddelerin üzerinde parlayan ışığın elektrik akımı yaratabileceğini gözlemleyerek fotovoltaik etkiyi keşfetmiştir. 1860 yılında Auguste Mouchout suyu güneş enerjisi ile kaynatarak küçük çapta buhar türbini çalıştırmayı başarmış, 1865 yılında ise çanak şeklinde reklektör kullanarak daha büyük buhar türbini çalıştırmıştır. 1883 yılında Charles Fritts selesyumu çok ince altın ile kaplayarak dünyanın ilk güneş pilini yapmıştır. (DEK-TMK, 2009: 9-10).

1832 yılında güneş makinası deneylerine başlayan Aubrey Eneas, 1900 yılında dünyanın ilk güneş enerjisi şirketini (The Solar Motor Corporation) kurarak çalışmalarını 1905 yılına kadar devam ettirmiştir. Albert Einstein'ın 1905 yılında yayınlanan Fotoelektrik Etki adlı çalışması 1921 yılında kendisine Nobel Fizik Ödülü

kazandırırken, güneş enerjisi alanında teorik temel sağlayan önemli kilometre taşı olmuştur (www.bodrumetamuhendislik.com).

Güneş enerjisi alanındaki çalışmalar 20. y.y.'da petrolün kullanım alanının genişlemesiyle azalmaya başlasa da, 1970'li yıllarda petrol kriziyle birlikte baş gösteren fiyat artışları yeniden çalışmaların hız kazanmasında etkili olmuştur.

3.2.1. Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneşten faydalanarak kullanılabilir enerji elde etmek için güneşin atmosfere ilettiği ısı ve ışığın insanoğlunun temel gereksinimleri olan elektrik ve ısı enerjileriyle birleştirip yararlanmakla mümkün olmaktadır. Bunu gerçekleştirirken güneşten gelen ışınların çeşitli yansıtma teknikleri kullanılarak bir nokta ya da çizgiye odaklanması gerekmektedir. Bir toplaç (kolektör) yardımıyla yapılan işlemde enerji kaynağı odaklanmakta ve 3000ºC'ye kadar bir sıcaklığa ulaşmaktadır (Erdoğan, 2014: 17).

Bu yaklaşımla değerlendirilen güneş enerjisi, uzun yıllardır doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik enerjisi, sıcak su, iklimlendirme, endüstriyel kuruluşlar için ısı enerjisi ve seraların ısıtılması gibi birçok hizmet alanında faydalanılmaktadır (Avcıoğlu, 2011: 14). Güneşin gün içinde atmosfere ilettiği ısı ve ışık proses ısı ve elektrik olarak kullanıldığından, güneş enerjisi teknolojilerini ısıl güneş teknolojileri ve güneş pilleri (Fotovoltaik piller – PV) olarak iki ana başlık altında incelemek mümkündür.

3.2.1.1. Isıl Güneş Teknolojileri

Bu sistemlerde öncelikle yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinden ısı elde edilmektedir. Elde edilen ısı farklı şekillerde kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılmaktadır. Isıl güneş sistemleri: eriştikleri sıcaklık dereceleri ve kullanılan toplama yöntemlerine göre farklılık göstermektedir.

3.2.1.1.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri

Düşük sıcaklık sistemleri, konut, sanayi ve tarım alanlarında ihtiyaç duyulan çeşitli ısı gereksiniminin karşılanmasına olanak sağlarken, kurutma, yemek pişirme, su arıtma gibi uygulama alanlarında da yararlanılmaktadır.

❖ **Düzlemsel Güneş Kolektörleri:** Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisini toplayarak bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Çoğunlukla konutlarda sıcak su amaçlı kullanılan sistemin ulaştığı sıcaklık yaklaşık 70ºC'dir. Konutların haricinde yüzme havuzları ve sanayi tesislerine sıcak su sağlanmasında da kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri havalı ve sıvılı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Havalı sistemler genellikle konut ve küçük ticari binaların ısıtılması ve kurutma amaçlı kullanılırken, sıvılı sistemler daha büyük binalarda ısıtma, endüstriyel ısıtma işlemleri ve soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır (Öztürk, 2013: 48).

❖ **Vakumlu Güneş Kolektörleri:** Vakumlu güneş kolektörleri yüksek sıcaklığa sahip, güneşi izlemesi gerekmeyen sistemlerdir. Bu sistemlerde vakumlu cam borular ve gerekirse soğurucu yüzeyine gelen enerjiyi arttırmak amacıyla metal ya da cam yansıtıcılar kullanılmaktadır. Kullanılan vakum borusunun yapısına göre basınçsız, ısı borulu, metal ve manifoltolu cam olarak farklı tasarımlara sahip bu tip kolektörlerin çıkış sıcaklıkları daha yüksek (100ºC - 120ºC) olduğundan düzlemsel güneş kolektörlerinin kullanım alanı haricinde yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş kullanım alanına sahiptirler (Öztürk, 2008: 58).

❖ **Diğer Kullanım Alanları:** Güneş ocakları içi yansıtıcı madde ile kaplanmış, çanak veya kutu şeklinde güneş ısısını toplayan sistemler olup, gelişmemiş ülkelerde yemek pişirme amaçlı kullanılmaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan su arıtma sistemleri temiz su kaynaklarının olmadığı yerleşim bölgelerinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Derin olmayan havuzun üzerine cam kapak yerleştirilir ve ısının etkisiyle buharlaşan su tuzdan arınarak bu kapakta birikmektedir (Aydın, 2014: 200-201).

Düşük sıcaklıkta kullanım alanlarından olan sera ısıtma ve ürün kurutma güneş enerjisinin kırsal kesimlerinde sınırlı olarak kullanılan tarım alanı uygulamalarıdır. Bu tip sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi hava hareketi sağlayan sistemlerle de entegre olarak kullanılabilir. Dünyada yaygınlığı artan sıfır veya düşük karbon salınımlı yapı uygulamaları da pasif kullanıma örnek verilebilir. Binada tasarımda yapılan değişikliklerle pasif olarak ısı transfer mekanizması güneş

enerjisini toplayıp depolar; ısıtma, soğutma ve aydınlatma amaçlı dağıtımı gerçekleştirir (YEGM$_c$,www.eie.gov.tr).

3.2.1.1.2. Yoğunlaştırıcı (Termal) Kolektör Sistemleri

Yoğunlaştırıcı ya da CSP (Concentrated Solar Power) kolektör sistemleri güneşten gelen direkt ışınımlar ile termal olarak elektrik üretimi gerçekleştiren sistemlerdir. Bu sistemlerin çalışma prensibi düzlemsel kolektörler ile aynı olsa da toplama yöntemleri yani kolektör bakımından farklıdır.

Toplayıcıda güneşin düştüğü net alana "*açıklık alan*", güneş enerjisinin ısıya dönüştüğü yüzeye ise "*alıcı yüzey*" denilmektedir. Düzlemsel kolektörlerde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşitken, yoğunlaştırıcı kolektörlerde güneş enerjisi alıcı yüzeye ulaşmadan önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey açıklık alanından daha küçük olmaktadır. Güneş enerjisini yoğunlaştıran toplayıcılarda en önemli kavramlardan biri "*yoğunlaştırma oranı*"dır. Yoğunlaştırma oranı: açıklık alanının alıcı yüzeye oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Bu oran iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 4000 seviyesindedir. Bu tip sistemlerde güneş enerjisi yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımıyla doğrusal (parabolik oluk ve doğrusal fresnel) ya da noktasal (güneş kulesi ve parabolik çanak) olarak yoğunlaştırılmaktadır (Ablabekova, 2008: 44).

❖ **Parabolik Oluk Kolektörleri:** Parabolik oluk kolektörleri güneşi doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli izleme sistemi üzerinde yerleştirilen, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizelerden meydana gelen sistemlerdir. Kolektör oluğunun iç kısmında bulunan yansıtıcı yüzeyler güneş enerjisini parabolün odağında bulunan ve boydan boya uzanan siyah soğurucu boruya yansıtmaktadır. Kolektörün güneş enerjisini toplamak için soğurucu boruda ısı transfer sıvısı (sentetik yağ) dolaştırılarak yaklaşık 400ºC sıcaklıkta olan buhar elde edilmektedir (Ceylan, 2015: 132-133). Sistemde toplanan buhar, buhar türbin-jeneratör sisteminden geçirilerek elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu sistemlerde güneş enerjinin elektriğe dönüştürülme verimliliği yüzde 14'tür (Acaroğlu, 2013: 78). Parabolik oluk kolektörlerinde gece ve güneşin olmadığı zamanlarda elektrik

üretiminin devamı için termal enerji depolama sistemleri de kullanılmaktadır. Doğrusal yoğunlaştırıcı sistemler içerisinde en yaygın kullanılan ve ayrıca hibrit sistem olan parabolik oluk kolektörleri, enerji üretiminin sürekliliğini sağlamak adına kömür ya da doğalgaz ile çalışan elektrik üretim santralleriyle birlikte kullanılmaktadır (DEK-TMK, 2009: 29).

❖ **Doğrusal Fresnel Kolektörleri (LFR):** Doğrusal fresnel kolektörleri sıralanmış doğrusal ayna şeritlerinin, doğrusal kule üzerindeki alıcıya toplanması ile gerçekleşen teknolojilerdir. LFR kolektörlerinin en büyük avantajı düz veya elastik yansıtıcıların kullanılarak daha düşük maliyet sağlamasıdır. Bu sistemler düzlemsel aynalara gelen güneş ışınımlarının soğurucuya odaklanması mantığı ile çalışmaktadır. Soğurucu içinde bulunan hava ısınarak borular vasıtasıyla transfer akışkanına aktarılarak yüksek sıcaklık elde edilir. Elde edilen buhar direkt kullanılabileceği gibi, elektrik üretiminde de kullanılabilmektedir (Üçgül ve Ergün, 2012: 13-14).

❖ **Parabolik Çanak Kolektörleri:** Parabolik çanak kolektörlerinde iki eksende güneş takip edilerek sürekli güneşi odak noktasına yoğunlaştırmaktadır. Güneşten elde edilen ısı enerjisi odaklanma bölgesinden çalışma sıvısı (hava, gaz) ile alınarak termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir veya sistemin odak noktasına yerleştirilen Stirling motoru ile elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir (Öztürk, 2008: 96). Bu sistemlerde güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülme verimliliği yüzde 24 seviyesindedir (Acaroğlu, 2013: 78). Bu sistemlerden elde edilen elektrik, diğer elektrik üretim santrallerine destek olurken, maden ocakları, radar istasyonları, merkeze uzak yerleşim birimlerinin elektrik ihtiyacını karşılanmasına olanak sağlamakta, ayrıca endüstriyel işletmelerde buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu ve petrol çıkarma gibi faaliyetler için de kullanılmaktadır (Öztürk, 2013: 89).

❖ **Merkezi Alıcı Güç Santralleri (Güneş Kulesi):** Güneş (güç) kulesi olarak da adlandırılan bu santraller, geniş yüzeyli tek tek odaklanma yapan heliostat aynalar ile güneş ışınlarını bir kulenin tepesine yerleştirilmiş, ısı soğurma özelliği yüksek olan ısı değiştiriciye (alıcı) yansıtır ve yoğunlaştırır.

Alıcıda mevcut olan ve içinden ısı transfer akışkanı geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak soğurur ve bu sıvı Rankine çevrime pompalanarak elektrik enerjisi üretilir. Merkezi sistemlerde aktarım akışkanı olarak

tuz eriyiği (sıvı tuz) ya da hava kullanılmakta ve sıcaklığı 800ºC'ye ulaşmaktadır. Sayıları yüzleri hatta binleri bulan heliostat aynalar bilgisayar ile kontrol altında tutularak alıcının sürekli güneş alması sağlanmaktadır (Öztürk, 2013: 91).

Güneş kulesi santrallerinin kapasite ve sıcaklıkları sanayi ile kıyaslanabilir seviyede olup, 30-400 MW arası elektrik üretimi gerçekleştirebilmektedir (Tabak vd., 2009:320). Parabolik oluk santrallerine göre güneş enerjisini elektriğe dönüştürmede daha yüksek verim (%15) sağlarken, güneş enerjisinin az veya hiç olmadığı zamanlarda ısı depolanmasına da olanak sağlamaktadır. Yüksek maliyetli tesisler olması bu sistemlerin ticari yaygınlaşmasında engel teşkil ederken, uzun ömürlü alıcı ve düşük maliyetli heliostat ayna geliştirme çalışmaları devam etmektedir (Livatyalı ve Yıldırım, 2012: 18).

3.2.1.2. Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller – PV)

Güneş enerjisinden yoğunlaştırıcı sistemler ile dolaylı olarak elektrik enerjisi elde edilirken, güneş pilleri ile doğrudan elektrik enerjisi üretilmektedir. Güneş pilleri yarı iletken malzemeler ile güneş ışığı doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, bakımı kolay, dayanıklı ve uzun ömürlü sistemlerdir. Güneş pillerinin çalışma prensibi "fotovoltaik" ilkeye dayanmaktadır. Şöyle ki güneş ışınımı güneş pillerinin üzerine geldiği her bir uçta elektriksel gerilim oluşur ve bu gerilimden elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Güneş pillerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde olup, alanları 100cm^2 civarında, kalınlıkları ise 0,2 mm – 0,4 mm arasında değişmektedir. Çok sayıda güneş pilinin paralel veya seri bağlanarak oluşturduğu, 50-250 MW arasında güç çıkışı sağlayan yapıya fotovoltaik (PV) modül, modüllerin seri veya paralel bağlanarak oluşturduğu yapıya ise dizi veya blok PV sistemleri denilmektedir (Öztürk ve Kaya, 2013: 54-59).

Güneş pillerinin imalatında yarı iletken özelliği olan silisyum hammadde olarak kullanılmaktadır. Yarı iletken maddenin ışığa ve ışınıma duyarlılığı, verimi ve performansı etkilemesi nedeniyle, güneş pilleri üretim şekline göre çeşitlere ayrılmaktadır. Bunlar (Cezim, 2013: 44-46);

❖ **Monokristal Silikon Hücreli**: Tek kristalli, verimi yüksek (%20), uzun ömürlü piller olmasına karşın diğer çeşitlere göre fiyatları daha yüksek güneş pilleridir.

❖ **Polikristal Silikon Hücreli**: PV sektöründe en çok tercih edilen, çoklu kristal hücreli verimliliği ortalama değerlerde olan (%16) güneş pilleridir.

❖ **Amorf (Amorphous) İnce Tabakalı**: Esneme özelliği olan, verimliliği yüzde 5-8 civarında, gölgeli alanlarda dahi enerji üretebilen çatı kullanımı için ideal güneş pilleridir.

❖ **CIS (Copper Indium)**: Verimi yüzde 5 olan, kapalı bulutlu havalarda bile enerji üretebilen güneş pilleridir.

❖ **Galyum Arsenit (GaAs)**: Kızılötesi ışınlara duyarlı, CPV sistemleri ile verimi yüzde 30 seviyelerine çıkabilen güneş pilleridir.

Güneş pilinin yapısına göre güneş enerjisini yüzde 5-20 arasında verimle elektriğe çeviren bu sistemlerin en uygun verim seviyesi yüzde 15 olarak kabul edilmektedir.

PV sistemlerinin kullanımı şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız olarak ikiye ayrılmaktadır. Şebeke bağlantısının bulunmadığı veya bağlantının ekonomik olmadığı bölgelerde güneş pillerinde depolanan enerji akü, inverter gibi çeşitli elektronik destek üniteleri kullanılarak elektrik gereksinimi karşılanmaktadır. PV sistemlerinin ürettiği elektrik enerjisi şebekeye bağlanarak doğrudan konut ve ticari alanlarda kullanılabileceği gibi elektrik üretimi gerçekleştiren şirketlere de satılabilmektedir.

Tablo-14 Boyutlarına Göre PV Uygulama Alanları

Boyut	Uygulama Alanı
10 W'a kadar	Hesap makineleri, radyolar, uzaktan kablosuz sensörler, küçük şarj cihazları
10 W–100 W	Küçük aydınlatma sistemleri, telefon kulübeleri, trafik ışıkları, park metreler, küçük iletişim sistemleri, meteoroloji istasyonları, güneş evi sistemleri, tıbbi soğutma alanları
0,1 KW–1 KW	Orta ölçekli sulama sistemleri, deniz suyu arıtma tesisleri, küçük çatı sistemleri, küçük hibrit sistemler
1 KW–10 KW	Orta boy şebeke bağlantılı binalar, altyapı tabanlı yeraltı entegre sistemleri, orta boy hibrit sistemleri
10 KW–100 KW	Büyük şebeke bağlantılı binalar, yer altı altyapı entegre sistemleri

0,1 MW–1 MW	Çok büyük şebeke bağlantılı binalar, zemin tabanlı altyapı entegre sistemleri

Kaynak: International Energy Agency (IEA) (2003), *Renewables for Power Generation*, Fransa.

3.2.2. Güneş Enerji Santrali Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

GES'lerin yüksek maliyetli olması nedeniyle kurulacak tesis de yüksek verim ve getiri sağlayacak sahalar tercih edilmektedir. GES yatırımı, diğer elektrik üretim tesislerine göre daha fazla alana ihtiyaç duymaktadır. Fotovoltaik ve yoğunlaştırıcı sistemlerde 1 MW kurulu güç için en az 15 dekar (15.000 m^2) alan gerektiğinden yatırım sahası izin verilebilir veya tercih edilebilir nitelikte olmalıdır. Bu nedenle sahanın doğru seçimi; sahanın yeryüzündeki konumu, iklimsel özellikler ve konumsal özelliklerine bağlıdır (DEK-TMK, 2009: 195-198).

3.2.2.1. Sahanın Yeryüzündeki Konumu

Dünyanın kendine has geoit şekli nedeniyle ekvator daima kutuplara göre güneşin enerjisini daha fazla almaktadır. Bu nedenle seçilecek olan saha ekvatora ne kadar yakınsa, güneşlenme süresinden ve yeryüzüne dik ile dike yakın güneş ışınlarından daha fazla faydalanacaktır (DEK-TMK, 2009, 195).

3.2.2.2. İklim Özellikleri

GES ömrünün 25 yıl olduğu düşünülürse yatırım bölgesinin sahip olduğu iklim özellikleri çok iyi anlaşılmalı ve analiz edilmesi gerekmektedir. Günümüzde en büyük sorunlardan biri haline gelen küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri de mutlaka dikkate alınmalıdır.

Sahaya ulaşan en değerli güneş ışınları, yeryüzüne direkt ulaşan yüksek enerjili ışınlardır. Yatırımın planladığı bölgede gündüz saatleri içerisinde düşük atmosfer yoğunluğu sahaya daha fazla direkt güneş ışını ulaşabilmesine imkân sağladığından atmosfer yoğunluğunun düşük olduğu yüksek rakımlı bölgeler tercih edilmelidir.

Büyük su kütleleri ve gür bitki örtüsü nem ve bulutluluğu etkilediğinden kurak alanlar saha seçiminde daha uygundur. Nem oranının yüksek olması panel yüzeylerinde su buharı oluşmasına, panele ulaşan ışınların yansıyarak saçılmasına yol açacaktır. Ayrıca gevşek topraklardan rüzgâr etkisiyle uçuşan toz, toprak gibi etkenler de panel veya kolektörün yüzeyinde birikerek güneş ışınlarının ulaşmasını engellerken, temizlik maliyetlerini de arttıracaktır.

Yüzeye yakın mesafedeki (5-10 metre gibi) hava sıcaklığı da tesisin verimini etkilemektedir. PV sistemlerde güneş ışınımının büyük bölümü ısı enerjisine dönüştüğünden, panel yüzeyinin fazla ısınması elektrik enerjisi üretimini azaltmaktadır. Hava sıcaklığının panel ısısını etkilemesi nedeniyle zeminden birkaç metre yükseklikte, panel yüzeylerinde soğutma etkisi sağlayacak, toz toprak gibi saçılım yaratmayacak makul seviyede rüzgârlı bölgeler saha için uygun alanlardır.

Kısaca tesisin kurulacağı sahada gökyüzünün açık, hava sıcaklığının düşük, rüzgârın makul seviyede olduğu, temiz zemin ve ortam özellikleri aranmaktadır. Ayrıca yağmur, kar, dolu gibi hava olaylarının sık yaşanmadığı bölgeler GES yatırımlarında tercih edilmektedir (DEK-TMK, 2009, 195-196).

3.2.2.3. Sahanın Konumsal Özellikleri

GES tesisinin kurulması planlanan sahanın belirli nitelikleri taşıması gerekmedir.

❖ Güneş panel veya kolektörler ile diğer tesis bileşenlerinin uygun konumlandırılabilmesi için saha zeminin düz ve eğiminin en fazla 5 derece olması tercih edilmelidir. Arazinin bu şartları taşıması hafriyat masraflarını azaltacağından, tesisin genel kuruluş maliyetlerinin de artmasına engel olacaktır.

❖ GES, I. derece deprem bölgelerinde bulunan fay hatları üzerine kurulmamalıdır.

❖ Tesisin çevresinde bulunan yükseltiler panellere gölge etkisi yaratmaktadır. Bu nedenle güneş ışınlarının geldiği doğu, batı ve güney yönlerinde gölge etkisi yaratacak yükseltilerin olmadığı araziler tercih edilmelidir. Ayrıca sahanın tüm yönlerinde olabilecek dik eğimli yükseltiler heyelan, çığ, taşkın gibi felaketlere neden olabileceğinden bu risklerin de göz önüne alınması gerekmektedir.

❖ GES güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla tesisin ana karayolları ve kıyı şeridine uzaklığı en az 100 metre, en yakın havaalanına 5 km mesafede ve yoğun yerleşim alanlarının dışında kurulmalıdır.

❖ Sahanın kuş göç yolları veya kuş göç konaklama alanlarına yakın olması kuş dışkılarının panel veya kolektör yüzeylerini kapatarak güneş ışınlarının ulaşmasını engeller.

❖ Yatırımcının kendi arazisi veya sözleşmeli arazi değilse I., II. III. sınıf verimli tarım arazileri ve üretken, sık dokulu orman arazileri tesis sahası olarak seçilmemelidir.

❖ Sit alanı, doğal park gibi kanunlarca korunan alanlar olmamalıdır.

❖ Akarsu yatakları, durgun göl, doğal veya yapay barajlı göl, kaynağı kurumuş olsa bile sulak alan sınırlarından 500 metre uzaklıkta olmalıdır.

❖ Askeriyenin kullanımına tahsis edilen (silahlı tatbikat alanları gibi) alanlara uzak olmalıdır.

❖ Maden, petrol, doğal gaz gibi arama alan sınırları içerisinde olmamalıdır.

❖ Tesisin kurulum ve bakım aşamalarında sahaya ulaştırılacak malzemelerin taşınma kolaylığı ve ulaşım maliyetleri açısından kara, deniz veya demiryolu ile kolay ulaşılabilir lokasyonda olması tercih edilmelidir.

❖ Sahanın güneş potansiyeli ve diğer şartları sağlasa bile tesisin şebeke bağlantı imkânlarının bilinmesi, bağlantı mevcut değil ise trafo ve/veya iletim hattının yapılmasının teknik ve ekonomik olurunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Elektrik şebeke bağlantı ve iletim olanakları hibrit GES tesislerinde depolanan ısı enerjisinin güneş enerjisinin az veya olmadığı saatlerde de elektrik üretebilmesi için önemlidir (DEK-TMK, 2009: 196-198).

3.2.3. Dünyada Güneş Enerjisi Sektörü

Dünya genelinde termal sistemlere olan talep hızla artmakta ve yapılan analizlere göre toplam elektrik ihtiyacının 2030 yılında yüzde 6'sını, 2050 yılında ise yüzde 12'sini karşılayacak seviyeye ulaşması beklenmektedir. Son 10 yıl içerisinde termal enerji sistemleri güvenilir enerji üretimi için çözüm olmuştur. 2004 yılında 0,4 GW olan kurulu güç kapasitesi yeni projelerin işletmeye alınmasıyla 2015 yılı sonunda

4,9 GW'a ulaşmıştır. İspanya 2.374 MW ve ABD 1.873 MW kapasiteleri ile dünyanın lider iki ülkesidir.

Dünyada termal sistemler için en uygun alanlar 40 derece kuzey ya da güney enlemleri arasında olan ülkelerdir. ABD, Meksika, Kuzey Afrika, Orta Doğu, Orta Asya, Güney Afrika ve Avustralya'nın havanın genellikle açık ve güçlü güneş ışığı aldığı güneybatı bölgeleri; Çin, Hindistan, Güney Avrupa ve yakınındaki ülkelerde yeterli güneş olan bölgeleri termal güneş sistemleri için uygun alanlardır (www.iea.org). Bu ülkeler 1km^2'de yılda 100-130 GWh elektrik üretebilecek potansiyele sahiptir.

Tablo-15 Termal Sistemlerin Dünya Genelindeki Durumu

Bölgeler	**İşletmede (MW)**	**Yapım Aşamasında (MW)**	**Planlama/ Geliştirme Aşamasında (MW)**
OECD Kuzey Amerika (Meksika Dâhil)	1.875	281	-
Latin Amerika	-	111	1.370
Avrupa	2.385	72	588
OECD Asya Pasifik	12	45	70
Asya	252	706	420
Afrika	328	770	10.143
Orta Doğu	129	210	918

Kaynak: Solar PACES, Greenpeace ve Estela (2016), *Solar Thermal Electricity Global Outlook 2016.*

Parabolik oluk sistemlerinin kurulu gücü hibrit ve büyük hibrit güneş sistemleri (ISCC) de dâhil edildiğinde toplam 4.7 GW olup, dünya mevcut kapasitesinin yüzde 96'sını temsil etmektedir. İspanya 2.242 MW kurulu gücü ve yıllık elektrik üretimi 6.123 GWh ile dünyanın lideri konumundayken, 1.308 MW kurulu güç ve 2.801 GWh yıllık elektrik üretimi ile ABD gelmektedir. Güneş kulesi tesislerinde ise ABD, 392 MW kurulu güç ve 1.079 MWh elektrik üretimi ile Ivanpah Güneş Enerji Tesisi dünyanın en büyük termik santralidir.

ABD'de toplam 1308 MW gücünde 9 parabolik oluk tesisi, toplam 520 MW gücünde 4 güneş kulesi, 44 MW gücünde LFR ve 1,5 MW gücünde parabolik çanak tesisi faaliyetine devam ederken, toplam 267 MW gücündeki 2 parabolik oluk tesisinin

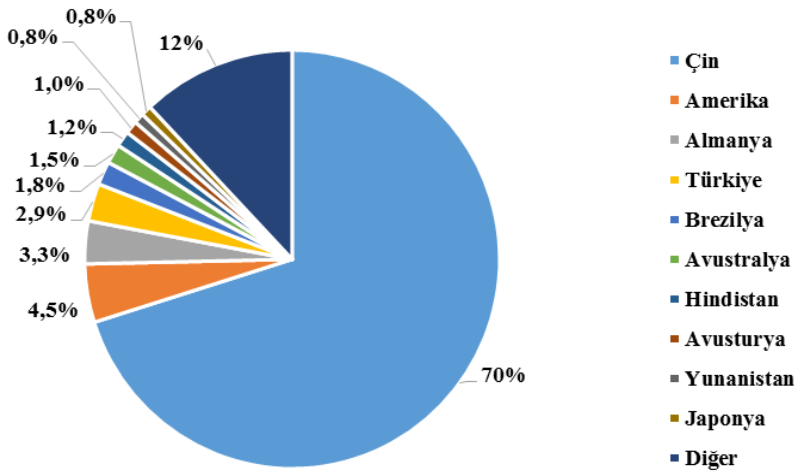
yapımı devam etmektedir. Kanada'da 1,1 MW gücünde parabolik oluk tesisi işletmede iken, Brezilya'da 1 MW gücünde parabolik oluk, Meksika'da 14 MW gücünde hibrit+ISCC sistemli tesis ve Şili'de 110 MW gücünde güneş kulesi yapımı sürmektedir.

İspanya'da toplam 2.242 MW kurulu güce sahip 46 parabolik oluk tesisi, toplam 51 MW gücünde 3 güneş kulesi, toplam 31,4 MW gücünde 2 LFR tesisi işletmede olup, 50 MW gücündeki parabolik oluk tesisinin yapımı devam etmektedir. Fransa'da 9 MW parabolik oluk ve 12 MW LFR tesisi, İtalya'da 1 MW parabolik oluk tesisi yapım aşamasındadır.

Avustralya'da 9 MW gücünde LFR ve 3 MW gücünde güneş kulesi tesisi işletmede olup, 44 MW LFR ve 1,1 MW gücünde güneş kulesi yapımı sürmektedir. Çin'de toplam 11,5 MW gücünde 2 güneş kulesi tesisi ve 0,18 MW gücünde parabolik oluk tesisi işletmede, toplam 231,5 MW gücünde 7 parabolik oluk, toplam 67,5 MW gücünde 2 güneş kulesi ve 1 MW gücünde parabolik çanak tesisi yapım aşamasındadır. Hindistan'da 5 MW güneş kulesi, 104 MW parabolik oluk ve 125 MW gücüyle Dhursar LFR Asya'nın en büyük termik tesisi faaliyetine devam ederken, 288 MW parabolik oluk ve 20 MW LFR tesisinin yapımı devam etmektedir.

Fas'ta toplam 163 MW kurulu güçte 2 parabolik oluk tesisi, 20 MW gücünde hibrit+ISCC sistemli tesis işletmede olup, toplam 370 GW gücündeki 2 parabolik oluk tesisi yapım aşamasındadır. Cezayir'de 25 MW ve Mısır'da 20 MW güçlerinde hibrit+ISCC sistemli tesis, Güney Afrika'da 100 MW gücünde parabolik oluk tesisi faaliyetlerine devam ederken, 250 MW parabolik oluk ve 150 MW güneş kulesi tesislerinin yapımı Güney Afrika'da devam etmektedir. İran 17 MW ISCC, 0,5 parabolik oluk, İsrail 6 MW güneş kulesi ve BAE'nde 100 MW parabolik oluk tesisi faaliyetine devam ederken, Ürdün'de 100 MW gücünde LFR tesisi yapım aşamasındadır (Solar PACES, Greenpeace ve Estela, 2016: 104-108).

Aktif güneş ısıtma sistemleri 2004 yılında 86 GWth iken, 2014 yılında 406 GWth'a ulaşmıştır ve yıllık 341 TWh ısı üretimi gerçekleşmiştir.



Şekil-10 2013 Küresel Aktif Güneş Isıtma Sistemleri Kapasitesi

Kaynak: Renewable Energy Policy Network for 21st Century (REN21) (2015), *Renewables 2015 Global Status Report*, Fransa.

Çin, güneş ısıtma sistemlerinde dünya pazarının yüzde 80'ini temsil ederken, kurulu kapasitesinin yüzde 70'ini oluşturmaktadır. Dünya genelinde oteller, okullar ve diğer büyük tesislerde su ısıtma amaçlı kullanılan sistemler haricinde gelişmiş sistemler ile güneş enerjisi soğutma ve endüstriyel uygulama alanlarında da ilgi artmaktadır (REN21, 2015: 68).

2004 yılında 2,6 GW olan küresel PV sistemleri kapasitesi, son iki yılda rekor kırarak 2014 yılında 177 GW'a, 2015 yılında ise 50 GW kapasite eklenmesiyle 227 GW'a ulaşmıştır. 2015 yılı sonunda çoğunluğunun şebekeye bağlı tesislerin oluşturduğu 227 GW güçteki kurulu kapasite, dünya elektrik talebinin yüzde 1,3'ünü karşılamaktadır (www.iea-pvps.org). PV sektöründe Çin 43,5 GW, Almanya 39,7 GW, Japonya 34,4 GW, ABD 25,6 GW ve İtalya 18,9 GW ile dünyanın lider ülkeleridir.

Tablo-16 2015 Yılı İlk 10 Ülkenin GES Kurulu Güç ve Toplam Kapasiteleri

2015 Kurulu Kapasite (GW)			**2015 Toplam Kurulu Kapasite (GW)**		
1.	Çin	15,2	**1.**	Çin	43,5
2.	Japonya	11	**2.**	Almanya	39,7
3.	ABD	7,3	**3.**	Japonya	34,4
4.	İngiltere	3,5	**4.**	ABD	25,6
5.	Hindistan	2	**5.**	İtalya	18,9
6.	Almanya	1,5	**6.**	İngiltere	8,8

7.	Kore	1	**7.**	Fransa	6,6
8.	Avustralya	0,9	**8.**	İspanya	5,4
9.	Fransa	0,9	**9.**	Avustralya	5,1
10.	Kanada	0,6	**10.**	Hindistan	5

Kaynak: International Energy Agency (IEA), (2016), *2015 Snapshot of Global Photovoltaic Markets*, Fransa.

Asya, 31,1 GW kurulu kapasite ile 2015 yılı küresel PV pazarının yaklaşık yüzde 60'ını temsil etmektedir. Çin, 15,2 GW kapasite artışıyla toplam kurulu gücünü 43,6 GW'a yükselterek lider ülke olmasına rağmen, açıklanan resmi hedeflere ulaşamamıştır. Toplam kapasitenin yüzde 80'inden fazlası büyük ölçekli enerji santralleri, geriye kalan ise çatı sistemleri ve küçük ölçekli kullanım için kurulan tesisler oluşturur. Japonya 11 GW artış ile toplamda 34,4 GW'a ulaşarak büyümesini devam ettirirken, toplam kurulu gücünü Hindistan 5 GW'a, Kore 3,43 GW'a ve Avustralya 5,07 GW'a yükselmiştir. Filipinler, Tayland, Tayvan ve Malezya'da gelişmekte olan PV pazarı, toplamda 0,7 GW kapasite artışı gerçekleştirerek, kurulu güçlerini 2,8 GW'a çıkarmışlardır.

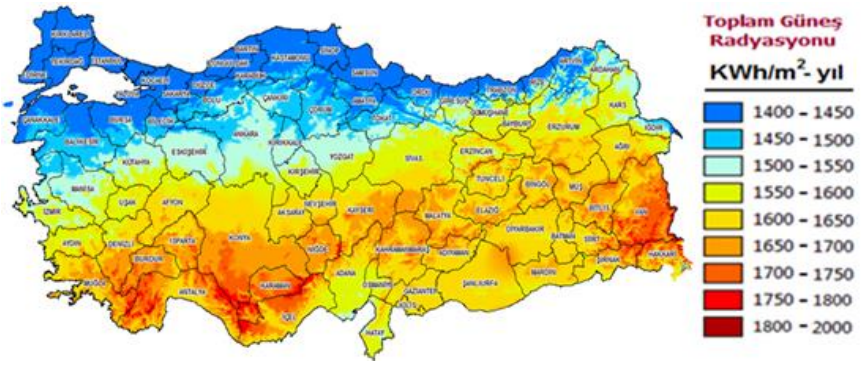
Avrupa, 2015 yılında 95,5 GW toplam kurulu kapasitesiyle dünyanın en büyük PV pazarıdır. Almanya 39,7 GW, İtalya 18,9 GW, İngiltere 8,7 GW, Fransa 6,5 GW ve İspanya 5,44 GW ile bu pazara hâkim ülkelerdir. Belçika, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti, Hollanda, İsviçre ve Romanya 1 GW üzeri toplam kurulu güce sahip ülkeler iken, Avusturya, Danimarka, İsveç, Portekiz, Finlandiya ve Norveç gelişmekte olan piyasalardır.

Amerika'da, ABD PV pazarı 7,3 GW büyüyerek 25,6 GW seviyesine ulaşmıştır. California kapasite eklemelerinde lider eyalet iken, Kuzey Carolina ardından gelmektedir (REN21, 2015: 60). ABD toplam güneş enerjisi kapasitesi yaklaşık 6 milyon evin ihtiyacını tedarik etmektedir. PV çatı sistemleriyle de 942 bin ev sahibi kendi gücünü kendi üreterek elektrik ihtiyacını karşılamaktadır (www.seia.org). Kanada 2,5 GW ile ABD'nin ardından gelirken, toplam kurulu kapasiteleri 1 GW altında olan Şili, Honduras ve Meksika, Amerika PV pazarının gelişmekte olan ülkeleridir.

Orta Doğu yüksek güneş potansiyeline sahip olmasına karşın, sektörde istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Pakistan (1 GW), İsrail (0,8 GW) ve Türkiye'nin (0,2 GW) 2015 yılı toplam kurulu gücü 2,1 GW'tır (İEA, 2016: 18).

3.2.4. Türkiye'de Güneş Enerjisi Sektörü

Türkiye, 36º - 42º kuzey enlemleri ve 26º - 45º doğu boylamları arasında bulunması nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeden şanslı konumdadır. EİE tarafından 1966-1982 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat) ve yıllık toplam güneş ışınımı 1.311 KWh/m^2-yıl (günlük toplam 3,6 KWh/m^2) olduğu tespit edilmiştir ($YEGM_d$, www.eie.gov.tr).



Şekil-11 Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_e$), "Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (GEPA)", http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim: (04.05.2016).

Tespit edilen değerlerin, gerçek potansiyelden az olmasının anlaşılması üzerine ETKB tarafından hazırlanan Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerinde; yıllık ortalama güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat) ve yıllık ortalama güneş ışınımı 1.527 KWh/m^2-yıl (günlük toplam 4,2 KWh/m^2) olduğu açıklanmıştır.

Tablo-17 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aylar	Aylık Güneşlenme Süresi (KWh/m^2-gün)	Güneşlenme Süresi (Saat)
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

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_e$), "Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (GEPA)", http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim: (04.05.2016).

Tabloda aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli verileri ışığında Türkiye'nin yılda toplam 114 günlük güneşlenme süresi bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin Türkiye ortalamasında en yüksek değer 350 saat/ay Temmuz ayında, en düşük değer ise 116 saat/ay Aralık ayındadır.

Tablo-18 Türkiye Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (KWh/m^2-yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
G. Doğu Anadolu	1.460	2.993
Akdeniz	1.390	2.956
Doğu Anadolu	1.365	2.664
İç Anadolu	1.314	2.628
Ege	1.304	2.738
Marmara	1.168	2.409
Karadeniz	1.120	1.971

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_d$), "Türkiye'de Güneş Enerjisi", http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html, Erişim: (04.05.2016).

Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi 376 TW'tır (DEK-TMK, 2009: 122). Güneydoğu Anadolu en fazla güneş alan bölge olup, ardından Akdeniz bölgesi gelmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesine ulaşan toplam güneş enerjisi miktarı 1.460 KWh/m^2-yıl ve toplam güneşlenme süresi 2.993 saattir.

Türkiye'de en az güneş enerjisi potansiyeline sahip olan bölge 1.120 KWh/m^2-yıl ve 1.971 saat ile Karadeniz bölgesidir. Türkiye'nin 27,3 milyon TEP güneş enerji potansiyeli, yılın 10 ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak ülke yüzölçümünün yüzde 63'ünden ve tüm yıl boyunca da yüzde 17'sinden yararlanabilecek seviyedir (www.gunessistemleri.com). Türkiye'nin aldığı toplam güneş enerjisi 10^{15} KWh'tır ve gerekli yatırımların yapılması durumunda Karadeniz bölgesi haricinde yılda birim m^2'den 1.100 KWh'lik enerji üretilebilir (Varınca ve Gönüllü, 2006: 273)

Türkiye'de en yaygın güneş enerjisi uygulaması Akdeniz ve Ege bölgelerinin ağırlıkla olduğu termal su ısıtma sistemleridir. Kurulu alan 18 milyon m^2 olup, yıllık üretim hacmi 2 milyon m^2'dir. Türkiye mevcut üretim hacmiyle dünyanın lider ülkeleri arasındadır (Usta, 2015: 15). 2014 yılında üretilen 803 bin TEP ısı enerjisinin 523 bin TEP'i konutlarda, 280 bin TEP'i ise endüstriyel amaçlı kullanılmıştır (www.eigm.gov.tr).

Türkiye'nin ilk ve tek CSP güneş santrali 2013 yılında deneysel amaçlı kurulan 510 heliostat ayna ile 5 MW güce sahip Greenway CSP Mersin Tower Plant'tır (www.greenwaycsp.com). Tesisin ürettiği enerji, 1500 evin ihtiyacını karşılayacak seviyededir. Türkiye'de güneş enerjisi yatırımlarında en hızlı gelişim PV sektöründe olmuştur. 2015 yılı sonunda 248,8 MW güç üreten 362 tesis bulunmaktayken, Mart 2016 sonunda kurulu güç 357,7 MW'a, tesis sayısı ise 492 olmuştur (www.teias.gov.tr). Güneş enerjisinin birincil enerji arzındaki payı yüzde 0,5'tir. Gerçekleşen toplam enerji üretimi Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve 7,8 milyon m^2 gerçek kullanım alanı göz önüne alındığında oldukça düşüktür.

3.3. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji, genel tanımıyla sudan üretilen enerjidir. Okyanus, deniz, göl, nehir veya derelerdeki sular güneş enerjisi ile buharlaşmaktadır. Gökyüzünde birikerek yoğunlaşan su damlacıkları dağ yamaçlarında yağmur ve kar olarak yeryüzüne ulaşmakta ve akarsuları beslemektedir. Bu dönüşüm suyun sürekliliğini sağladığından, hidroelektrik enerji kendini yenileyen bir enerji kaynağıdır (Ceylan, 2015: 84).

Yeryüzünde çok büyük enerji kaynağı olan akarsular, çok eski zamanlardan beri enerji üretmek için kullanılmaktadır. Yüksekten düşen suyun enerjisinden faydalanmak amacıyla geliştirilen yöntem ve teknolojilerin geçmişi M.Ö. 85'e kadar gitmektedir. İnsanlar ilk başlarda suyun gücünü su çarklarını çevirmek için kullanmış, elde edilen enerjiyi de buğday öğütme, ağaç kesme, bitkisel yağ çıkarma, kumaş dokuma gibi farklı amaçlarla kullanmışlardır. Orta ve Yakın Çağ dönemleri incelendiğinde suyun gücünden yaralanmak adına yerleşim yerlerinin daha çok akarsu vadilerine kurulduğu görülmektedir. Sanayi devriminde hidrolik enerji yerini kömüre bıraksa da, türbin ve dinamonun icadıyla suyun gücü yeniden önem kazanmaya başlamış ve çok büyük miktarlarda enerji üretilmesini mümkün kılmıştır (Şahin, 2012: 247).

3.3.1. Hidroelektrik Enerji Santralleri (HES)

Hidroelektrik santraller temiz, yenilenebilir, yüksek verimli (%90 üzeri), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolünü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), dışa bağımlılığı olmayan yerli ve yenilenebilir enerji kaynağıdır (www.daka.org.tr). Küresel olarak elektrik üretimin yüzde 16'sını, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin ise yüzde 85'ini temsil ettiğinden hidroelektrik enerjisi önemli bir enerji kaynağıdır (www.iea.org[a]).

Hidroelektrik enerji santralleri suyun enerjisini kullanarak elektrik üretimi gerçekleştiren yapılardır. Bu santraller suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye, kinetik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştürmektedir (Kavcıoğlu, 2015: 23). Diğer bir deyişle hidroelektrik santraller akış halinde olan suyun kinetik enerjisinin ya da durgun haldeki suyun potansiyel (konum) enerjisinin elektriğe dönüştürüldüğü tesislerdir (Öztürk, 2008: 114).

Bir hidroelektrik santralinin verimli çalışabilmesi, düzenli ve sürekli su sağlanması ile gerçekleşir. Bu nedenle bölgenin hidroelektrik potansiyelinin belirlenmesinde brüt, teknik ve ekonomik potansiyel büyük önem taşımaktadır. Brüt potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren su kuvvetini yani mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyel olarak ifade etmektedir. Brüt potansiyelin yüzdesi olarak tanımlanan teknik potansiyel,

bir akarsu havzasından hidroelektrik üretiminin teknolojik üst sınırını göstermekte ve bölgede yapılması planlanan projelerden elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir. Ekonomik potansiyel ise bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik sınır değerini belirten, teknik ve ekonomik yönden tutarlı projelerin toplam üretimini belirtmektedir (Erdener vd., 2013: 89-90).

3.3.1.1. Hidroelektrik Santrallerinin Sınıflandırılması

Hidroelektrik enerji santralleri düşü yüksekliğine, üretilen enerjinin özellik ve değerine, kapasitesine, yapısına ve depolama özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır.

3.3.1.1.1. Düşü Yüksekliğine Göre Hidroelektrik Santralleri

Düşü, suyun üst seviyesiyle su çıkış seviyesi arasındaki yükseklik farkıdır (Öztürk, 2008: 115). Bu nedenle hidroelektrik santralinin üreteceği elektrik miktarı, suyun birim zamandaki akış hızına ve suyun yüzeyi ile türbin arasındaki mesafeye bağlıdır (Aydın, 2014: 188). Hidroelektrik enerji santralleri düşülerine göre alçak, orta ve yüksek düşülü olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Öztürk, 2013: 302-303).

❖ **Alçak Düşülü HES:** Düşü yüksekliği 10 m'den az olan bu santraller çoğunlukla yatak eğiminin az olduğu düz arazilerde akan ırmaklar üzerine kurulmaktadır. Alçak düşülü santrallerde su hazneleri bulunmamaktadır.

❖ **Orta Düşülü HES:** Düşü yüksekliği 10-50 m arasında değişen, orta yükseklikteki dağların kısmen engebesiz, yüksek debili ve eğilimli su yollarına kurulan santrallerdir. Bu tip tesislerde günlük ya da haftalık enerji düzenlemelerinde faydalanılmaktadır.

❖ **Yüksek Düşülü HES**: Düşü yüksekliğinin 50m'den fazla olduğu, çoğunlukla yüksek dağ bölgelerinin en yüksek noktasına kurulan santrallerdir. Bu tip tesisler genellikle mevsimsel elektrik üretimini dengelemek amacıyla kullanılmaktadır. İlkbahar mevsimi sonunda fazla miktarda biriken su, elektrik tüketiminin yüksek olduğu kış mevsimine kadar depolanmaktadır. Dağlardaki barajlar ve dereler vasıtasıyla yüksek bir noktada toplanan su, kanallar ya da dağlardaki tünel sistemi ile türbinlere iletilmektedir.

3.3.1.1.2. Üretilen Enerjinin Özellik ve Değerine Göre Hidroelektrik Santralleri

Üretilen enerjinin özellik ve değerine göre HES'ler baz ve pik santraller olarak ikiye ayrılmaktadır (Çelenk ve Gündoğan, 2007).

❖ **Baz Santraller:** Sürekli olarak yüzde 30'un üzerinde kullanma faktörüyle enerji üreten hidroelektrik santrallerdir.

❖ **Pik Santraller:** Elektrik enerjisine en fazla ihtiyaç duyulduğu zamanlarda çalışan hidroelektrik santrallerdir.

3.3.1.1.3. Kapasitelerine Göre Hidroelektrik Santralleri

Hidroelektrik santralleri kurulu güç kapasitelerine göre; (www.ilbank.gov.tr);

❖ Çok küçük (mikro) kapasiteli(<100 KW)

❖ Küçük(Mini) kapasiteli(100-1.000 KW)

❖ Orta kapasiteli(1.000-10.000 KW)

❖ Büyük kapasiteli(10.000 KW ve üzeri) olarak sınıflandırılmaktadır.

3.3.1.1.4. Yapısına Göre Hidroelektrik Santralleri

Yapısına göre HES'ler yeraltı santrali, yarı gömülü ve batık santraller ile yer üstü santraller olarak sınıflandırılmaktadır (Yüksel, 2011: 10-13)

❖ **Yeraltı HES:** Jeolojik, topografik, ekonomik veya emniyet gerekleriyle santral yer altına inşa edilmektedir.

❖ **Yarı Gömülü ve Batık HES:** Santral dar ve kayalık bir vadiye inşa edilecekse ve açıkta bir yer bulunmuyorsa, tesisin yarısı yer altında, yarısı da yer üstünde olacak şekilde yapılmaktadır.

❖ **Yerüstü HES:** Generatör katı ve tesisin üst yapısının yer üstünde inşa edildiği santrallerdir.

3.3.1.1.5. Depolama Özelliklerine Göre Hidroelektrik Santralleri

Depolama özelliklerine göre HES'ler depolamalı ve depolamasız santraller olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

3.3.1.1.5.1. Depolamalı Hidroelektrik Santralleri

Depolamalı hidroelektrik santralleri akarsuyun önünü bir bentle keserek biriktirme yapan, mevsimsel yağışlardan etkilenmeyen, yüksek maliyetli tesislerdir. Depolamalı hidroelektrik santraller baraj tipi ve pompaj depolamalı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

❖ **Baraj Santralleri:** Baraj tipi hidroelektrik santrallerinde akarsuyun önü "baraj" yapısı ile kapatılarak, baraj gerisinde rezervuar oluşturulmaktadır. Bu tesisler elektrik üretimi dışında, sulama, içme suyu temini, taşkın koruma gibi amaçlarla da inşa edilirken, aynı santral birden fazla amaca hizmet edecek şekilde de yapılabilmektedir. Baraj tipi santrallerde barajın debisinde düzenleme yapmak mümkündür ve bu özellik yağışsız ve kurak geçen dönemlerde dahi elektrik üretilmesine olanak tanımaktadır (www.wwf.org.tr).

❖ **Pompaj Depolamalı Santraller (PHES):** Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller pik güç talebini karşılamak amacıyla talebin yüksek olduğu yerlerde yapılmaktadır. Bu santrallerde alt ve üst olmak üzere iki rezervuar bulunmaktadır. Rezervuarlar deniz, doğal göl, mevcut baraj rezervuarı olabileceği gibi, yeni inşa edilecek yapay havuzda olabilmektedir. Enerji talebinin yüksek veya elektriğin pahalı olduğu zaman aralığında üst rezervuarda biriken su, alt rezervuara düşürülerek elektrik üretmektedir. Elektrik talebinin az ya da ucuz olduğu zamanlarda ise pompa aktif hale getirilerek alt rezervuar seviyesindeki su, üst rezervuar seviyesine yükseltilir (Ünver, Bilgin ve Güven, 2015: 59). Pompaj depolamalı santraller dünyanın birçok ülkesinde faaliyet göstermesine rağmen, Türkiye'de henüz kurulmamıştır.

3.3.1.1.5.2. Depolamasız Hidroelektrik Santralleri

Depolamalı hidroelektrik santralleri gibi biriktirme yapmayan, akarsuyun doğal akışından elektrik üretimi gerçekleştiren santrallerdir. Depolamasız santraller

akarsu yatağına daha az zarar veren, düşük maliyetli tesisler olmasına rağmen, yağış değişimlerinden doğrudan etkilenmektedir. Depolamasız hidroelektrik santralleri nehir ve kanal santralleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

❖ **Nehir Santralleri:** Nehir santrallerinde enerji üretimi akarsuyun akış rejimi (debi) ve düşü yüksekliğiyle doğrudan ilişkilidir. Yüksek debili akarsu yataklarında suyun hızından kaynaklanan kinetik enerji mekanik enerjiye dönüştürülerek elektrik enerjisi elde edilmektedir (Çelenk ve Gündoğan, 2007: 10). Bu tip tesisler genellikle 1.000 KW ve üzeri kurulu güce sahip, küçük ve orta kapasiteli santrallerdir (Karadeniz, Akpınar ve Başıbüyük, 2011: 100-101).

❖ **Kanal Santralleri:** Kanal tipi santrallerde düşü kazanmak için suyun normal akış yatağı su toplama yapısı (regülatör) ile çevrilmektedir. Bir kanal ya da tünel içinden taşınan su, en uygun olan yerden cebri borular ile santrale bağlanmaktadır.

3.3.2. Hidroelektrik Santrali Saha Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Hidroelektrik enerji santrali için saha seçiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır (Öztürk, 2013: 301-302);

❖ Ayrıntılı jeolojik inceleme yapılmalıdır.

- Tesis heyelan ve aktif fay hatlarından uzak olmalıdır.
- Kil, kum, alüvyon, dolgu ve dere yatağı olan yüzeylere inşa edilmemelidir.
- Tesis binası mümkün olduğunca sağlam kayaç üzerine oturtulmalıdır. Bunun için gerekirse santral yer altı veya yarı gömülü biçimde de inşa edilebilir.

❖ Tesisin yeri en kısa cebri boruyla en az düşü kaybına neden olacak bir yerde olmalıdır.

❖ Tesisin binası ve ilgili birim yapılarının düzgün yerleşimine olanak tanıyan bir alan olmalıdır.

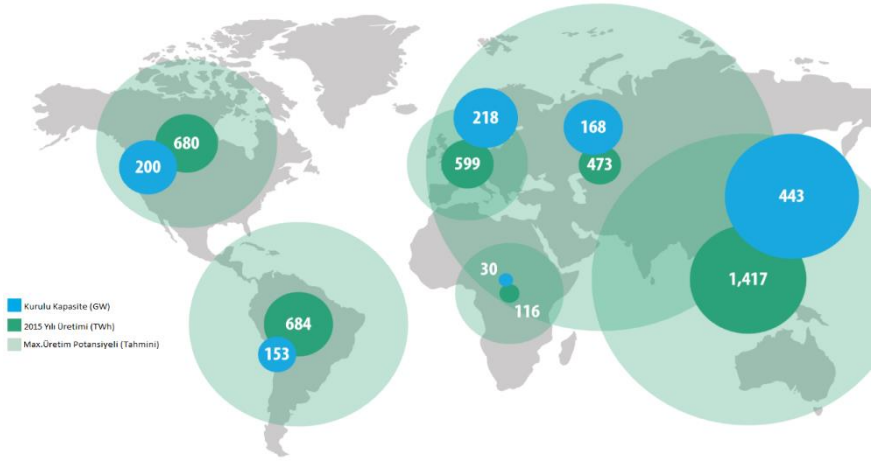
❖ Tesis binasına yakın mesafede ve yeterli büyüklükte şalt sahası yeri olmalıdır.

❖ Tesisin üniteleri, montaj alanı, idari bölüm, trafo alanı ve şalt sahasının mümkün olduğunca bir arada olması gerektiğinden, birimlerin yerleşebileceği büyüklükte bir yer olmalıdır.

❖ Tesis kolay ve ekonomik yol yapılabilecek bir yerde olmalıdır.

3.3.3. Dünyada Hidroelektrik Enerji Sektörü

Küresel hidroelektrik potansiyeli 2015 yılında devreye alınan 33,7 MW (Pompaj depolamalı dâhil) kurulu güç ile 1.212 GW'a ulaşarak, toplam kapasite 3.975 TWh elektrik üretimi gerçekleştirmiştir (IHA, 2016: 6).



Şekil-12 Küresel Hidroelektrik Kurulu Kapasite, Elektrik Üretimi ve Teknik Potansiyeli

Kaynak: International Hydropower Association (IHA) (2016), *Hydropower Status Report,* İngiltere.

❖ **Doğu Asya ve Pasifik:** Haritada yer alan altı bölge incelendiğinde en yüksek payı Doğu Asya ve Pasifik alırken, bölgede ilk sırada Çin, ardından Japonya ve Vietnam gelmektedir. Toplam kurulu gücü 443,207 GW olan bölge, 1,417 TWh elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirmiştir. Bölgenin ve dünyanın enerji devi olan Çin, 19,4 GW hidroelektrik ve 1.230 MW pompaj depolamalı yeni tesislerini devreye alarak 2015 yılında en yüksek kapasite artışını gerçekleştiren ülke olmuştur. Hidroelektrik kapasitesini yaklaşık 320 GW'a ve pompaj depolamalı kapasitesini de 23 GW'a ulaştıran ülke, mevcut kurulu gücüyle küresel hidroelektrik enerji

kapasitesinin 1/3'ünü oluştururken, yıllık 1.126 TWh elektrik enerjisi üretimiyle de toplam enerji üretimin yüzde 20'sini gerçekleştirmektedir.

Pompaj depolamalı kapasitenin şu anda 27 GW'a ulaştığı tahmin edilmektedir. Ülkede 2016 yılında devreye alınması planlanan Tanchi (1.200 MW) ve Jixi (1.800 MW) projelerinin haricinde 3.600 MW gücündeki Fengning tesisi 2021 yılında tamamlanmasıyla dünyanın en büyük tesisi olması beklenmektedir (www.hydropower.org).

Japonya'da 2015 yılı toplam kapasite 232 MW yeni pompaj depolamalı ünitenin devreye alınmasıyla 49.905 MW'a ulaşmıştır. Ülkede son yıllarda pompaj depolamalı hidroelektrik santraller enerji üretiminde genel uygulama haline gelmiştir (www.energystarageexchange.org). Hükümet, hidroelektrik üretiminde kapasitesi < 200 KW'a kadar JPY 37,70/KWh; 200KW-1MW arası JPY 30,45/KWh ve 1-3 MW arası JPY 25,20 /KWh tesislere teşvik sağlarken, üretilen elektriğe 20 yıl sabit alım garantisi vermektedir (IHA, 2016: 70). Ülkede Kyoguku pompaj depolamalı hidroelektrik santralinin ilk ünitesi 2014 yılında, ikinci ünitesi ise 2015 Aralık ayında devreye alınarak 400 MW güce ulaşmıştır. Son ünitenin 2022 yılında tamamlanmasıyla toplam 600 MW'a ulaşmış olacaktır. (www3.toshiba.co.jp).

Vietnam'da elektrik üretiminin yüzde 32'si hidroelektrikten karşılanmaktadır (www.afd.fr). Toplamda 1.030 MW olan dört hidroelektrik santralini devreye alan ülke, kurulu gücünü 15.211 MW'a çıkarmıştır. 2015 yılında işletmeye alınan 150 MW gücündeki Dong Nai 5 hidrolik santralinin yılda 600 milyon KWh elektrik üretmesi beklenirken (www.hydroworld.com), 1200 MW kapasiteli Lai Chau hidrolik santralinin 400 MW'lık ilk türbini de devreye alınmıştır. 2017 yılında tamamlanması planlanan tesis, 4.7 milyar KWh elektrik üretimi ile ülkenin en büyük üçüncü santrali olacaktır (www.alstom.com).

❖ **Avrupa:** Hidroelektrik Avrupa'nın iddialı iklim ve enerji hedeflerine ulaşmada önemli rol oynamaktadır. Norveç'te 273, İsveç'te 55, Almanya'da 10, Birleşik Krallık'ta 3 ve diğer Avrupa ülkelerinde 32 olmak üzere 378 hidroelektrik santrali bulunmaktadır (www.statkraft.com). Avrupa'da toplam kapasite 177 MW ilave güç ile 218.404 GW'a ulaşırken, 599 TWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir.

150 GW'dan fazla depolama ve pompaj depolama tesisine sahip bölgede kurulu hidroelektrik kapasitesinin büyük bölümü İskandinavya ve Alp ülkelerinde yer alırken, işlenmemiş potansiyel Doğu Avrupa'da bulunmaktadır. Batı ve Kuzey Avrupa'da çok gelişmiş hidroelektrik piyasası bulunmaktadır. Yatırımlarda öncelik pompaj depolamalı projelere verilse de, modernizasyon projeleriyle mevcut tesislerin ömrünü ve verimliliğini arttırarak ekolojik etkilerini en aza indirmeye ağırlık verilmektedir (IHA, 2016: 54).

Batı Balkanlar nehir ve havzaların doğal dokusunu koruması nedeniyle Avrupa sınırları içerisinde en yüksek işlenmemiş hidroelektrik potansiyeline sahipken, bölgede Karabağ ve Arnavutluk dağlık bölgelerinde yoğunlaşmış 80 bin GWh teknik potansiyel mevcuttur. 1.527 MW kurulu güç ve 4.000 GWh üretim gerçekleştiren Arnavutluk, hidroelektrik ve yerli enerji kaynaklarıyla elektrik ihtiyacının yüzde 98'ini karşılamaktadır. Sırbistan elektrik ihtiyacının yüzde 30'unu hidroelektrik enerjiden sağlarken, 2.835 MW (614 MW pompaj depolamalı) kurulu güç ve 11.500 GWh elektrik üretimiyle bölgedeki en yüksek potansiyele sahip ülkesidir. Mevcut tesislerinin haricinde hidroelektrik kapasitesini arttırmayı hedefleyen Sırbistan, iki yeni baraj ve pompaj depolamalı tesis kurmayı planlamaktadır. 6000 MW hidroelektrik potansiyeline sahip Bosna Hersek, elektrik ihtiyacının yüzde 41'ini hidroelektrikten karşılarken, 2015 yılında 2.504 MW (400 MW pompaj depolamalı) kurulu güç ile 6.500 GWh üretim gerçekleştirmiştir (IHA, 2016: 57-58).

❖ **Kuzey ve Orta Amerika:** Kuzey ve Orta Amerika'nın toplam kurulu gücü 199,8 GW'tır. Kurulu güce en yüksek katkıyı gerçekleştiren ABD ve Kanada'nın kurulu kapasiteleri sırasıyla 101.8 GW ve 79,2 GW iken, Meksika'nın 12.4 GW'tır. ABD'de hidroelektrik enerji elektrik üretiminde yüzde 6 paya sahipken, Kanada'da yüzde 63, Meksika'da ise yüzde 12'dir.

ABD'de hidroelektrik federal düzeyde lisanslı tek yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülke genelinde hidroelektrik gelişimine uygun potansiyel olmasına karşın, kurulu güç kuzeybatı pasifikte yoğunlaşmıştır. Columbia nehir havzası ülkenin hidroelektrik potansiyelinin yüzde 40'ından fazlasını sağlamaktadır. ABD Enerji Bakanlığı'na göre ülkede hidroelektrik kapasitesini büyük miktarda geliştirebilecek potansiyel mevcuttur. Başka bir deyişle mevcut barajlar ve diğer su kaynakları ile

12.000 MW daha ek kapasite sağlanabilir. Ülkede kurulu 80.000 barajdan sadece yüzde 3'ünde elektrik üretimi gerçekleşmektedir. Ohio, Mississippi, Alabama ve Arkansas nehirleri elektrik üretimine açıldığı takdirde ülkenin hidroelektrik kapasitesine 8 GW katkıda bulunabilir (IHA, 2016: 37).

Kanada, Çin ve Brezilya gibi diğer hidroelektrik devlerinden çok daha az nüfusa sahip olmasına karşın, dünyanın üçüncü büyük hidroelektrik santraline sahiptir. 160 GW teknik potansiyel ve toplamda 79.2 GW kurulu güce sahip ülkedeki elektrik üretiminin yüzde 63'ü hidroelektrikten karşılanmaktadır. Ülkede yapım aşamasında olan mevcut projelerin kurulu gücü 4 bin MW, planlama aşamasındaki projeler ile bu güç 7 bin MW'ı bulmaktadır.

Ouébec La Grande 38.400 MW kurulu gücüyle ülkenin en büyük hidroelektrik santralidir. Diğer büyük santraller British Columbia (13.800 MW), Ontario (8.500 MW), New Foundland ve Labrador (6.800 MW) ve Monitoba (5.000 MW) güce sahiptir. Santrallerin bulunduğu eyaletlerde nükleer enerjinin önemli yer tuttuğu Ontario hariç, elektrik üretiminde hidroelektriğin payı yüzde 90'ın üzerindedir.

Hidroelektrik 27.000 MW ekonomik, 53.000 MW teknik potansiyele sahip Meksika'da önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. 2015 yılı sonunda ülkede kurulu toplam kapasitenin yüzde 22'sini hidroelektrik oluştururken, elektrik üretiminde payı yüzde 12'dir. Ülkede kurulu hidroelektrik kapasitesi pasifik nehir havzalarında, ülkenin batı ve güneybatı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. En büyük üç proje, ülkenin güneydoğusundaki Rio Grijalva havzasında yer alan Chicoasén (2.400 MW), Malpaso (1.080 MW) ve Angostura (900 MW) santralleridir (www.hydropower.org).

Meksika'da hidroelektrik üretiminde özel sektör katılımının artacağı tahmin edilmektedir. Mevcut kısıtlamalara gelen esneklik ile özel mülkiyet dâhilindeki 30 MW ve üzeri hidroelektrik santrallerinin üzerindeki kısıtlamalar kaldırılmıştır. 2015 yılında başlayan enerji pazarı reformları ile önemli ölçüde bağımsız enerji üreticilerinin potansiyelini arttıracaktır (IHA, 2016: 36).

❖ **Güney ve Orta Asya:** Güney ve Orta Asya'nın toplamda kurulu gücü 167.856 MW'tır. Toplam kurulu kapasiteye en yüksek katkıyı 51.494 MW ile

Hindistan sağlarken, ardından Rusya (50.624 MW), Türkiye (Güncel veri 26.156 MW), İran (11.196 MW) ve Pakistan (7.624 MW) gelmektedir.

Hindistan 2015 yılında devreye aldığı 1.909 MW güç ile hidroelektrik sektöründe güçlü büyüme eğilimi göstermektedir. Ülkede Himalaya bölgesi sahip olduğu yüksek su rezervleri bölgeyi en cazip alan yaparken, işlenmemiş hidroelektrik kapasitesi 148 GW'tır. Himalaya bölgesinde 800 MW kurulu güce sahip Himachal Pradesh eyaletinde yeni kapasite eklemesi olmazken, Chenap nehri üzerine kurulan Baglihar santralinin tam kapasiteye geçmesiyle Jammu ve Kashmir eyaleti 900 MW'a, Alaknanda ve Shrinagar santrallerinin devreye alınmasıyla da Uttarakhand eyaletinin kapasitesi 660 MW'a ulaşmıştır. Ayrıca Mandi bölgesinde 800 MW kurulu güçteki koldam barajı ve hidroelektrik santrali 2015 yılı sonunda tam kapasiteye ulaşmıştır (IHA, 2016: 62).

Rusya Dağıstan'da inşa edilen 10 MW gücündeki Gotsatlinskaya hidroelektrik santrali 2015 yılında faaliyete geçerek 350 GWh elektrik enerjisi üretmesi beklenmektedir (www.jacksongloballtd.com). Yeni yatırımlar dışında ülkede eski hidroelektrik santrallerinin modernizasyon çalışmaları devam etmektedir. 2015 yılında tamirat ve kapsamlı modernizasyon programına alınan 14 hidroelektrik santralinin toplam kapasitesi 1.171 MW artarken, Kapasite dâhilinde olan Saratovskaya, Zhidulevskaya, Volzkaya ve Novosibirskaya hidroelektrik santrallerinin toplam gücü 55.5 MW yükselmiştir. Yapılan modernizasyon çalışmaları ile 2025 yılında ülkenin kurulu gücünün 1.375.6 GW artması beklenmektedir (www.eng.rushydro.ru)

Türkiye 2015 yılında Elazığ'da kurulan 582 MW Beyhan-1 (www.kalehan.com.tr) dâhil olmak üzere hidroelektrik kapasitesine 2.225 MW eklemiştir. Diğer dikkat çeken projeleri ise aynı yıl devreye aldığı Erzincan Bağıştaş-1.141 MW (www.enerjiatlasi.com$_a$), Elazığ Pembelik 127 MW (www.bilgin.com.tr) ve Çorum Kargı 102 MW hidroelektrik santralleridir (www.statkraft.com.tr$_a$).

Toplamda 11.1 GW kurulu güce sahip İran'da hidroelektrik en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Ülke gelişimini sürekli olarak ilerletmekte ve büyük ölçekli projeler İran Su ve Güç Geliştirme Şirketi (IWPCO) tarafından

yönetilmektedir. 2013 yılında ilk 260 MW'lık türbini devreye aldığı Siah Bishe pompaj depolamalı hidroelektrik santrali, 2015 Eylül ayında tam kapasite üretime başlamıştır. Tesis Tahran'ın pik talebini karşılamak amacıyla tasarlanmanmış ve yüksek enerji talebi dönemlerinde elektrik üretimi gerçekleştirirken, düşük talep dönemlerinde pompaj işlemi için kullanılmaktadır. 2016 yılında tamamlanması planlanan Khersan-3 (400 MW) ve Rudbar Lorestan (450 MW) projelere ilave olarak 1500 MW gücündeki Bakhtiari projesi de yapım aşamasındadır (www.hydropower.org).

Pakistan'da özel sektör tarafından gerçekleştirilen 720 MW Karat ve 102 MW Gulpur hidroelektrik sanralleri dâhil olmak üzere büyük atılım gerçekleşmiştir. Yapım aşaması devam eden 147 MW gücündeki Patrind hidroelektrik santralinin 2017 yılında faaliyete geçmesi beklenmektedir (IHA, 2016: 62).

❖ **Güney Amerika:** 3,8 GW kapasite artışı gerçekleştiren Güney Amerika, toplam kapasitesini 152,8 GW çıkarmıştır. Yeni kapasite eklemelerinin büyük bölümünü Brezilya'nın projeleri oluştururken, Kolombiya, Venezuela ve Peru'da da önemli yatırımlar gerçekleşmiştir.

Brezilya'da hidroelektrik enerji toplam üretim içinde yüzde 65 pay sahiptir ve ekonomik büyümesinde önemli rol oynamaktadır. 91.8 GW kurulu güce sahip olan ülkede, 2015 yılında toplam 2.4 GW ek ünite devreye alınmıştır. Hidroelektrik yatırımlarına hızla devam eden Brezilya'nın işlenmemiş hidroelektrik potansiyelinin büyük bölümü kuzeyinde yer almakta ve çalışmalar Amazon bölgesinde yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Madeira nehri üzerinde planlanan dört tesis, ülkenin kurulu kapasitesine önemli artış sağlayacak güce sahiptir. Jirau hidroelektrik santralinin 1.275 MW'lık kısmı 2015 yılında devreye alınmış ve tamamlandığında 3.750 MW'a kurulu güce ulaşacaktır. Santo Antonio santrali 3.568 MW güce sahipken, 3.990 MW gücündeki diğer iki tesis planlama aşamasındadır.

Kolombiya'da 16.488 GW olan mevcut kurulu elektrik kapasitesinin yüzde 70'i hidroelektrik enerji tarafından gerçekleştirilmektedir. Ülkenin mevcut hidroelektrik kaynakları Magdalena nehri havzasında yoğunlaşırken, ülkenin kurulu

hidroelektrik kapasitesinin yüzde 60'ından fazlası ve planlanan projelerin büyük bölümü bu bölgede yer almaktadır.

2015 yılında ülkenin ilk özel sektör projesi olan 400 MW'lık El Quimbo santrali ve 55 MW gücündeki BM Temiz Kalkınma Mekanizması sertifikalı Cucuana santraline ek olarak toplamda 599 MW güce sahip yedi proje de devreye alınırken, günümüzde yapımı süren büyük kapasiteli projelerde içinde en yüksek güce sahip 2.400 MW'lık Ituango santralinin de aralarında bulunduğu yeni tesislerin 2018 ve 2020 yılları arasında devreye alınması planlanmaktadır (www.hydropower.org).

Venezuela'da Fabricio Ojeda santralinin üçüncü ve son türbini 2015 yılında devreye alınarak, 771 MW gücüyle tam kapasite çalışmaya başlamıştır. Ayrıca Bolivar'da bulunan Caroni nehri üzerine kurulan 2.160 MW gücündeki Carlos Piar santrali de tamamlanmak üzeredir (IHA, 2016: 36).

❖ **Afrika:** Dünya nüfusunun yüzde 15'ini barındıran Afrika'da 645 milyon kişinin elektriğe erişimi bulunmamaktadır. Bölgede kişi başına düşen yıllık elektrik tüketimi 181 KWh iken, Avrupa da bu oran 6.500 KWh'tır. 300 GW hidroelektrik potansiyeliyle Avrupa ile yakın seviyede olan Afrika'da, toplam kurulu güç 30 GW ile sınırlı kalırken, Avrupa'da 218 GW'tır (IHA, 2016: 42).

Afrika'nın önemli su kaynaklarından olan Mavi Nil ve Omo nehrini sınırlarında bulunduran Etiyopya'da işlenmemiş hidroelektrik potansiyeli 45.000 MW'tır. Ülke elektrik ihtiyacının yüzde 80'ini hidroelektrikten karşılarken, bölgede ve kendi sınırları içerisinde artan talebi karşılamak adına son on yılda büyük ölçekli yatırım çalışmalarına ağırlık vermektedir.

2015 yılında 10 üniteden oluşan Gilbel Gibe III'ün (1.870 MW) ilk iki ünitesi devreye alırken, 2016 yılında tam kapasiteye geçilmesi planlanmaktadır. Ülkenin yerli finansman kaynaklarıyla finanse edilerek Mavi Nil üzerinde yapımı süren 6.000 MW gücündeki Grand Ethiopian Renaissance barajı 2017 yılında, yaklaşık 4.000 GW toplam güce sahip yedi santralinde 2018 yılında faaliyete geçmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca mevcut projelere ek olarak tasarım aşamasında olan yaklaşık toplam kurulu gücü 7.500 MW olan 10 proje de 2020 yılına kadar yapım aşamasına geçilmesi planlanmaktadır.

Demokratik Kongo Cumhuriyeti sınırları içinde kalan yüksek hidroelektrik potansiyelli Kongo Nehri, Afrika'nın büyük bölümünü aydınlatacak kaynağı sunmaktadır. Nehir, ülkede kurulu gücün büyük bölümünü oluşturan Inga-1 (354 MW) ve Inga-2 (1.424 MW) santrallerinin de aralarında bulunduğu 40 tesise ev sahipliği yapmaktadır. Nehrin yüksek akış hızına sahip olduğu Inga Falls bölümünde hayata geçirilmesi planlanan 40 GW gücündeki Grand Inga kompleksinin tamamlanması durumunda Afrika'nın elektrik ihtiyacının yüzde 40'ını karşılarken, dünyanın da en büyük hidroelektrik santrali olacaktır. Komleks kapsamında Inga 1 ve 2'nin de dâhil olduğu 8 hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Grand Inga'nın bir sonraki aşaması olan Inga-3 (4.800 MW) Dünya Bankası'nın desteğiyle yapımına 2017 yılında başlanacaktır.

Kurulu gücü 2.272 MW olan Zambiya'da elektrik tüketiminin yüzde 94'ü hidroelektrikten karşılanmaktadır. Güney Afrika'nın yüksek su potansiyeline sahip Zambazi nehir havzasının yüzde 41'ini sınırlarında bulunduran ülke, mevcut potansiyeli değerlendirmek amacıyla hidroelektrik yatırımlarını sürdürmektedir.

Ülkede son 10 yıldaki kapasite artırımları mevcut tesislerin modernizasyon çalışmaları ile elde edilirken, 2019 yılına kadar yeni yatırımlarla mevcut kapasitesinde 1.172 MW artış gerçekleştirmeyi planlamaktadır (www.hydropower.org).

3.3.4. Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Sektörü

Türkiye'nin ortalama yağış miktarı yıllık 643 mm olup, bu yağış miktarı ortalama 501 m^3 suya karşılık gelmektedir. Ortalama suyun 274 milyar m^3'ü buharlaşarak atmosfere geri dönmekte, 69 m^3'ü, yeraltı sularını beslemekte, 158 m^3'ü ise akışa geçerek akarsular ile denizlere ve kapalı havza göllerine boşalmaktadır. Yeraltı sularını besleyen suyun, 28 milyar m^3'ü kaynak suyu olarak yerüstü sularına katılmakta ve komşu ülkelerden gelen 7 milyar m^3 su ile de Türkiye'nin brüt yerüstü su potansiyeli 193 m^3'e ulaşmaktadır.

Yeraltı sularını besleyen 41 milyar m^3 brüt potansiyele dâhil edildiğinde Türkiye'nin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır. Fakat teknik ve ekonomik şartlar çerçevesinde çeşitli amaçlara yönelik tüketilebilecek yerüstü su potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m^3, komşu

ülkelerden gelen 3 milyar m^3 olmak üzere toplam 98 m^3'tür. Yeraltı sularından eklenen 14 milyar m^3 ile birlikte tüketilebilir yeraltı ve yerüstü potansiyeli yılda ortalama 112 milyar m^3 olup, bunun 44 milyar m^3'ü kullanılmaktadır (www.dsi.gov.tr).



Şekil-13 Türkiye'deki Su Havzaları

Kaynak: Coğrafya Eğitimi, "Türkiye'nin Su Havzaları Haritası", http://www.cografyaegitimi.biz/turkiyenin-su-havzalari-haritasi-t543.0.html, Erişim: (09.05.2016).

Türkiye'de drenaj sahaları bakımından 25 hidrolik su havzasına bölünmüştür ve havzaların toplam yıllık ortalama akışları 186,05 milyar m^3'tür (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012: 4). Fırat havzası 31,61 milyar m^3 ile en fazla su akışına sahipken, Dicle havzası 21,33 milyar m^3 su akışına sahiptir (Akın ve Akın, 2007: 110). Toplam yıllık ortalama akışı 52,94 milyar m^3 olan Fırat ve Dicle havzaları, Türkiye ortalamasının yüzde 28,5'ini oluşturmaktadır.

Su potansiyelinin yağış rejimine bağlı olması nedeniyle hidrolik enerji, iklimsel değişimlere karşı çok hassas bir enerji türüdür (Gökdemir, Kömürcü ve Evcimen, 2012: 18). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Invergovermental Panel on Climate Change – IPCC) projeksiyonlarına göre 2030 yılında Türkiye'nin büyük bölümü sıcak ve kuru iklim etkisi altına gireceği belirtilmektedir. IPCC'nin yayınladığı rapora göre ise yaşanacak yüksek sıcaklıklarla buharlaşmanın artacağı, mevsimsel yağışların dağılım ve şiddetinin değişebileceği, kar örtüsünün azalabileceği, akım ve pik değerlerinin azalabileceği ve taşkınlara bağlı kayıpların artabileceği küresel iklim değişikliğinin Türkiye'deki olası etkilerindendir. Olası

etkiler sonucu mevcut su kaynaklarının ihtiyacı karşılayamaması durumunda çeşitli sorunları da beraberinde getireceğinden, iklim değişikliğiyle mücadelede en önemli yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerji üretimidir (DEK-TMK, 2007_a: 3).

Mevcut enerji kaynakları içerisinde HES'ler çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle tercih edilmektedir. Hidroelektrik santraller ani talep değişimlerine cevap veren santraller olması nedeniyle, Türkiye'de puant (pik) santral olarak kullanılmaktadır (Ceylan, 2015: 86).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinde hidrolik enerji önemli bir yere sahiptir. Hidrolik kaynakların teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh, teknik potansiyeli 216 milyar KWh ve ekonomik potansiyeli 140 milyar KWh'tır. Teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin yüzde 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin yüzde 16'sına denk gelmektedir ($YEGM_f$, www.eie.gov.tr).

Türkiye'de ilk küçük HES 1902 yılında Tarsus'ta kurulurken, içme suyunun karşılanması amacıyla 1936 yılında Ankara'da kurulan Çubuk-1 ilk önemli barajdır. Elektrik üretiminde ise 1956 yılında kurulan Seyhan barajı ilk HES olma özelliğini taşımaktayken, Gökçekaya (1972), Keban (1975), Hasan Uğurlu (1981), Oymapınar (1984), Karakaya (1987), Altınkaya (1988), Menzelep (1989) ve Atatürk barajı (1992) Türkiye'nin önde gelen büyük barajları arasında yer almaktadır (www.nukte.org).

2003 yılında 25150 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Su Kullanım Hakkı Yönetmeliği ile hidroelektrik projelerinde özel sektör hamlesi başlatılmıştır. 2004 yılında ise 25472 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Su Kullanım Hakkı Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle inşaat halindeki ve DSİ tarafından uygun görülen HES projeleri özel sektöre açılırken, 2005 yılında 25819 sayılı Resmi Gazete'deki 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile birlikte özel sektörün HES'lerden elektrik üretip satabilme serbestliği getirilmiştir.

2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'ndan önce, 3096 sayılı yasa dâhilindeki projeler hariç enerji, sulama, taşkın koruma, içme ve kullanma suyu gibi çeşitli amaçlara yönelik su ile ilgili projelerin işletmeye alınıncaya

kadarki süreçleri DSİ'nin sorumluluğundayken, inşaatı tamamlanan projeler Elektrik Üretim Anonim Şirketi'ne (EÜAŞ) devredilmekteydi (Gökdemir, Kömürcü ve Evcimen, 2012: 23). 2002 yılında yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Yönetmeliği ve 2003 yılındaki Su Kullanım Hakkı Yönetmeliği sonucunda 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu gereğince 2003 yılına kadar kamu kurumlarınca yapılan tüm HES projeleri DSİ'nin internet sitesinde 30 gün süreyle yayınlanarak özel sektörün yatırım başvurularına açılmıştır. Ayrıca kamunun geliştirdiği projeler haricinde özel sektörün geliştirdiği projeler de DSİ (Devlet Su İşleri)'nin önerisine sunularak diğer yatırımcıların tekliflerine sunulmaktadır.

Tabloda 2013 yılında yürürlüğe giren 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve kanuna ilişkin çıkartılan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği hükümleri dâhilinde faaliyet gösteren ya da faaliyet gösterecek tüzel kişiler tarafından gerçekleştirilecek projelere ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Tablo-19 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Tüzel Kişiler Tarafından Gerçekleştirilecek Projeler (2 Mayıs 2016 İtibariyle)

	Toplam HES Sayısı	**Toplam Kurulu Güç (MW)**
DSİ/EİE Tarafından Geliştirilen Müracaat Edilen ve Edilebilecek HES Projeleri		
Kati Projesi Hazır Olan HES'ler	8	253.72
Planlama Raporu Hazır Olan HES'ler	72	3.868,84
Master Planı Hazır Olan HES'ler	64	3.425,44
Ön İnceleme Raporu Hazır Olan HES'ler	65	1.441,48
İlk Etüdü Hazır Olan HES'ler	163	1.687,62
Toplam	**372**	**10.677.1**
Tüzel Kişiler Tarafından Geliştirilen HES Projeleri		
Toplam	1.218	-
İnşaatı Devam Eden Müracaat Edilen ve Edilebilecek HES Projeleri		
Toplam	16	4.141,88
İkili Anlaşmalar Kapsamından Çıkarılan Müracaat Edilen ve Edilebilecek HES Projeleri		
Toplam	13	1.733,28
Yap İşlet Devret (YİD) Kapsamından Çıkarılan Müracaat Edilen ve Edilebilecek HES Projeleri		
Toplam	19	1.164.2
Müracaat Edilen ve Edilebilecek Grup HES Projeleri		
Toplam	1	90

Kaynak: Devlet Su İşleri (DSİ), "Hidroelektrik Santrallarının Su Kullanım Anlaşmaları", http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/hessu-kullanim-anlasmalari, Erişim: (05.05.2016).

Tablo incelendiğinde kamunun hazırladığı kati projesi hazır olanlardan 1 proje (21 MW) iptal edilmiş, 2 proje (34,16 MW) ise iptal edilerek yeniden başvuruya açılmıştır. Planlama raporu hazır olan projelerden 3 proje iptal edilmiş (475 MW), 4 proje ise iptal edilerek yeniden başvuruya açılmıştır. Master planı hazır projelerden 2 proje (136 MW) iptal edilerek yeniden başvuruya açılırken, ilk etüdü hazır projelerden 3 proje (42,2 MW) iptal edilip, 1 proje (11,9 MW) yeniden başvuruya açılmıştır. Özel sektör tarafından geliştirilen 842 projenin toplam kurulu gücü 5.360 MW'tır ve günümüzde 1.218'e ulaşan projelerin 9'u iptal edilmiştir. İkili anlaşmalar kapsamından çıkarılan toplam 426 MW kurulu güçteki 4 proje de iptal edilerek yeniden başvuruya açılmıştır. 15 Ekim 2007 tarihinden itibaren özel sektör tarafından geliştirilen yeni projeler kabul edilmezken, uygun bulunulduğu takdirde başvuruya açılan mevcut projelere ortak olunabilecektir.

EPDK'nın verilerine göre bugüne kadar üretim lisanslı 495 HES (22.827,915 MW) işletmeye alınırken, 23 HES (645.218 MW) inşaat halinde, 370 HES (10.266,099 MW) proje aşamasında ve 21 HES (747.278 MW) kısmi işletmededir. Proje aşamasında olan 26 adet (627.747 MW), inşaat halinde 1 adet (12,7 MW) ve işletmede olan 3 adet (548,14 MW) toplamda 30 HES, gerekli şartları taşımadığı gerekçesiyle üretim lisansları iptal edilmiştir.

Tablo-20 Türkiye'de İşletmede Olan Üretim Lisanslı HES'lerin Bölgesel Dağılımı

Bölgeler	Çok Küçük (Mikro) Kapasiteli (< 100 KW)	Küçük (Mini) Kapasiteli (100-1.000 KW)	Orta Kapasiteli (1000-10.000 KW)	Büyük Kapasiteli (10.000 KW <)
Marmara	-	8	8	8
Ege	-	3	10	14
Akdeniz	-	10	43	63
Karadeniz	-	7	55	99
İç Anadolu	4	2	20	30

Güneydoğu Anadolu	-	1	7	17
D. Anadolu	1	9	31	40

Kaynak: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), "Elektrik Piyasası Üretim Lisansları",http://lisans.epdk.org.tr/epvysweb/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml, Erişim: (05.05.2016).

Mart 2016 sonu itibariyle Türkiye'de faaliyette bulunan 19.293,3 MW kurulu güçteki hidrolik barajlı 110 tesis ve 6.863,2 MW kurulu güçteki akarsu üzerinde 454 tesis bulunmaktadır. Toplamda 26.156,5 MW kurulu güce sahip 564 HES tesisin birincil enerji arzındaki payı yüzde 35,4'tür (www.teias.gov.tr).

3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal yunanca "ge" toprak ve "termos" ısı kelimelerinin birleşmesinden meydana gelerek toprak ısısı anlamını taşımaktadır. (www.technologystudent.com). 2007 yılında yayınlanan Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu'na göre jeotermal kaynak, "*Jeolojik yapıya bağlı olarak yerkabuğu ısısının etkisiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen, doğal olarak çıkan veya çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri vasıtasıyla gönderilerek yerkabuğu veya kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği yerler"* olarak ifade edilmektedir.

Jeotermal enerji, yer kürenin çeşitli derinliklerinde 20ºC'den yüksek sıcaklığa sahip erimiş mineralli çeşitli tuzlar ve gazlar ile kızgın kuru kayaçları içeren, ısıtmada, çeşitli sanayi tesislerinde, elektrik üretiminde, sağlık ve turizm amacıyla kullanılabilen, basınç altındaki akışkanı sıcak su ve buhar olarak yeryüzüne sürekli taşıyan, ısı enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk, 2008: 196).

Yapılan araştırmalar dünyanın başlangıçta eriyik halde olduğu ve binlerce yıl önce katı hale dönüştüğünü göstermektedir. Dünyanın tüm modern termal modellerinde yer kabuğunun derinliklerinde bulunan uranyum (U_{238}, U_{235}), toryum (Th_{232}) ve potasyum (K_{40}) gibi uzun ömürlü radyoaktif izotopların bozuşarak sürekli olarak ısı üretmesi, termal enerjinin kaynağı olduğuna inanılmaktadır (Dickson ve Fanelli, 2004: 1). Dünyanın merkezini oluşturan 3.470 km yarıçapındaki çekirdek,

dünya hacminin yüzde 15'ini, ağırlığının ise yüzde 32'sini oluşturmaktadır. Radyoaktif bozuşma tarafından oluşan katı formdaki iç çekirdek 5.000ºC ısıya ulaşırken, yaklaşık 3.000ºC'deki dış çekirdek katı ısıdan dolayı ergimiş (sıvı) halde demir ve nikel içermektedir (Atalay, 2012: 134).

Jeotermal enerji yerküredeki içsel enerjinin sonucudur. Yerkürenin derinliklerinde bulunan ısı kaynağı, henüz soğumasını gerçekleştirmemiş bir magma kütlesi ya da genç bir volkanizmayla ilgilidir. Isının kaynağı magmatik intrizyon ise sıcaklığı 600ºC ve derinliği 7-15 km arasında olmakta (Öztürk ve Kaya, 2015: 5) ve ısı kaynağı sığ derinliklere ısı iletim yoluyla taşınmaktadır. Yer kabuğundan kırık ve çatlaklar ile süzülen soğuk meteorik sular, farklı derinliklerde bulunan ve geçirimsiz örtü kayalarla kontrol edilmiş gözenekli ve/veya ikincil geçirimli jeotermal rezervuar kayalarda birikmektedir. Yer kabuğunun derinlerinde ısınan akışkan, kırık ve çatlak sistemlerin meydana getirdiği yollardan yoğunluk ve basınçla yükselerek sığ derinliklerde hidrotermal sistemleri oluştururlar. Jeotermal akışkan yeryüzüne ulaştığında gayzer ve sıcak sular gibi belirtiler göstermektedir. (Şener, 2005: 239).

Jeotermal enerji uygulamaları paleotik zamanlardan beri banyo amaçlı kullanılırken, antik Roma döneminden itibaren ise ısıtma amaçlı kullanılmıştır. Jeotermal kaynaklardan geleneksel kullanım haricinde faydalanılabileceğini 1827 yılında Francesco Larderel İtalya'da jeotermal buharı ile borik asit elde ederek göstermiştir. 1892 yılında ABD'de ilk merkezi ısıtma sistemi faaliyete alınırken, 1904 yılında Prens Piera Ginari Conti'nin ürettiği motor ile jeotermal buhardan ilk elektrik üretimi İtalya Larderello'da gerçekleşmiştir (Dickson ve Fanelli, 2004: 3).

Jeotermal enerji, güneş enerjisi gibi tükenmeyen enerji kaynaklarından değildir. Jeotermal enerji kaynakları kullanılmaya başladıktan sonra zamanla kapasitelerinde azalma meydana gelmektedir. Doğrudan ya da dolaylı kullanımda kaynağın doğal yapısında bozulmalar başlarken, aşırı derecede akışkanın çekilmesi basıncın düşmesine ve rezervuardaki akışkanın soğumasına neden olmaktadır. Bu nedenle akışkan kullanıldıktan sonra rezervuara geri gönderilmeli, soğumanın olduğu rezervuarlarda ise doğal sıcaklığına ulaşana kadar üretime ara verilmelidir (Şahin, 2012: 252).

3.4.1. Jeotermal Sistem

Jeotermal sistem üç önemli bileşenden oluşmaktadır. Isının kaynağı, yüksek ısılı (600ºC<) ve dünya yüzeyinin sığ kısımlarına ulaşabilen (5-10 km) magmatik sokulmalar olabileceği gibi, derinlikle beraber artan normal sıcaklık (jeotermik gradyan-ortalama 2,5-3ºC/100 m) da olabilmektedir. Isıyı yer altından taşıyan akışkan, genellikle meteorik sulardır. Rezervuardaki sıcaklık ve basıncın etkisiyle bu sular buhar ya da sıvı haldedir ve genellikle CO_2 ve H_2S gibi bazı maddeler ve gazlar içermektedir. Suyun dolaşımını sağlayan geçirgen kayaçlar, ısıyı taşıyan sıvının sirkülasyon yapabileceği, uygun çatlaklı kayaçlardır. Kayaçlardan oluşan rezervuarın üzerinde çoğunlukla geçirimsiz tabakalar bulunmaktadır (www.maden.org.tr).

Jeotermal alanlarda sıcak kayaç ve yüksek yer altı suyu sıcaklığı, normal bölgelere kıyasla daha sığ yerlerde bulunmaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında (enerjiyonetimi.com.tr);

- Magmanın yer kabuğuna doğru yükselerek ısıyı taşıması
- Yer kabuğunun inceldiği yerlerde yüksek sıcaklık farkına bağlı olarak oluşan ısı akışı
- Yer altı suyunun birkaç km derine inip ısınarak, tekrar yüzeye yükselmesidir.

Jeotermal alan, sistem ve rezervuar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Satman, 2001: 4):

- **Jeotermal Alan:** Yeryüzünde oluşan bir jeotermal etkinliği gösteren coğrafik tanımlamadır. Yeryüzünde herhangi bir etkinlik bulunmuyorsa, yer altındaki rezervuar üstü alanı belirtmektedir.
- **Jeotermal Sistem:** Besleme alanı, yeryüzüne çıkış noktaları, yer altı kısımları gibi tüm parçalarıyla birlikte yeraltındaki hidrolik sistemi tanımlamakta kullanılmaktadır.
- **Jeotermal Rezervuar:** Doğrudan işletilmekte olan jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını belirtmektedir.

3.4.1.1. Jeotermal Sistemlerde Rezervuar Sınıflandırılması

Jeotermal sistemler ve rezervuarlar, rezervuar sıcaklığı, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşim gibi özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır.

3.4.1.1.1. Rezervuar Sıcaklığına Göre Jeotermal Sistemler

Jeotermal sistemler, rezervuarda 1 km derinlikteki sıcaklığa bağlı olarak iki gruba ayırmak mümkündür (Çağlar, 2006: 50).

❖ **Düşük Sıcaklıklı Sistemler:** Rezervuardaki sıcaklığın 150ºC'den düşük olduğu sistemlerdir. Bu tür sistemler çoğunlukla yeryüzüne ulaşmış doğal sıcak su ya da kaynar su çıkışları göstermektedir.

❖ **Yüksek Sıcaklıklı Sistemler:** Rezervuar sıcaklığının 200ºC'den yüksek olduğu sistemlerdir. Bu sistemlerde ise doğal buhar çıkışları (fümeroller), kaynayan çamur göletleriyle kendini göstermektedir.

3.4.1.1.2. Fiziksel Durumlarına Göre Jeotermal Sistemler

Jeotermal sistemler fiziksel durumlarına bağlı olarak sınıflandırıldığında sıvı etkin, buhar etkin ve iki fazlı jeotermal sistemler olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Dickson ve Fanelli, 2004: 10-11):

❖ **Sıvı Etkin Jeotermal Sistemler:** Rezervuardaki basınç koşullarına göre su sıcaklığının, buharlaşma sıcaklığından daha düşük olduğu rezervuarlardır. Dünyada en yaygın olan bu tip sistemlerde rezervuar basıncını sıvı su fazı kontrol etmekte ve sıcaklığı 125-225ºC arasında değişmektedir. Sıcaklık ve basınç durumuna göre su ve buhar karışımları üretebildikleri gibi, bazı durumlarda doymuş buhar da üretebilmektedirler.

❖ **Buhar Etkin Jeotermal Sistemler**: Rezervuar basıncındaki akışkan sıcaklığının, basınç eğrisi sıcaklığından daha yüksek olması halinde bu tür rezervuarlar oluşmaktadır. Rezervuardaki basıncı su buharı fazı kontrol etmektedir. Bu tip sistemlerde atmosfer basıncından daha yüksek basınç oluşması durumunda kuru-doymuş ya da düşük miktarda kızgın buhar elde edilebilmektedir.

❖ **İki Fazlı Jeotermal Sistemler:** Bu sistemlerde sıvı su ve su buharı birlikte bulunurken, rezervuarın basıncı ve sıcaklığı suyun buhar basıncı eğrisini izlemektedir.

3.4.1.2. Jeotermal Sistemlerin Doğası ve Jeolojik Yerleşim

Jeotermal enerjinin doğası ve jeolojik yerleşiminde jeotermal gradyan, ısı akışı ve jeotermal anomali olmak üzere üç temel terim bulunmaktadır.

❖ **Jeotermal Gradyan:** Dünya yüzeyinden yerkürenin derinlerine inildikçe sıcaklık yükselmektedir. Jeotermal gradyan, sıcaklığın 1ºC artması için gereken derinlik olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak her 33 metrede sıcaklık 1ºC yükselmesine karşın, çeşitli faktörlere bağlı olarak ısı artışı farklılık gösterebilmektedir. Gradyandaki bu değişiklik, kayaçların iletkenliği ile ters orantılı olmakta ve düşük kayaç iletkenliği, bölgedeki gradyanın yükselmesine neden olmaktadır (Lovering ve Goode, 1963: 5). Ayrıca aktif tektonik yapı, bölgesel ısı dağılımı ve yeraltı su dolaşımı jotermal gradyanı etkileyerek, sıcaklık artışına neden olabilmektedir (Gevrek, 1991: 51).

❖ **Isı Akışı:** Isı enerjisinin iletim yoluyla düşey hareketine ısı akışı denilmektedir. Isı enerjisi dünya yüzeyine, kayaçlardan iletim yoluyla geçerek, magmanın hareketiyle veya jeotermal suyun hareketiyle ulaşır.

❖ **Jeotermal Anomali:** Bazı jeotermal alanlar ve derinliklerde sıcaklıklar komşu alandaki sıcaklıklardan farklılık göstermekte ve bu farklılığa jeotermal anomali denilmektedir. Jeotermal anomali küçük bir alanla sınırlı olabileceği gibi binlerce km^2'lik bir alanda da oluşabilmektedir. Jeotermal kuyu sondajının geliştirilip işletilmesi çok pahalı işlemler olduğundan, jotermal arama çalışmalarında pozitif anomalilerin (yüzeye yakın ve yüksek sıcaklıklı) alanlar belirlenmeye çalışılmaktadır (Çağlar vd., 2006: 51). Farklı jeolojik yapıların anomalilerine neden olan beş temel faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin iyi anlaşılması, jeotermal alanların doğru belirlenmesine olanak tanımaktadır ($YEGM_g$).

3.4.1.3. Jeotermal Sistem Çeşitleri

Jeotermal sistemler jeolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerin birleşmesiyle oluşmaktadır. Isı, sistemin doğal ve en önemli parçasıyken, mekanizmanın işleyişi akışkanın ısıyı iletimi üzerine kuruludur.

❖ **Genç Volkanik Sokulumlarla Bağlantılı Hidrotermal Konveksiyon Sistemler:** Yerküre ısısının var olduğunu kanıtlayan en belirgin kanıt volkanik

patlamalardır. Patlama sonrasında yayılan lavlar yeryüzünde hemen soğumasına karşın, yerkürenin içinde binlerce yıldır ergimiş olarak kalmaktadır. Günümüz teknolojilerine, rağmen magma hücrelerine jeotermal sondaj yapılması pratik bir uygulama değildir. Aynı zamanda magma sızıntısının çevresindeki çatlak ve kırıklar hidrotermal dolaşım sisteminin oluşumuna elverişli durumda da olabilmektedir. Yeraltı suyu soğumakta olan magma sızıntısının etrafında ya da aşağılarında çevrime girmesi durumunda, çevrimde ısınan su yoğunluk farkıyla tekrar yüzeye çıkmaktadır (Haspolat, 2013: 69).

❖ **Çatlak (Fay) Kontrollü Sistemler:** Hidrotermal taşınım (konvensiyon) sistemlerinin çoğunluğu genç volkanik sızıntıların olduğu alanlarda bulunmamaktadır. Volkanik sızıntılar yerine ısılarını, suyun yerkürenin derinine doğru sirkülasyon yapmasına izin veren büyük hacimli geçirgen kayaçlardan almaktadır. Bu alanlar stratigrafik yataklar olabileceği gibi, çatlaklar ve birbirine bağlı kırık sistemler de olabilmektedir. Suyun sıcaklığı bölgesel akımın büyüklüğü ve su sirkülasyonunun derinliğiyle bağlantılıdır. Dağlık alanlar ve bitişik vadiler hidrotermal konveksiyon sistemlerinin kollarına reşarj (besleme) yapmaktadır. Bu sistemlerde en önemli nokta, kırıkların yükselen sıcak su için yeterli derecede geçirgen yapıda olmalarıdır ($YEGM_g$).

❖ **İletkenliği Düşük Katmanların Altında Gizlenen Radyojenik Isı Kaynakları:** Granitik plutonik kayaçlar diğerlerine kıyasla daha yüksek seviyede uranyum ve toryum içermekte ve bozunmalarından ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Radyojenik plutondaki ısı akımı, içine sokulunan kayacın ısı akımından yüksektir. Fakat granitik kayaçlar düşük iletkenliğe sahip kayaçlar tarafından çevrelenmişse, bu durumda katmanların tabanında yüksek sıcaklıklar oluşabilmektedir (www.jeotermalenerji.org).

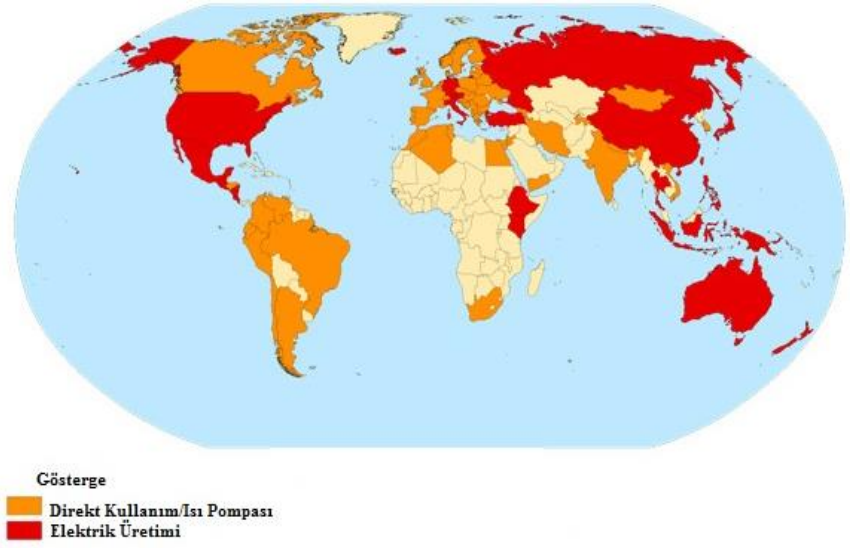
❖ **Yer Basınçlı (Geopresured) Jeotermal Rezervuarlar:** Yer basınçlı rezervuarlar, üzerini kaplayan kayaçların su sütununun basıncını aşan, basınç altında bırakılan akiferlerdir. Yer basınçlı katmanların bulunduğu jeotermal alanlarda az gözenekli kayaçlar sıvının yukarıya sızmasını engelleyerek ısı transferini önlediğinden, bu katmanlar yüksek miktarda ısı içermektedir. Ayrıca bu sıvı

doğalgazın ana maddesi olan metan açısından oldukça zengindir (Sümer ve Kuzgun, 2009: 12).

❖ **Derin Bölgesel Akiferler:** Yer kabuğundaki aşağı eğilimli oluklar, yeraltı sularını dağlık alanlardaki reşarj alanlarından toplamaktadır. Toplanan su, tortul kayaçlardan derine inerek gradyandan dolayı ısınmaktadır. Bu tür bölgelerde hidrolik iletkenlik fazlaysa ya da çatlaklar suyun artezyenik basınçla yukarı yükselmesine olanak tanıyorsa jeotermal su yeryüzüne ulaşabilmektedir. Düşük termal iletkenliği olan tortullarda eş sıcaklık eğrileri (izoterm) yüzeye doğru eğilerek, suyu yüzeyin sığ bölgelerine getirebilmektedir (www.vetenergy.com$_a$).

3.4.2. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Kullanım Alanları

Jeotermal enerji kaynakları akışkan sıcaklığı ve bölge koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir.



Şekil- 14 Küresel Jeotermal Kullanımı

Kaynak: Geotermal Resources Council, "What is Geothermal?", https://www.geothermal.org/what.html, Erişim: (25.05.2016).

Jeotermal enerjinin kullanımı genel olarak elektrik üretimi ve doğrudan kullanım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

3.4.2.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

Hazne sıcaklığı 150ºC'den yüksek olan jeotermal sahalar elektrik üretimi için uygun olarak nitelendirilmekte ve akışkan durumuna uygun farklı çevrim teknolojileri kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak orta sıcaklıktaki sahalardan ve yapay rezervuar ile kızgın kuru kayalardan da elektrik elde edilebilmektedir.

Gerekli koşulları sağlamış olan bir jeotermal sahada sondaj kuyularından üretilen akışkan seperatörde buhar ve su olarak ayrıştırılmakta ve türbinlere gönderilerek jeneratör vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleşmektedir. Jeotermal kaynağın özelliklerine göre elektrik üretim santralleri buhar etkin, sıvı etkin sahalar ve geliştirilmiş jeotermal sistemler olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

3.4.2.1.1. Buhar Etkin Sahalar

Jeotermal elektrik santralleri arasında kurulumu en kolay olan kuru buhar santralleridir. Kuyudan alınan buhar filtre edilerek, yoğuşturmalı türbine iletilmekte ve bu işleme ek olarak doğal veya mekanik soğutma kullanılmaktadır. Bugün kurulu jeotermal elektrik üretim santrallerinin 1/4'ünü kuru buhar santralleri oluşturmaktadır (IEA_a, 2011: 15).

3.4.2.1.2. Sıvı Etkin Sahalar

Sıvı etkin sahalarda sondajla yeryüzüne çıkarılan akışkandan elde edilen buhar, elektrik üretiminde kullanılmakta ve kullanılan teknolojilere göre sınıflandırılmaktadır.

❖ **Atmosferik Egzozlu (Back Pressure) Konvensiyonel Buhar Türbinleri:** En basit ve yatırım maliyeti en düşük olan türbinlerdir. Jeotermal akışkan ilk olarak seperatöre gelir, sıvı ve buhar fazları burada birbirinden ayrılarak buhar fazı türbini beslerken, çürük buhar ise atmosfere salınmaktadır (www.arknenerji.com).

❖ **Yoğuşturmalı Konvensiyonel Buhar Türbinleri:** Atmosferik egzozlu buhar türbinlerinin geliştirilmiş halidir. Akışkan ilk seperatörde sıvı ve buhar fazlarına ayrılan akışkandan buhar türbinden atmosfere salınmak yerine çok düşük bir basınçla (yaklaşık 0.12 bar) yoğuşturucuya iletilir (Öztürk ve Kaya, 2015: 55).

➢ **Çift Fazlı Akışkan Buharlaştırma (Double Flash):** Kuyudan gelen akışkan seperatöre iletilerek buhar ve sıvı fazlarına ayrılmaktadır. Buhar fazı yüksek basınçlı türbine, su ise buharlaştırıcıya gönderilmektedir. Bu bölümde düşük basınçla flaşlanan sıvının kalanı enjeksiyona gönderilirken, buhar alçak basınç türbinine gönderilir (www.geocen.iyte.edu.tr).

➢ **Tek Fazlı Akışkan Buharlaştırma (Single Flash):** Tek ayrıştırıcının kullanıldığı bu sistemler, tek flaşlı (Single Flash) olarak adlandırılmakta ve jeotermal akışkan seperatörde ayrıştırıldıktan sonra buhar türbine, su ise enjeksiyona geri gönderilir (Kıvanç ve Serpen, 2011: 113).

➢ **Çoklu Buharlaştırma (Multi Flash):** Seperatörden ayrılan su, ikinci seperatöre iletilmekte ve ayrıştırıcıların sayısı ekonomik kısıtlar çerçevesinde arttırılabilmektedir (Kaymakçıoğlu ve Kayabaşı, 2006: 86).

❖ **İkili Çevrim Santralleri (Binary Cycle):** Jeotermal akışkan ısısı kullanılarak sudan daha az buharlaşma sıcaklığına sahip akışkan eşanşörde buharlaştırılarak türbinin döndürülmesi sağlanmaktadır. İkili çevrim teknolojisi düşük ve orta dereceli (<180ºC) jeotermal kaynaklardan ve atık ısıdan elektrik üretmek amacıyla tasarlanmıştır (Özdemir, 2007: 7).

❖ **Diğer Jeotermal Elektrik Santralleri:** Sıvı etkin sahalarda daha düşük kullanım alanına sahip sistemler aşağıdaki gibidir (Sümer ve Kuzgun, 2009: 18):

➢ **Hibrid Fosil-Jeotermal Sistemler:** Jeotermal enerji ön ısıtıcı olarak veya kızgın buhar elde etmede kullanılmaktadır.

➢ **Toplu Akış:** İki fazlı karışımlardan doğrudan enerji elde etmek için tasarlanmış sistemlerdir.

3.4.2.1.3. Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler (EGS)

Geliştirilmiş jeotermal sistemler (EGS) ile jeotermal akışkan rezervuarının bulunmadığı, genç aktif kuşakların jeotermal gradyanının yüksek olduğu alanlarda, kuyulardan soğuk su enjekte edilerek yapay rezervuar oluşturulmakta ve jeotermal akışkandan elektrik üretilmektedir. Bu uygulama kızgın kuru kaya (Hot Dry Rock, HDR) olarak adlandırılmakta ve yeni teknolojinin kullanımı sektörde hızla yayılmaktadır (www.sdsenerji.com).

3.4.2.2. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Düşük ve orta sıcaklıktaki (<150ºC) jeotermal kaynaklar, birçok farklı türde uygulama için kullanılabilmektedir. Tablodaki klasik Lindal diyagramı, farklı sıcaklıklardaki jeotermal akışkanın olası kullanım alanlarını göstermekle birlikte, günümüzde hala büyük oranda geçerliliğini korumaktadır (Dickson ve Fanelli, 2004: 16).

Tablo-21 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanları (Lindal Diyagramı)

Sıcaklık (ºC)	Kullanım Alanı
180	Yüksek yoğunluklu solüsyon buharlaştırma, amonyum soğurma ile soğutma, kâğıt hamuru yumuşatma
170	Hidrojen sülfit ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Balık ve kereste kurutma
150	Bayer's süreci ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin hızlı kurutulması, (gıda konserveleri)
130	Şeker rafine etme, tuz eldesi
120	Damıtma ile temiz su eldesi, tuz yoğunluğunun arttırılması
110	Beton kurutma
100	Organik madde kurutması (Deniz yosunu, ot, sebze, vb.)
90	Balık kurutma, büyük buz kütlelerini çözme
80	Alan ısıtma, sera ısıtma
70	Soğutma (Alt sıcaklık sınırı)
60	Hayvan bakım alanlarını ısıtma
50	Mantar yetiştirme, sağlık amaçlı kaplıca tesisleri
40	Toprak ısıtma
30	Yüzme havuzu, biyolojik bozunma, fermantasyon, bölgesel ısınma, buz çözme
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: Armstead, C., H. (Ed) (1973), *Geothermal Energy*, Unesco, Fransa.

Lindal diyagramı jeotermal kaynakların kullanımında iki önemli noktayı vurgulamaktadır (Akçay vd. 2014: 28):

❖ Akışkan sıcaklığına göre jeotermal kaynakların kullanılabilirliğinin artması,

❖ Jeotermal kaynak sıcaklığının mümkün olabilen kullanımları kısıtlamasıdır.

Jeotermal kaynak 20-120ºC aralığında su fazda iken, kaynama noktası olan 100ºC ve üzerinde doymuş buhara dönüşmektedir. Akışkanın ısısındaki değişim,

içeriğinde de farklılıklara yol açmaktadır. Doğal oluşum jeotermal akışkan içeriğinde; sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bikarbonat (HCO_3), sülfat (SO_4), klorür (Cl), azot (Nitrojen N_2), hidrojen (H), cıva (Hg), hidrojen sülfür (H_2S), silisyumdioksit ($SİO_2$), amonyak (NH_4), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), potasyum (K), florür (F), demir (Fe), bor (B), lityum (Li), bakır (Cu), radon (Rn), mangan (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb), arsenik (As), Çinko (Zn), karbonat (CO_3) gibi kimyasallar ve yüksek miktarda çözünmüş mineraller barındırmaktadır (Mahon vd., 2000: 1392; Aslan, 2010: 35-36; Var, 2009: 187). Sıcaklığı yüksek akışkanda sodyum oranında artma ve kalsiyum oranında azalma gerçekleşirken, sıcaklığın azalması, kalsiyum oranında yükselme ve sodyum oranının oldukça düşmesine neden olmaktadır (Lund vd., 1977: 3).

20ºC'nin üstündeki sıcaklığa sahip jeotermal kaynaklar birçok alanda kullanılırken, bu derecenin altında sıcaklığa sahip akışkandan ısı pompaları ile ısıtma ve soğutma uygulamalarından faydalanılmaktadır. Bu nedenle jeotermal akışkanın sahip olduğu yapısal özelliğe bağlı olarak ısıtma sistemleri de farklılık göstermektedir. Akışkan içeriğinin uygun olması durumunda ısıtılacak mekânda radyatör ve borular aracılığıyla dolaşımı yapılarak doğrudan kullanılabilmekteyken, akışkanın yüksek oranda çözünmüş mineral ve kabuklaşma, korozyon gibi problemler yaratacak kimyasal madde içermesi durumunda akışkan ısısı, ısı değiştiriciler ile düşük kimyasal barındıran suya (şebeke suyu gibi) aktarılarak ısıtılmış su ile ısıtma gerçekleştirilmektedir (Öztürk ve Kaya, 2015: 61).

Görüldüğü üzere jeotermal enerji uygulamalarının ortak özelliği akışkan dağıtım sistemidir ve doğrudan kullanım alanlarının günümüze uyarlanmış hali kısaca şu şekilde özetlenebilir (Öztürk: 2008: 219; www.renewableenergyworld.com):

❖ **Isıtma Uygulamaları:** Konut ısıtma, toprak ısıtma**,** cadde ısıtma**,** havaalanı pistlerinin ısıtılması**,** yüzme havuzları, termal fizik tedavi merkezleri, turistik tesisler.

❖ **Endüstriyel Uygulamalar:** Yiyecek kurutma ve sterilizasyon, süt pastörizasyonu, konservecilik, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayi, şeker, ilaç, kâğıt, dokuma, boya ve bira endüstrisi, deri kurutma ve işleme, soğutma tesisleri, beton blok kurutma, içme suyu, çamaşırhaneler.

❖ **Tarımsal Uygulamalar:** Sera ve toprak ısıtma, hayvan barınakları, balık çiftlikleri, ürün kurutma, mantar üretimi, toprak ıslahı, sulama.

❖ **Kimyasal Madde Üretimi:** Kuru buz (CO_2'den), borik asit, amonyum bikarbonat, amonyum sülfat vb.

3.4.3. Dünyada Jeotermal Enerji Sektörü

Dünyada yüksek ısı akışına sahip olan jeotermal kuşaklar, jeolojik özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Isı yüksekliği gibi potansiyelinin de fazla olduğu bazı ülkeler aşağıda sıralanmaktadır (www.pubs.usgs.gov; http://habitatdernegi.org);

❖ Atlantik Ortası Sırtı (İzlanda)

❖ Afrika Rift Vadisi (Özellikle Kenya ve Etiyopya)

❖ Pasifik Ateş Çemberi (Ring of Fire) olarak bilinen Yeni Zelanda, Endonezya, Filipinler, Japonya, Rusya, Kanada, ABD, Meksika, El Salvador, Kolombiya, Şili vb. ülkelerin bulunduğu volkanik plaka sınırları ve dalma-batma zonları

❖ Alp-Himalaya Kuşağı boyunca (Çin, Hindistan, İran, Türkiye, Yunanistan, Makedonya, Bosna Hersek, Sırbistan, Hırvatistan, Slovenya, İtalya, İsviçre, Fransa, İspanya, Cezayir, Fas, Tunus, vb.) genç orojenik kuşaklar

❖ Hawaii vb. ülkelerin olduğu sıcak noktalar (hot-spot)

3.4.3.1. Dünyada Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

Dünyada 2010-2015 arasındaki 5 yıllık dönemde yüzde 16 (1,7 GW) artış gerçekleştirilerek, 2015 yılı kurulu kapasite 12.635 MW'a, üretilen elektrik enerjisi ise 73.549 GWh'a ulaşmıştır.

Tablo-22 Dünyada Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretiminin Bölgesel Dağılımı

Bölge	Kapasite (GW)	Üretim (GWh)
Amerika	5.089	26.353
Asya Pasifik	4.812	29.517
Avrupa	2.133	14.821
Afrika	601	2.858
Toplam	**12.635**	**73.549**

Kaynak: Bertani, R. (2015), "Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-19.

❖ **Amerika:** ABD, 3.450 MW jeotermal enerji santrali kurulu kapasitesi ile yılda 16.600 KWh elektrik üretimi gerçekleştirmekte ve toplam elektrik üretiminin yüzde 0,48'ini karşılamaktadır. California, 2.719 MW kurulu güç ve yılda 13.023 GW elektrik üretimi ile ülkenin en önemli eyaletidir. ABD'nin en büyük iki üreticisi olan The Geysers (1.584 MW) ve Imperial Valley – Salton Sea (388 MW)'nin de aralarında bulunduğu 8 jeotermal santrale ev sahipliği yapmaktadır. Nevada, jeotermal enerji üretiminde ikinci önemli eyalettir ve 576 MW toplam güce sahip 24 jeotermal tesisi ile yılda 3.500 KWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Ülkenin jeotermal enerji üretimi gerçekleştiren Utah (73 MW), Hawaii (38 MW), Oregon (24 MW), Idaho (16 MW), New Mexico (4 MW), Alaska (0,7 MW) ve Wyoming (0,2 MW) eyaletlerinin toplam üretimi 155,9 GW'tır (Boyd, Sifford ve Lund, 2015: 3-4).

Meksika, 1.017 MW kurulu kapasite ve yılda 6.071 GWh elektrik üretimiyle ülkenin toplam kurulu gücünün yüzde 2,4'ünü temsil etmektedir. Ülkede 1.017 MW jeotermal kapasiteyi oluşturan Cerro Prieto (720 MW), Los Azufres (194 MW), Los Humeros (94 MW) ve Las Tres Virgenas (10 MW) enerji santralleridir (Gutiérrez-Negrín vd. 2015: 2).

Costa Rica, Mirevelles (164MW) ve Las Pailas (43MW) jeotermal alanlarıyla 207 MW toplam kapasiteye sahiptir. Yılda üretilen 1.511 GWh elektrik ile ülkenin toplam üretimin yüzde 15'ini karşılamaktadır (Sánchez-Rivera ve Vallejos-Ruíz, 2015: 1). El Salvador, Berlin (109 MW) ve Ahuachapáin (95 MW) jeotermal üretim santralleriyle toplamda 204 MW kapasiteye sahiptir ve yılda 1.442 GWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (Herrera vd. 2010: 1).

❖ **Asya Pasifik:** Filipinler, işletmede olan 8 jeotermal santral ile (Fronda vd. 2015: 4) toplamda 1.870 MW kapasiteye sahiptir. Yılda 9.646 GWh elektrik üretimi gerçekleştiren santraller, ülke tüketiminin yüzde 14'ünü karşılamaktadır (Bertani, 2015: 9) Endonezya, 1.340 kurulu güçteki 10 jeotermal alanı ile yılda 9.600 GWh elektrik üretmektedir. (Darma vd, 2010: 4) Yeni Zelanda, 8 jeotermal santralin oluşturduğu 1.000 MW kurulu güç ile yılda 7.000 GWh elektrik üretimi

gerçekleştirmekte ve ulusal elektrik üretiminin yüzde 16'sını karşılamaktadır (Carey vd., 2015: 1). Japonya'da 24 jeotermal enerji santrali bulunmasına karşın, 7 tesis düşük kurulu güce sahip olmaları nedeniyle elektrik üretimi gerçekleştirememektedir. 24 santralin toplam kapasitesi 518 MW, 17 santralin ürettiği elektrik ise yılda 2.689 GWh'tır (Yasukawa ve Sasada, 2015: 3).

❖ **Avrupa:** Toskana'da bulunan Larderallo (595 MW), Travele (200 MW) ve Mount Amiata (121 MW) santralleri, İtalya'nın jeotermal kurulu gücünü oluşturarak yılda 5.660 GWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (Razzano ve Cei, 2015: 4-5). İzlanda, sahip olduğu 7 jeotermal santral ile 665 MW kurulu güce sahiptir. Yılda 5.245 GWh elektrik üretimiyle, ülkenin elektrik ihtiyacının yüzde 29'unu karşılamaktadır (Ragnarsson, 2015: 6). Rusya'nın doğusunda yer alan Kamchatka-Kuril bölgesi volkanik faaliyetler nedeniyle yüksek potansiyele sahiptir (2.000 MW). Ülkede faaliyet gösteren, toplamda 82 MW kurulu güce sahip 5 jeotermal enerji santrali bu bölgede yer almakta ve yılda 440 GWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (Svalova ve Povarov, 2015: 3-4).

❖ **Afrika:** Kenya, 13 üniteden oluşan Olkaria (566,5 MW), Oserian (4 MW) ve pilot tesis Eburro (2,5 MW) ile yılda 2.169 GWh elektrik üretimi gerçekleştirirken (Omenda ve Simuyu, 2015: 9), Etiyopya 7,3 MW kapasitesi ile 10 GWh elektrik üretmektedir (Bertani, 2015: 7).

Bölgelerde kullanılan jeotermal enerji santral tiplerinin dağılımı kaynak sıcaklığına göre farklılık göstermekle birlikte, ağırlıklı olarak single ve double flash tip santrallerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Tablo-23 Dünyada Kullanılan Jeotermal Enerji Santrali Tiplerinin Dağılımı

Santral Tipi	Amerika	Asya Pasifik	Avrupa	Afrika	Toplam
Kuru Buhar	1.584	484	795	-	**2.863**
Atmosferik Egzozlu	90	44	-	48	**181**
Single Flash	968	2.773	796	543	**5.079**
Double Flash	1.391	881	273	-	**2.544**
Multi Flash (Üçlü)	50	132	-	-	**182**
Binary	1.008	502	135	11	**1.790**
Hibrit	2	-	-	-	**2**
Toplam	**5.092**	**4.814**	**2.133**	**602**	**12.640**

Kaynak: Bertani, R. (2015), "Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-19.

3.4.3.2. Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Dünyada jeotermal enerji doğrudan kullanımda toplam kurulu kapasite 70.329 MWt ve yıllık kullanım 587.786 TJ'e ulaşmıştır. Avrupa'da (BDT dâhil) 37 ülkede jeotermal enerji doğrudan kullanılırken, Asya Pasifik yılda yüzde 45,3 TJ kullanım oranıyla en yüksek kaynak kullanımının gerçekleştiği bölgedir.

Tablo-24 Dünyada Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımında Bölgesel Dağılımı

Bölge	Ülke Sayısı	MWt (%)	TJ/yıl (%)
Avrupa	37	35,6	37,5
Asya Pasifik	21	36,5	45,3
Amerika	16	27,7	16,9
Afrika	8	0,2	1,5

Kaynak: Lund, J., W. ve T., L., Boyd (2015), "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-31

Not: BDT ülkeleri dâhil (Ermenistan, Beyaz Rusya, Gürcistan, Rusya, Ukrayna)

Direkt kullanım (ısı pompası dâhil) toplam kapasitede Çin (17.870 MWt), ABD (17.415 MWt), İsveç (5.600 MWt), Türkiye (2.886 MWt) ve Almanya (2.849 MWt) dünya toplamının yüzde 65,8'ini temsil ederken, jeotermal enerji kullanımında (ısı pompası dâhil) Çin (174.632 TJ), ABD (75.862 TJ), İsveç (51.920 TJ), Türkiye (45.126 TJ) ve Japonya (26.130 TJ) dünya toplamının yüzde 63,6'sını oluşturmaktadır.

Tablo-25 Dünyada Jeotermal Enerjinin Kullanım Şekline Göre Dağılımı

Kullanım Şekli	Kapasite (MWt)	Kullanım (TJ/yıl)
Isı Pompası	49.898	325.028
Banyo ve Yüzme	9.140	119.381
Alan Isıtma	7,556	88.222
Sera Isıtma	1.830	26.662
Su Ürünleri Isıtma	695	11.958
Endüstriyel Kullanım	610	10.453
Soğutma ve Kar Eritme	360	2.600

Tarımsal Kurutma	161	2.030
Diğer	79	1.452

Kaynak: Lund, J., W. ve T., L., Boyd (2015), "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-31.

❖ **Jeotermal Isı Pompası:** Toprak kaynaklı ısı pompaları dünya genelinde yüzde 70,95 kurulu kapasite ve yüzde 55,30 enerji kullanımıyla en büyük paya sahiptir. ABD (16.800 MWt), Çin (11.781 MWt) ve İsveç (5.600 MWt) en yüksek kurulu kapasiteye sahip üç ülkedir.

ABD, 16.800 MW kurulu kapasite ve 66.670 TJ yıllık enerji kullanımı ile jeotermal ısı pompası uygulamalarında dünyanın lider ülkesidir. Ülkede kurulu olan yaklaşık 1,4 milyon ısı pompası ünitesinin yüzde 60'ı konutlarda kullanılırken, yüzde 40'ı ise ticari ve kamu binalarının ısıtılması amaçlı kullanılmaktadır. Ülkede son beş yıl içerisinde Boise State Üniversitesi'nin 60.000 m^2'lik yeni alanı, Oregon'da 5 okul, yerel hastane, sağlık tesisi ve Lakeview şehrinin merkezi ısıtması jeotermal ısı ile sağlanırken, 455 KW'lık üniteye sahip Bally State Üniversitesi'nin de yapımı devam etmektedir (Boyd, Sifford ve Lund 2015: 6).

Çin, 11.781 MWt kapasitesi ve yılda 100.311 TJ enerji kullanımı ile dünyanın lider ikinci ülkesidir. Ülkede ilk 1995 yılında New Henderson binasında uygulanan sistem, bugün 330 milyon m^2 kullanım alanına ulaşmıştır. Jeotermal ısı pompası uygulamalarının yüzde 22,48'i Shenyang, yüzde 15'i ise Pekin'de kuruludur (Zheng vd., 2015: 5).

Kurulu jeotermal toplam kapasitesi 5.600 MWt olan toprak kaynaklı 500 bin üniteli 6 tesis, 51.920 TJ ısı üretimi ile İsveç'in ısıtma ve sıcak su ihtiyacının yüzde 20'sini karşılamaktadır. 1984 yılında faaliyetine başlayan 48 GW kurulu güce sahip 2 üniteli jeotermal ısı pompası tesisi, yıllık 200 GWh ısı üretimi ile ülkenin en büyük en eski tesisidir. Günümüze kadar kurulu gücünü arttırma çalışmalarına devam eden ülkede son 5 yılda gücü 5-10 KW arasında değişen toprak kaynaklı 25.000 ek ünite kurulmuştur (Gehlin vd., 2015: 1-6).

❖ **Banyo ve Yüzme:** Hemen hemen her ülkede kaplıca ve tatil köylerinde jeotermal su ile ısıtılan havuzlar bulunmakla birlikte, dünya genelinde en yüksek

kapasite ve kullanıma sahip olan ülkeler Çin, Japonya, Türkiye, Brezilya ve Meksika'dır. Japonya'da Onses adı verilen kaplıcalar, doğrudan kullanımın yüzde 87'sini oluştururken (Yasukawa ve Sasada, 2015: 4), Çin'de direkt kullanım kapasitesinin yüzde 14'ü, enerji kullanımının ise yüzde 18'i banyo ve yüzme amaçlıdır. Ülkede kaplıca banyoları tıbbi tedavi için uzun zamandır kullanılmaktadır. Batı Yunnan kaplıcalarında jeotermal su ve buhar ile geleneksel tedavi yöntemleri kullanılırken, zengin turistlere hitap eden farklı tesisler ile de turizm gelirlerinde ciddi artışlar gerçekleştirmişlerdir (Zheng vd., 2015: 4).

❖ **Alan Isıtma:** Dünya geneli alan ısıtma uygulamalarında 2010 yılına göre yüzde 44 artış gerçekleşerek toplam kurulu güç 7.556 MWt'a, yıllık kullanım ise 88.222 TJ'a yükselmiştir. Yıllık enerji kullanımının büyük bölümü merkezi ısıtma amaçlı kullanılmakta ve dünyada ısıtma lideri ülkeler arasında Çin, İzlanda, Türkiye ve Fransa bulunmaktadır.

Çoğu jeotermal kaynak kullanan ülkelerden farklı olarak İzlanda'da doğrudan kullanım yaygındır ve ağırlıklı olarak alan ısıtmada kullanılmaktadır. 1908 yılında çiftlik evi ısıtmasıyla başlayan uygulama, 1930 yılında boru sistemlerinin döşenmesiyle yaygınlığı artmaya başlamıştır. yüzde 43 olan kullanım oranı, 1970 yılındaki petrol krizinde uygulanan devlet politikalarıyla yüzde 90'a ulaşmıştır. İzlanda bugün 1.515 MWt kurulu kapasite ve 29.400 TJ yıllık kullanımıyla dünyanın önde gelen ülkeleri arasındadır (Ragnarsson, 2015: 2-3).

❖ **Sera Isıtma:** Sera ısıtmada kullanılan jeotermal enerjinin dünya genelinde kurulu kapasitesi yüzde 19 artarak 1.830 MWt'e, yıllık kullanımı ise yüzde 16 artarak 26.662 TJ'a, ulaşmıştır. Ortalama 1 hektar seranın 20 TJ/yıl enerji gereksinimi olduğu göz önüne alındığında dünya genelinde 1.333 hektar sera alanına denk gelmektedir. Seralarda ağırlıklı olarak sebze ve çiçek yetiştirilmesine karşın, ABD'de ağaç fidanları, İzlanda'da ise muz yetiştirilmektedir. Sera ısıtmada öncü ülkeler arasında Türkiye (612 MWt), Macaristan (271 MWt), Rusya (160 MWt), Çin (154 MWt) ve Hollanda (100 MWt) yer almaktadır (Lund ve Boyd, 2015: 7).

❖ **Su Ürünleri Havuzu Isıtma:** Jeotermal enerjinin su ürünlerinde kurulu kapasitesi içinde yüzde 6,7 ve enerji kullanımında yüzde 2,7 artarak, kurulu kapasite 695 MWt, yıllık enerji kullanımı ise 11.958 TJ'a ulaşmıştır. ABD, Çin, İzlanda, İtalya

ve İsrail su ürünleri yetiştirmede jeotermal enerjiyi yoğun kullanan öncü ülkeler arasındadır. Termal sular yaygın olarak tilapia, somon ve alabalık yetiştirilmesinde kullanılırken, ıstakoz, karides ve timsah çiftliklerinde de kullanılmaktadır (Lund ve Boyd, 2015: 7).

ABD'de jeotermal enerji kullanan 11 eyalette 51 tesis bulunmaktadır. Kuzey California Kelly kaplıcalarında yılda 500 kg üzerinde tilapia balığı yetiştirilmektedir. Idaho ve Colorado'da farklı iki tür kültür balık yetiştiriciliği ve farklı amaçlara hizmet etmesi amacıyla timsah yetiştirme tesislerini arttırma projeleri bulunmaktadır (Boyd, Sifford ve Lund, 2015: 5).

❖ **Endüstriyel Kullanım:** Jeotermal kaynakların endüstriyel kullanım amacı ülkelere göre farklılık göstermektedir. Bulgaristan, Sırbistan ve ABD'de içme suyu ve gazlı içecek üretiminde, Romanya ve Yeni Zelanda'da süt pastörizasyonunda, Sırbistan ve Slovenya'da deri sanayisinde, Bulgaristan, Polonya ve Rusya'da kimyasal ayrıştırmada, İzlanda ve Türkiye'de likit CO_2 üretiminde, Yeni Zelanda'da kağıt hamuru ve kağıt işlemede, Vietnam'da iyot ve tuz çıkarmada, İtalya'da ise borat ve borik asit üretiminde kullanılmaktadır (Lund ve Boyd, 2015: 7).

❖ **Soğutma ve Kar Eritme:** İzlanda, ABD, Japonya, düşük ölçekte Polonya ve Slovenya'da kaldırım karlarını eritme amaçlı jeotermal kaynaktan faydalanılmaktadır. Dünyada yaklaşık 2,5 milyon m^2 kaldırımda kullanılan kar eritme sistemlerinin yüzde 74'ü İzlanda'da bulunmaktadır (Lund ve Boyd, 2015: 7).

İzlanda'da jeotermal su kaldırım karlarını eritme ve kaldırım ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Günümüzde giderek artan eritme sistemlerinin toplam alanı, ülkede yaklaşık 1.200 bin m^2'ye ulaşmıştır. Reyjavik şehir merkezinde kaldırım ve yolların altına kurulmuş kar eritme sistemi 70 bin m^2 bir alanı kaplamaktadır. Gerekli enerjinin 2/3'ü evlerin atık sularından gelirken, geri kalanı direkt kaynaktan elde edilmektedir. Kar eritme için İzlanda'da kullanılan toplam jeotermal enerji yılda 1.900 TJ (528 GWh)'dür (Ragnarsson, 2015: 4).

ABD'de bu sistemler Oregon Teknoloji Enstitüsü ve Alaska Chena Hot Springs'de yer alan Aura buz müzesinde kullanılmaktadır. Enstitü kampüsünün kar eritme sistemi 3.753 m^2 alanda etki etmekte, Alaska'da ise kimyasal maddeyle binanın

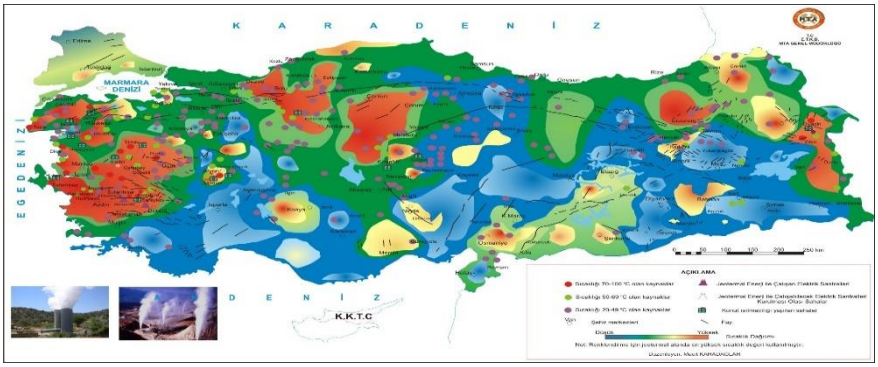
duvar ve çatısında yılda 1.000 ton buz tutması sağlanmaktadır. Yılda 10.000'den fazla ziyaretçi alan tesiste yatak, buzdan heykeller ve bar bulunmaktadır. Bugün ülkedeki toplam kapasite 2,3 MWt ve enerji kullanımı yıllık 48 TJ (13 GWh)'dür. (Boyd, Sifford ve Lund, 2015: 6).

❖ **Tarımsal Kurutma:** Dünya genelinde tahıl, sebze, meyve ve çeşitli bitkileri kurutma amacıyla jeotermal enerjiden faydalanılmaktadır. En yüksek kullanım Çin, ABD ve Macaristan'da olmak üzere genel kurulu kapasite 161 MWt ve enerji kullanımı 2.030 TJ'dür. Ülkelere örnek verecek olursak İzlanda'da (Deniz yosunu), ABD'de (Soğan ve sarımsak), Sırbistan'da (Buğday ve diğer tahıllar), El Salvador, Guatemala ve Meksika'da (meyve), Yeni Zelanda'da (Kaba yonca-şark yoncası), Meksika, Yeni Zelanda ve Romanya'da (kereste) kurutma amaçlı kullanılmaktadır (Lund ve Boyd, 2015: 7).

3.4.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji Sektörü

Türkiye jeolojik olarak Alp-Himalaya orojenezi kuşağında yer almaktadır. Genç tektonik zamanda oluşan çok kırıklı yapısı ve geçirmiş olduğu volkanik faaliyetler sonucu genç ve diri faylar ile volkanik ve magmatik oluşumlar içerdiğinden, jeotermal kaynaklar bakımından oldukça zengin bir konumdadır (www.mta.gov.tr$_a$).

Türkiye, aktif fay ve volkanizmaya bağlı olarak yoğun jeolojik kaynak belirtileri Ege bölgesi başta olmak üzere; Kuzeybatı, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu bölgelerinde (Arslan, Darıcı ve Karahan, 2001: 24) görülmekteyken, ülkenin her yerine dağılmış, 20 ile 287ºC arasında değişen sıcaklıklarda, yaklaşık 2.000 sıcak ve mineralli su kaynakları ve ekonomik ölçekte kullanılabilen 230 jeotermal saha bulunmaktadır (MTA, 2015: 49).



Şekil-15 Türkiye'de Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası

Kaynak: Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA_b), "Enerji Haritaları", http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita, Erişim: (26.05.2016).

MTA'nın 1962 yılından bugüne, özel sektörün ise 2007 yılında yayınlanan 5686 numaralı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile jeotermal saha çalışmalarında yer almasıyla 3.100 MWt olan Türkiye mevcut jeotermal kuyular ve kaynakların toplam jeotermal kapasitesi 5.000 MWt değerine ulaşmıştır. Teorik ısı potansiyelinin 31.500 MWt (MTA, 2016: 106) olduğu varsayılsa da yapılan hesaplamalara göre olası jeotermal ısı potansiyelinin yaklaşık 60.000 MWt değerinde olduğu belirtilmektedir (Yılmazer, 2009: 11). Ülke bu potansiyeli ile dünyada 7., Avrupa'da ise 1. sırada yer almaktadır.

3.4.4.1. Türkiye'de Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi

Türkiye'nin teorik jeotermal elektrik üretim potansiyeli, devlet destekli (15 ABD cent/KWh alım garantisine göre) 2.000 MWt (16 milyar KWh/yıl) olup, muhtemel teorik potansiyeli 4.500 MWt (36 milyar KWh/yıl) olarak belirtilmektedir. Türkiye'de jeotermal elektrik santralleri baz yük santrallerdir (www.jeotermalderneği.org.tr). Mart 2016 tarihi itibariyle jeotermal enerjiden elektrik üretiminde kurulu kapasite 22 santral ile 647,95 MW'a, toplam kurulu güçteki payı ise yüzde 0,9'a ulaşmıştır (www.teias.gov.tr). Mevcut lisanslı kapasitenin inşaatı devam eden ve proje aşamasında olan santrallerle birlikte 752 MW'a ulaşması beklenmektedir (MTA, 2016: 106).

Tablo-26 Türkiye'de İşletmede Olan Jeotermal Enerji Santralleri

İl	Jeotermal Enerji Santrali	Toplam Kurulu Güç (MW)	Sıcaklık (ºC)
Aydın	Efeler JES	114.9	220-240
	Pamukören JES	67,53	188
	Galip Hoca Germecik JES	47,40	232
	Maren JES	44	170-180
	Dora 3 JES	34	165-170
	Deniz JES	24	180
	Ken-Kipaş JES	24	-
	Kerem JES	24	175
	Pamukören 2 JES	22,51	188
	Gümüşköy JES	13,20	180
	Kar-Key Umurlu JES	12	150
	Dora 2 JES	9,5	172
	Dora 1 JES	7,95	170
Denizli	Kızıldere 2 JES	80	230
	Kızıldere 1 JES	15	200
	Greeneco JES	12,80	-
	Bereket JES	6,85	140
	Tosunlar JES	3,81	-
Manisa	Alaşehir Zorlu JES	45	170
	Türkerler Alaşehir JES	24	185-190
Çanakkale	Babadere JES	8	-
	Tuzla JES	7,5	174

Kaynak: Enerji Atlası[b], "Jeotermal Enerji Santralleri", http://www.enerjiatlasi.com/jeotermal/, Erişim: (26.05.2016); Dokuz Eylül Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, "TürkiyeJeotermalElektrikÜretimiKurulu Güç", http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/tr/2014-10-28-09-06-30/turkiye-de-jeotermal-enerji/uretim/turkiye-jeotermal-elektrik-uretimi-kurulu-guc, Erişim: (26.05.2016).

Mevcut olan elektrik santralleri, jeotermal potansiyelin yüksek olduğu Ege bölgesinde büyük graben olarak ifade edilen (Büyük Menderes, Gediz, Dikili-Bergama, Küçük Menderes, Edremit grabeni) bölümde yer almaktadır (Mertoğlu, Şimşek ve Başarır, 2015: 1). Kurulu olan 22 tesisten 13 tanesi Aydın'da yer almakta ve toplam 444,99 MW ile Türkiye jeotermal kurulu gücünün yüzde 68'ini oluşturmaktadır. Üç birimden oluşan Salavatlı Dora, toplam 92 MW gücü ile Aydın'da kurulan ilk jeotermal enerji santralidir. Dört birimi işletmede oluşan Efeler JES, 114,9 MW ile Aydın'ın en büyük kompleksidir. Tamamlanmasıyla birlikte 232,3 MW'a

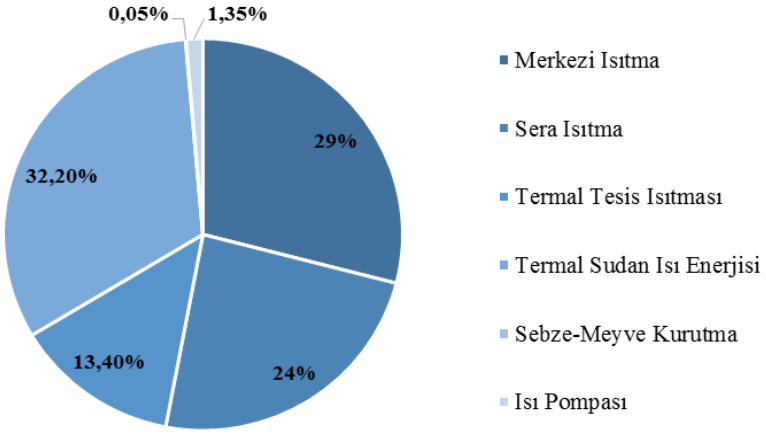
ulaşacak olan tesis, kurulu gücü ile Türkiye'nin en büyük, Avrupa'nın ise 2. büyük jeotermal enerji santrali olacaktır (www.bordoenerji.com.tr).

Denizli, işletmede olan 5 tesisi ve 118,46 MW'lık gücü ile toplam jeotermal kurulu gücünün yüzde 18'sini oluşturmaktadır. EÜAŞ tarafından yaptırılarak 1984 yılında işletmeye alınan 15 MW gücündeki pilot tesis Kızıldere-1 JES, Türkiye'nin ilk ticari jeotermal enerji santrali unvanını taşımaktadır. 2008 yılında özelleştirme kapsamında devredilen tesis, 80 MW gücündeki Kızıldere-2 ile toplam kurulu gücünü 95 MW'a yükseltmiştir (Şimşek, 2015: 9). Ayrıca yılda 120.000 ton likit CO_2 ve kuru buz üretimi gerçekleştiren fabrika ile santral entegre hale getirilmiştir (Dağıstan vd., 2015: 3). Manisa, işletmede olan 2 santral ve 69 MW kurulu güç ile Türkiye toplam kurulu gücünün yüzde 11'ini oluştururken, Çanakkale 2 santral ve 15,5 MW kurulu güç ile yüzde 3'ünü oluşturmaktadır.

Santrallerde kullanılan teknoloji akışkan sıcaklığına göre farklılık göstermektedir. Denizli Efeler JES (1 Double Flash, 3 Binary Cycle), Manisa Kızıldere 1-2 JES (1 Single Flash, 1 Double Flash+Binary Cycle) ve Denizli Galip Hoca Germencik JES (Double Flash) Flash ve karma tip tesislerken, geriye kalanlar düşük sıcaklık ve atık ısı kullanımına uygun olan Binary Cycle tipi santrallerdir. (Şimşek, 2015: 7).

3.4.4.2. Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Türkiye'de jeotermal enerjinin doğrudan kullanım amaçlı kurulu kapasitesi (ısı pompaları dâhil) 3.121.8 MWt'dir ve bu kapasite ile dünyanın en yüksek kurulu kapasitesine sahip beş ülkesi arasında yer almaktadır. Ülkedeki jeotermal kaynakların büyük bölümü ısı üretimine uygun sıcaklıkta olması nedeniyle, mevcut kaynaklar 19 yerleşim yerinde kurulu merkezi ısıtma sistemi ile 114 bin konut, 3.900 dekar sera alanı, 400'e yakın termal tesis (MTA, 2016: 106) ve diğer uygulamalar için kullanılmaktadır.



Şekil-16 Türkiye Jeotermal Enerjisi Doğrudan Kullanım Dağılımı

Kaynak:TürkiyeJeotermalDerneği,"Türkiye'deJeotermal",http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Turkiye-de-Jeotermal, Erişim: (25.05.2016).

❖ **Merkezi Isıtma:** Merkezi ısıtmada 40 ile 45ºC sıcaklığa sahip jeotermal sular, ısı pompasına gerek olmadan konut ısıtmasında kullanılabilmektedir. MTA'nın verilerine göre 2015 yılı sonunda 19 yerleşim yerinde 114.567 konutun ısıtılmasında 1.031 MWt jeotermal su kullanılmıştır.

Tablo-27 Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Merkezi Isıtmada Kullanıldığı Şehirler

İl	İlçe	Sıcaklık (ºC)	Isıtılan Konut Sayısı	İşletme
İzmir	Balçova, Narlıdere	140	35.000	Valilik+Belediye (eşit)
	Dikili	125	2.000	Belediye
	Bergama	70	450	Belediye
Balıkesir	Edremit	60	5.500	Belediye+Özel Sektör
	Gönen	80	3.400	Başlıca Belediye
	Bigadiç	96	1.500	Belediye
	Güre	55	650	Belediye
	Sındırgı	98	300/3.000	Belediye+Özel Sektör
Afyon	Sandıklı	75	11.000	Başlıca Belediye
	Merkez	95	10.000	Başlıca Valilik+Belediye
Yozgat	Sorgun	80	1.500	Belediye

	Yerköy	55-60	1.500	Valilik+Belediye+ Özel
Kütahya	Simav	125	12.000	Belediye
Manisa	Salihli	94	7.500	Belediye
Nevşehir	Kozaklı	90	3.000	Başlıca Valilik
Denizli	Sarayköy	95	2.500	Başlıca Belediye
Ankara	Kızılcahamam	70	2.500	Başlıca Belediye
Kırşehir	Merkez	57	1.900	Başlıca Valilik+Belediye
Ağrı	Diyadin	70	570	Başlıca Valilik

Kaynak: Dağıstan, H. vd. (2015), "Geothermal Explorations and Investigations by MTA in Turkey", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-8; Türkiye Jeotermal Derneği, "Türkiye'de Jeotermal", http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Turkiye-de-Jeotermal, Erişim: (25.05.2016).

❖ **Sera Isıtma:** Türkiye'de sera ısıtması, 23 sahada ve 3.931 da (dekar) alanda uygulanmaktadır (MTA, 2016: 106). Ülkenin en büyük sera uygulamalarının yapıldığı iller arasında İzmir (Dikili, Bergama, Balçova) 1.100 da (Dekar), Şanlıurfa (Karaeli) 474 da, Kütahya (Simav) 310 da, Manisa (Salihli, Urganlı) 305 da ve Denizli (Kızıldere, Tosunlar) 200 da yer almaktadır (Mertoğlu, Şimşek ve Başarır, 2015: 3).

❖ **Termal Tesisler:** Türkiye'de bugüne kadar yaklaşık 18,5 milyon yerli ve yabancı ziyaretçi sağlık amaçlı kaplıca tesislerinden faydalanmıştır. Bu nedenle termal turizm tesislerine yatırımlar son yıllarda önemli ölçüde artmakta ve yapılan yatırımlarla jeotermal enerji kaynaklarının entegre kullanımı ile 1 milyon termal yatak kapasitesine ulaşması hedeflenmektedir (Dağıştan vd. 2015: 3). Jeotermal derneğinin verilerine göre yaklaşık 400 adet kaplıca tesis, otel ve devremülklerin ısıtılmasında 420 MWt, sağlık amaçlı kullanılan termal suyun ısı enerjisi ise 1.005 MWt'a ulaşmıştır.

❖ **Sebze – Meyve Kurutma:** Tarım ürünlerini kurutma amaçlı 1.5 MWt jeotermal ısı kullanılmıştır. Türkiye'de jeotermal kaynak kullanarak sebze-meyve kurutma işlemi yapan tek yer Kırşehir'dir (Mertoğlu, Şimşek ve Başarır, 2015: 3).

❖ **Jeotermal Isı Pompası:** Türkiye'de ilk jeotermal ısı pompası sistemi 1988 yılında İstanbul'da villada uygulanmıştır. Daha sonrasında birçok mekanda uygulanarak, kullanım alanı genişlemiştir. 2015 yılı sonunda jeotermal ısı pompası kullanımı 42,8 MWt'a ulaşmıştır ve bu güne kadar sistemin ısıtma-soğutma-sıcak su amaçlı kullanıldığı başlıca mekânları sıralayacak olursak; Terracity AVM/Antalya (12 MW), Laura AVM/Antalya (2 MW), Metro Meydan AVM/ İstanbul (900 KW),

Titanic Hotel/Belek-Antalya (8 MW), For Heaven Beach Hotel/Manavgat-Antalya (1.100 MW), Önder Otel/Uzungöl-Trabzon (450 MW), Gelibolu Hotel/Çanakkale (250 KW), For Pine Beach Hotel/Antalya (120 KW), Sabiha Gökçen Havalimanı/İstanbul (1.855 KW), Leb-i Derya Konutları/Zonguldak (720 KW), Özön Plaza/İstanbul (600 KW), Karavil Çimento Fabrikası/Diyarbakır (480 KW) ANKÜ Meslek Lisesi/Ankara (180 KW) ve Karaosmanoğlu Cami/Kocaeli (64 KW) saymak mümkündür (www.dogalenerji.com.tr; Çetin ve Paksoy, 2015: 3).

3.5. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneş radyasyonunun yeryüzünü homojen ısıtmamasından kaynaklanan, aynı ya da farklı hava kütleleri arasındaki değişimden dolayı havanın bir yerden diğerine hareket etmesi olarak tanımlanmaktadır (Atalay, 2012: 77). Değişik sıcaklık dağılımlarının oluşturduğu fiziksel olaylar rüzgârı oluştururken, farklı sıcaklık dağılımına ise enlem, kara-deniz yüksekliği ve mevsimler etki etmektedir (Akınsal, 2009: 31). Meteorolojik açıdan kuvvetli ve zayıf rüzgârların oluştuğu alanları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür (www.web.itu.edu.tr):

- **Kuvvetli Rüzgâr Alanları**
  - Basınç değişiminin yüksek olduğu yerler
  - Yüksek, engebesiz tepe ve vadiler
  - Kuvvetli jeostrofik rüzgâr ve termal etkileşimlerin oluştuğu kıyı şeritleri
  - Kanal etkilerinin oluştuğu dağ dizileri, vadiler ve tepeler
  - Sürekli inici akış bölgeleri
  - Hâkim rüzgâr yönündeki paralel vadiler
- **Zayıf Rüzgâr Alanları**
  - Kısa, dar vadi ve kanyonlar
  - Hâkim rüzgâr yönündeki dik vadiler
  - Engebelerle gölgelenmiş araziler
  - Pürüzlülük uzunluğu Z_0'dan büyük olan alanlar

Topografya, rüzgârın oluşmasında çok önemli bir etkendir. Vadi ve dağ rüzgârları, kara ve deniz meltemleri, föhn rüzgârlarının oluşumu bu etkileşimden

meydana gelmektedir. Tapografyanın ayrıca pürüzlülük, perdeleme (rüzgâr kesmesi) ve orografik etkileri bulunurken, bu önemli üç durum rüzgâr üzerinde ilave bir değişim gerçekleştirmektedir.

Yer seviyesine yakın rüzgârlar fiziki engeller, ağaçlar ve bitki örtüsü nedeniyle etkilenmektedir. Bu etkilerin tanımlanabilmesi için yer yüzeyinin pürüzlülük yapısı belirlenerek, pürüzlülük uzunluğu adı verilen Z_0 parametresi kullanılmaktadır ($YEGM_k$).

Tablo-28 Pürüzlülük Sınıfları ve Uzunluğu

Pürüzlülük Sınıfları	Pürüzlülük Uzunluğu (Z_0)
Deniz, göl vb.	0,0002 m
Pürüzsüz arazi	0,005 m
Açık arazi	0,03 m
Açık engebeli	0,1 m
Engebeli	0,25 m
Çok engebeli	0,5 m
Bitişik yerleşim	1 m
Şehir merkezleri	2 m

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_k$), "Rüzgâr Enerjisi ", http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html, Erişim: (03.06.2016).

Yer yüzeyinden yaklaşık 1.000 m yükseklikte rüzgâr, yeryüzünün hemen hemen her yerinde aynı etkiyi göstermesine karşın, atmosferin düşük katmanlarında rüzgârın hızı sürtünme nedeniyle değişim göstermektedir. Yer yüzeyinde bulunan keskin engebeler, ormanlık alanlar ve büyük şehir merkezleri rüzgârın hızını oldukça düşürürken, hava alanlarının pisleri gibi beton zeminlerin bulunduğu yerlerde fazla değişim göstermemektedir. Deniz ve göl gibi su yüzeylerinin beton zeminlere kıyasla daha az pürüze sahip olmaları rüzgârın hızına düşük seviyede etki ederken, çim ya da çalılıklarla kaplı alanlar rüzgârın hızını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ağçay, 2007: 29). Orografik olarak da tepeler, sırtlar, basamaklı arazi yapısı, oluk, vadi ve yüksek platoların bulunması, rüzgârın hızında değişime neden olmaktadır (Akınsal, 2009: 31).

3.5.1 Rüzgârların Sınıflandırılması

Dünyada oluşan rüzgârları küresel ve yerel rüzgârlar olmak üzere iki bölümde incelemek mümkündür.

3.5.1.1 Küresel Rüzgâr Sistemleri

Güneşin ekvator bölgesi ile kuzey ve güney kutuplarını ısıtması arasındaki fark nedeniyle küresel rüzgârlar oluşmaktadır. Ekvatorda ısınan tropikal hava genleşip yükselerek kutuplara doğru ilerlerken, kutuplardaki soğuk hava yüzeye yakın şekilde ekvatora doğru ilerlemektedir. Dünyanın dönüş hareketinden etkilenen küresel rüzgârlar, ekvatora yaklaşırken batılı, kutuplara yaklaştıkça doğulu rüzgârlara dönüşerek büyük bir hava sirkülasyonu oluşturmaktadır (www.ruzgarci.com). Meydana gelen bu büyük rüzgâr sistemlerine kutup rüzgârlarını, alize rüzgârlarını ve batılı rüzgârları örnek vermek mümkündür.

3.5.1.2 Yerel Rüzgâr Sistemleri

Rüzgâr enerjisi uygulamalarında kullanılan yerel rüzgârlar genellikle kara-deniz etkileşimi, gündüz-gece etkileşimi, topografik yapı, kanal etkisi gibi sebeplerden oluşması nedeniyle kara ve deniz meltemleri ile vadi ve dağ rüzgârları olarak iki grupta incelemek mümkündür.

❖ **Kara ve Deniz Meltemleri:** Kara ve deniz meltemleri, kara ile denizde oluşan basınç farkı nedeniyle oluşmaktadır. Sabahtan öğleye kadar karaların ısınmasıyla alçak basınç meydana gelirken, deniz ise karaya göre daha serin olduğundan yüksek basınç durumundadır. Basınç durumuna bağlı olarak öğle saatlerinden itibaren denizden karaya doğru esen nemli ve serin rüzgâra deniz meltemi (deniz rüzgârı) denilmektedir. Gece ise karaların denizden daha serin olması nedeniyle yüksek basınç oluşur ve alçak basınç merkezinde olan deniz yüzeyine doğru esen rüzgâra kara meltemi (kara rüzgârı) denilmektedir (Atalay, 2012: 79). Kara rüzgârı deniz rüzgârına göre daha düşük şiddettedir. Deniz rüzgârı su yüzeyi alanının daha pürüzsüz olması nedeniyle sürtünmeden daha az etkilenerek daha hızlı esmektedir. Deniz rüzgârlarının nemli ve tuzlu hava taşıması denize yakın olan rüzgâr enerji santrallerinin daha kısa ömürlü olmasına sebebiyet vermektedir.

❖ **Vadi ve Dağ Meltemleri:** Vadi ve dağ meltemleri gün içerisinde oluşan sıcaklık değişimlerinden meydana gelmektedir. Gündüz ısınarak vadinin tabanından dağın yamaçlarına doğru yükselen havanın oluşturduğu rüzgârlara vadi meltemleri (vadi rüzgârları) denilmektedir. Gece ise durum tersine dönerek dağ yüzeyinde soğuyan hava, yamaçlardan vadilere doğru eserek dağ meltemleri (dağ rüzgârları) oluşmaktadır. Enerji üretimi için yetersiz olan vadi rüzgarlarında bazı durumlarda artan türbülans sırtlarda bulunan rüzgar türbinleri için önemli olabilmekteyken, dağ rüzgarları ise vadi ve geçitlere yöneldiğinde hızı daha da artmaktadır (www.cografyabilim.wordpress.com).

3.5.2. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Rüzgâr oluşumunda yeryüzündeki farklı sıcaklık dağılımları neden olurken, enlem, kara-deniz, yükseklik ve mevsimler ise sıcaklık dağılımını etkilemektedir. Okyanus ve denize kıyısı olan kara parçalarında sıcaklık farkının yüksek olması nedeniyle rüzgâr potansiyeli daha yüksektir. Kinetik enerjisi nedeniyle doğal bir potansiyele sahip olan rüzgârın enerjiye çevrilebilen kısmı teknik potansiyel olarak adlandırılırken, diğer kaynaklara göre ekonomik olarak kullanılabilen kısmına ise ekonomik potansiyel denilmektedir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmesi durumunda türbin göbek (hub) yüksekliğine göre yerin ortalama rüzgâr hızı ($YEGM_k$);

- ❖ 6.5 m/s rüzgâr hızı orta,
- ❖ 7.5 m/s rüzgâr hızı iyi,
- ❖ 8.5 m/s ve üstü çok iyi olarak değerlendirilmektedir.

Güneşten yeryüzüne ulaşan enerjinin yüzde 1'i atmosferde kinetik enerjiye dönüşmektedir. Güneş enerjisinin yeryüzüne eşit dağıldığı varsayıldığında karalarda rüzgârdan elde edilecek enerji $3.4x10^4$ W olarak hesaplanmakta ve yıllık küresel enerji tüketiminin 22 katına denk gelmektedir (www.dash.harvard.edu).

Dünyadaki rüzgâr enerji potansiyelinin 50º kuzey ve güney enlemleri arasında olan bölümde 9.000 TWh/yıl kullanılabilir rüzgâr enerjisi kapasitesinin bulunduğu ve karasal alan toplamının yüzde 27'sinin yıllık ortalama 5,1 m/s'den daha yüksek rüzgâr hızına sahip olduğu belirtilerek mevcut potansiyelden faydalanılacağı

varsayıldığında 8 MW/km^2 üretim kapasitesiyle 240 bin GW kurulu güce sahip olunacağı hesaplanmıştır (www.yildiz.edu.tr).

3.5.3. Rüzgâr Enerjisinin Kullanım Alanları

İnsanlık tarihinde ilk yararlanılan enerji kaynağı rüzgârdır. Rüzgâr enerjisi tarihin eski dönemlerinden itibaren itici güç olarak kullanılmakla birlikte, tarihte bilinen ilk rüzgâr değirmeninin M.Ö. 200 'de Babil'de, İran ve Afganistan'da ise M.S. 10. yüzyıla kadar tahıl öğütmede, M.S. 750-850 arasında ise Çin'de pirinç tarlalarının sulanması amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Doğuda yaygın olarak kullanılan düşey eksenli yel değirmenleri, haçlı seferleri ile Anadolu'dan batıya geçmiştir. Batılılar tarafından geliştirilen yel değirmenleri yatay eksenli hale getirilerek ilk kez Normandiya Krallığı'nda kullanılmıştır. Yatay eksenli ve mekanik enerji üretme amaçlı ayaklı yel değirmeni Almanya'da, kule tipi yel değirmeni Akdeniz ülkeleri ve Alaçatı'da, döner çatılı yel değirmeni Hollanda'da ve rüzgâr yönlendiricisi olan pervaneli yel değirmenleri ise 19. yüzyılın ikinci yarısında ABD'de icat edilerek kullanılmaya başlanmıştır (Şahin, 2012: 248; Özgener, 2002: 160; Atlıhan, 2006: 4).

Rüzgâr enerjisinden ilk elektrik üretimi 1890 yılında Poul la Cour tarafından Danimarka'da gerçekleşmiştir. Modern olarak iki kanatlı 1.250 KW gücünde olan ilk rüzgâr türbini ABD'de Palmer C. Putnam tarafından 1941 yılında icat edilmiştir. 1958-1980 yılları arasında Fransa başta olmak üzere Almanya, Danimarka, ABD ve Kanada'da rüzgar enerjisinden elektrik üretimi çalışmalarına ağırlık vererek günümüzde yüksek kurulu kapasiteye sahip ülkeler arasında yer almaktadırlar (Atılgan vd., 2009: 1; www.2023vizyon.org.tr).

Rüzgâr enerjisi ilk çağlardan bu yana türbinin şaft gücünden faydalanılarak su pompalama, çeşitli ürünleri kesme, öğütme sıkıştırma, yağ çıkarma gibi birçok ihtiyacını karşılamak amacıyla mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmıştır. Günümüzde ise rüzgâr enerjisinin etkin kullanım alanları kapalı, ayrılmış ve merkezi şebeke olarak üçe ayrılmaktadır.

❖ **Kapalı Şebeke (Off-Grid):** Türbin kapasitesi 50 W ile 10 KW arasında değişen küçük türbinlerdir. Bu tip sistemler çok kanatlı ve düşük rüzgâr hızında dönebilme kabiliyetleriyle rüzgâr enerjisinden verimli ve ekonomik olarak su

pompajında, akü şarj etmede, merkezden uzak ya da rüzgâr enerjisinin daha ekonomik olduğu bölgelerde su ısıtmada veya sera gibi büyük hacimli alanların ısıtılmasında kullanılabilmektedir (www.habitatdernegi.org$_a$).

❖ **Ayrılmış Şebeke (Isoled-Grid):** Türbin kapasitesi 10 ile 200 KW arasında olan elektrik şebekesinden bağımsız bu sistemler, tek başlarına olduğu gibi rüzgâr-dizel hibrit sistemleri ile de enerji üreterek yerleşim yerine uzak kırsal bölgelerde kullanılmaktadır. Bu sistemler, tarımsal amaçlı su pompalama, tarım ürünlerinin kurutulması ya da soğutulması, su arıtma, havalandırma ve küçük çapta konut elektrik ihtiyacının karşılanmasına olanak tanımaktadır (YEGM$_k$).

❖ **Merkezi Şebeke (Central-Grid):** Türbin kapasitesi 200 KW ile 2 MW arasında değişen, elektrik şebekesine bağlı bir ya da birden fazla yüksek güce sahip rüzgâr türbinin dâhil olduğu rüzgâr çiftliklerinin oluşturduğu sistemlerdir.

3.5.4. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

Rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elamanı olan rüzgâr türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini ilk olarak mekanik sonrasında ise elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Günümüzde rüzgâr türbinleri yatay eksenli, düşey eksenli ve eğik eksenli olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

❖ **Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Günümüzde en çok kullanılan yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde dönem ekseni rüzgâr yönüne paralel konumda iken, kanatlar dik konumdadır. Hidrolik veya mekanik aksamlar tarafından sağlanan ve rüzgâr türbinlerinin rüzgârı alacak biçimde dönmelerine olanak tanıyan yaw mekanizması kullanılmaktadır. Yaklaşık yüzde 45 verime sahip yatay eksenli rüzgâr türbinleri zeminden 20 ile 30 m, çevrede bulunan engellerden ise 10 m yüksekte olacak şekilde yerleştirilmelidir. Yatay eksenli türbinler karasal alanlarda kurulabildiği gibi deniz üstlerine de kurulabilmektedir. Bu tip türbinlerde rotor kanat sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Rüzgâr hızının rotor kanadı uç hızına bölünmesi kanat uç hızı (ʎ) oranını vermektedir. Buna göre (Nurbay ve Çınar, 2005: 165);

- ʎ= 1-5 Çok kanatlı rotor
- ʎ= 6-8 Üç Kanatlı Rotor
- ʎ= 9-15 İki kanatlı rotor

- 15<ʎ Tek kanatlı rotor kullanılmaktadır.

➢ **Kanat Sayısına Göre Rüzgâr Türbinleri:** Yatay eksenli rüzgâr türbinleri kanat sayısına göre rüzgâr türbinleri tek kanatlı, iki kanatlı, üç kanatlı ve çok kanatlı olmak üzere dörde ayrılmaktadır.

▪ **Tek Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Bu tip rüzgâr türbinlerinde dönme hızı ve kanat uç hızının yüksek olması nedeniyle, generatörün yarattığı moment değeri de küçük olmaktadır. Tek kanatlı rüzgâr türbinlerinde dengeyi sağlamak adına karşıt yükler kullanılsa da bu durum aerodinamik ve tasarım problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu türbinlerde kanat uç hız oranının yüksek olması diğer türbinlere göre daha gürültülü çalışmasına neden olmaktadır (Çelikdemir ve Özdemir, 2014: 2).

▪ **İki Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** İki kanatlı rüzgâr türbinlerinde motorun dengesi tek kanatlı rotora göre daha düzgündür. İki kanatlı rotorun neden olduğu dinamik hareketi engellemek adına güç gereksinimindeki artış, maliyetleri de olumsuz etkilemektedir. Üç kanatlı rüzgâr türbinlerine göre daha yüksek uç kanat hızına sahip olmaları en önemli üstünlüğüyken, gürültü seviyesinin fazla olması ve düşük rüzgâr hızlarında (3 m/s) çalıştırılmamaları olumsuz yönüdür. (Öztürk, 2008: 179).

▪ **Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Bu tip rüzgâr türbinleri, çift kanatlı türbinlere kıyasla daha düşük maliyete ve daha yüksek elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Üç kanatlı rüzgâr türbinleri 120º'lik dönüşü ile elektrik üretimi için gerekli olan torku oluşturmaktadır. Bu türbinlerin diğer türbinlere göre daha güvenli olması ise en büyük avantajıdır (www.elektrikport.com).

▪ **Çok Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Rüzgârgülü olarak da adlandırılan bu türbinler, rüzgâr türbinlerinin gelişmemiş ilk örneklerindendir. Düşük hızda çalışan çok kanatlı rüzgâr türbinleri, su pompalama ve yel değirmeni amaçlı kullanılırken, bu işlemdeki gerekli momenti karşılayabilmek için çok kanatlı üretilmiştir (Nurbay ve Çınar, 2005: 166).

➢ **Rüzgârın Geliş Yönüne Göre Rüzgâr Türbinleri:** Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde rüzgârın geliş yönüne göre rüzgârı önden alan ve rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbinleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

▪ **Rüzgârı Önden Alan Rüzgâr Türbinleri (Up-Wind):** Yıllardır yaygın olarak kullanılan yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde rotor yüzü rüzgârın geliş yönüne

yönlendirilmiş ise rüzgârı önden alan rüzgâr türbinleri olarak ifade edilmektedir. Bu tip türbinlerin en önemli avantajı kulenin neden olduğu perdeleme etkisinin olmadığı belirtilse de rüzgârın kuleye eğilerek gelmesi nedeniyle kule önünde az da olsa bir rüzgâr perdelemesi oluşmaktadır. Kule şeklinin düz ya da yuvarlak olması farketmeksizin, kanatların kule hizasından her geçişinde türbinin ürettiği güçte azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle kanatların sert bir malzemeden yapılması ve kuleden biraz uzak mesafede yerleştirilmesi gerekmektedir (Emniyetli, 2007: 26).

- **Rüzgârı Arkadan Alan Rüzgâr Türbinleri (Down-Wind):** Rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbinlerinde türbin rotorları kule arkasında bulunmaktadır. En önemli üstünlüğü yaw mekanizmasının olmayışı ve kanatlarının daha esnek özelliğe sahip olmasıdır. Bu durum ağırlık ve güç dinamiği açısından önemli bir üstünlük sağlarken, kulenin yükünü de azaltmaktadır. Sahip olunan temel üstünlük kanat kule hizasından geçtiği anda meydana gelen güç dalgalanması türbine büyük zararlar verebildiğinden, bu tip türbinler pek tercih edilmemektedir (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 6).

❖ **Düşey (Dikey) Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Düşey eksenli rüzgâr türbinlerinde dönme ekseni yere dik ve kanatları düşey şekildedir ve her yönden rüzgâr alabilme özelliğine sahiptirler. Türbinlerin üreteç ve vites kutusunun toprak seviyesine yakın yerleştirilmesi, bu tip türbinlerin kurulum aşamasını diğer türbinlere göre daha basit ve ekonomik kılmaktadır. Yaklaşık yüzde 35 verime sahip düşey eksenli türbinlerde ek mekanizmalar kütle ağırlığının artasına neden olduğundan, yüksek hızlarda verimi azalmaktadır (Mathew, 2006: 18-19). Düşey eksenli rüzgâr türbinleri Darrieus, Savonius ve H-Darrieus olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

- **Darrieus Rüzgar Türbinleri:** Adını 1931 yılında icadı gerçekleştiren mühendis George J.M. Darrius'dan alan türbinde düşey şekilde yerleştirilmiş iki ya da üç kanat bulunmaktadır. Uzun eksenli bir elips oluşturacak şekilde yerleştirilen kanatlar, içbükey ve dışbükey yüzeyler arasındaki çekme kuvveti farklı dönme hareketini oluşturmaktadır. Yüksek performansa sahip darrieus türbinler, yapısı gereği devir başına iki kat daha fazla moment üretmektedir (Durdyev, 2010: 32-33).

- **Savonius Rüzgâr Türbini:** Adını 1925 yılında icat eden Sigurt J. Savonius'dan alan türbin, iki veya üç adet kepçeye benzer kesitin birleşmesinden oluşmaktadır. En yaygın kullanımı iki kepçenin "S" biçimini oluşturduğu türbinlerdir.

Savonius türbininde akışkan içbükey kanatlar üzerinde türbülanslı bir yol izleyerek dönel akışlar meydana getirmektedir. Bu akış türbinin performansını olumsuz yönde etkilediğinden elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılmamakla birlikte genelde su pompalama ve anemometre olarak kullanılmaktadır (Kısar, 2009: 19).

➢ **H-Darrieus Rüzgâr Türbini:** Düşey eksenli en önemli rüzgâr türbinlerinden biri olan H-darrieus türbin, aerodinamik düzgün profili ve kanatlara uygulanan pitch kontrol ile darrieus türbininin geliştirilmiş daha karmaşık halidir. (Nurbay ve Çınar, 2005: 167).

❖ **Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Dönme eksenleri düşeyle, rüzgâr yönünde açı oluşturan rüzgâr türbinleridir. Eğik eksen türbinlerinin kanatları ile dönme eksenleri arasında bir açı bulunmaktadır (Elibüyük ve Üçgül, 2014: 4).

3.5.5. Rüzgâr Enerjisi Santrali Kurulacak Yerin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Kapasite şartlarını taşıyan rüzgâr santrali kurmaya aday olabilecek bir alanda göz önüne alınması gereken hususlar, RES olabilirliği ve uygulanabilirliği açısından oldukça önemlidir. Bu hususlar (YEGM$_{l}$);

- ❖ Ulaşımın kolaylığı,
- ❖ Ulusal elektrik şebekesine bağlantı kolaylığı,
- ❖ Arazinin yol ve diğer çalışmalar için düzenlenme kolaylığı,
- ❖ Arazinin eğimi (en fazla %20),
- ❖ Arazinin rakımı (en fazla 1.500 m),
- ❖ Arazinin kullanım amacı,
- ❖ Arazinin bitki örtüsü,
- ❖ Arazinin yerleşim alanlarına olan yakınlığı,
- ❖ Arazinin havaalanına olan yakınlığı,
- ❖ Arazinin askeri, sivil radar ve buna benzer birimlerine olan yakınlığı,
- ❖ Arazinin turizm bölgeleriyle olabilecek etkileşimi,
- ❖ Arazinin mülkiyeti dikkate alınmalıdır.

Ayrıca (www.yildiz.edu.tr$_{a}$);

❖ 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu gereğince milli parklar, tabiat parkları, tabiat alanları ve tabiat koruma alanlarına,

❖ 3167 sayılı Kara Avcılığı Kanunu gereğince Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen yaban hayatı koruma sahaları ve yaban hayvanı yetiştirme alanlarına,

❖ 3386 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu gereğince kültür varlıkları, sit ve koruma alanları RES kurulumuna izin verilmeyen alanlar olarak tanımlanmaktadır.

3.5.6. Dünyada Rüzgâr Enerjisi Sektörü

Dünya üzerinde rüzgâr enerji potansiyelinin en yüksek olduğu alanlar sürekli rüzgârların görüldüğü Alize, Batı ve Kutup rüzgârları kuşaklarında bulunan kıyı kesimleridir. Bu kesimlerde rüzgâr enerjisinin yüksek olduğu ülkeler şunlardır (Şahin, 2012: 249):

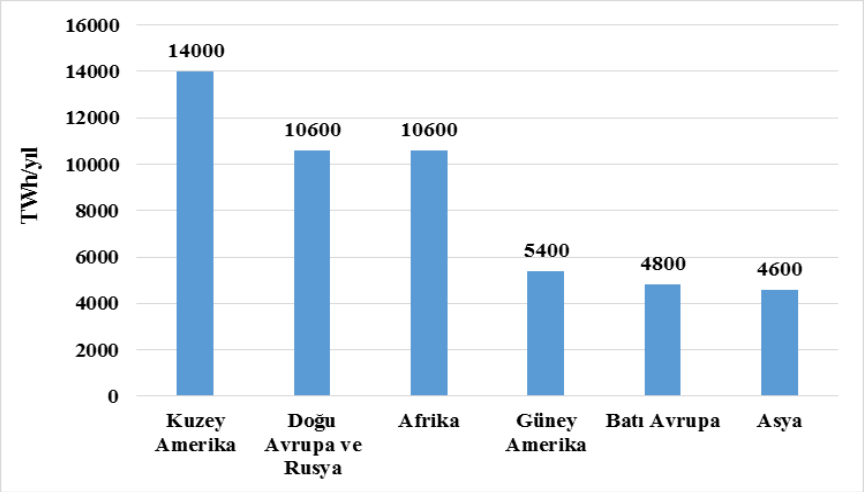
❖ **Kuzey Amerika:** ABD, Pasifik Okyanusu kıyıları ve Kanada, Kuzey Buz Denizi kıyıları

❖ **Latin Amerika:** Brezilya ve Arjantin'in Atlas Okyanusu sahil kuşağı ile Şili ve Peru'nun Pasifik kıyıları

❖ **Afrika:** Güney ve güneybatı Afrika'nın Hint Okyanusu kıyıları ile Kuzeybatı Afrika'nın Gambia, Senegal, Moritanya, Batı Sahra ve Fas kıyıları

❖ **Asya Pasifik:** Rusya Kamçatka yarımadasından Çukki Denizi'ne kadar Pasifik kıyıları, Japonya, Filipinler, Himalaya Dağları, Hint yarımadası, Avustralya Tasmanya Adası ve Yeni Zelanda.

Yapılan çalışmalara göre rüzgâr hızı 5,1 m/s üzerindeki bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlamalar sebebiyle yüzde 4'ünün kullanılacağı belirtilerek, dünya teknik potansiyeli 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır ($ETKB_{d)}$.



Şekil-17 Dünya Teknik Rüzgâr Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_k$), "Rüzgâr Enerjisi ", http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html, Erişim: (03.06.2016).

Dünya teknik potansiyelinin belirlenmesinde rüzgâr hızının 4 ile 5 m/s olduğu alanlar dikkate alınmasa da bu bölgelerde iyi seviyede rüzgâr potansiyeli bulunmaktadır. Şöyle ki Almanya'nın rüzgâr potansiyelinin yılda 90 TWh olduğu belirlenmiştir ve ciddi bir potansiyele sahip offshore bölgeleri hesaplamalara dâhil edilmemiştir (Şenel ve Koç, 2015: 48). Yapılan son çalışmalara göre 100 m yükseklikte dünyanın teknik rüzgâr enerji potansiyeli 80 TW olarak belirtilmektedir (Archer ve Jocobson, 2013: 120).

Tablo-29 2014-2015 Dünya RES Kurulu Güçleri

Bölge	2014 Kurulu Güç (MW)	2015 Kurulu Güç (MW)
Asya	141.973	175.831
Avrupa	134.251	147.771
Kuzey Amerika	77.935	88.749
Latin Amerika ve Karayipler	8.568	12.220
Pasifik	4.442	4.823
Afrika ve Orta Doğu	2.536	3.489

Kaynak: Global Wind Energy Council (GWEC) (2016), *Global Wind Report 2015*, Belçika.

Dünya'da RES yatırımları hızla artmaktadır. 2014 yılında 369.705 MW olan kurulu güç, yüzde 17oranındaki rekor bir artışla 432.883 MW'a ulaşmıştır ve mevcut kurulu güç ile üretilen 186 TWh elektrik enerjisi, dünya enerji arzının yüzde 3,3'ünü temsil etmektedir. Bölgesel olarak yeni kapasite yatırımları en fazla Asya bölgesinde, ülke olarak ise Çin'de gerçekleşmiştir.



Şekil-18 Başlıca Ülkelerin 2015 RES Kurulu Güçleri

Kaynak: Belarusian Web Portal on Renewable Energy, "Wind Energy Overview", http://re.energybel.by/en/renewable-energy-technologies/wind/, Erişim: (06.06.2016)

Asya: Çin, 30.75 GW yeni kapasite ve yüzde 22 yıllık pazar büyümesi ile küresel rüzgâr pazarının lider ülkesidir. 2015 yılında 153,4 GW'a ulaşan rüzgâr enerjisi ile 186,3 TWh elektrik üretimi ülke enerji arzının yüzde 3,3'ünü temsil etmektedir. Offshore rüzgâr gücünü ise bir önceki yıla oranla yüzde 57,2 arttırarak 1.014 MW'a çıkarmıştır. Rüzgâr çiftlikleri İç Moğalistan (25,6 GW), Xinjiang (16,2 GW), Gansu (12,6 GW), Hebei (11 GW) ve Shandong (9,5 GW) şehirlerinde yoğunlaşarak, genel kapasitesinin yüzde 52'sini oluşturmaktadır (GWEC, 2016: 32)

Hindistan küresel rüzgâr pazarının beşinci büyük ülkesidir. 2.623 MW yeni kapasite eklemesiyle 25.088 MW ulaşan kurulu güç, küresel kapasitenin yüzde 5,8'ini temsil etmektedir. 2015 yılında yapılan rüzgâr çiftliklerinin büyük bölümü Madhya Pradesh, Maharashtra ve Andhra Pradesh'te inşa edilmiştir (GWEC, 2016: 54).

Japonya 245 MW yeni yatırımla kurulu kapasitesini 3.038 MW'a ulaştırarak, ülke elektrik arzının yüzde 0,5'ini karşılamaktadır. Güney Kore'nin ulusal kalkınma öncelikleri arasında yeşil büyüme olsa da rüzgâr enerjisi hala nispeten küçük bir enerji üretim teknolojisiyle 255 MW yeni kapasite ekleyerek toplam kapasitesini 835 MW'a çıkarmıştır (GWEC, 2016: 10).

❖ **Avrupa:** Avrupa'da yeni eklenen 13.805 MW kapasitenin 12.800 MW'ı, 148 GW toplam kurulu kapasitenin ise 142 GW'ı AB ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. AB toplam kurulu gücünün 131 GW kara, 11 GW'ı ise offshore santrallerdir. Bölgede yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların yüzde 44'ünü RES'ler oluşturmaktadır. Rüzgâr enerjisi 2015 yılı sonunda yüzde 15,6 pay ile AB elektrik üretiminde en büyük üçüncü enerji kaynağı olarak hidroelektriği geçmiştir. Bölgede Almanya (44,9 GW) ile en yüksek kurulu kapasiteye sahip ülke konumundayken, ardından İspanya (23 GW), İngiltere (13,6 GW), Fransa (10 GW) ve İtalya (9 GW) gelmektedir. İsveç, Danimarka, Polonya ve Portekiz'in toplam kurulu gücü ise yaklaşık 5 GW seviyesindedir.

AB'inde offshore rüzgar türbinlerinde 5.067 MW kurulu güç ile İngiltere bölgenin yüzde 46'sını temsil etmektedir. Almanya 3.295 MW ile (%29,9) ikinci sırada yer alırken, ardından 1.271 MW (%11,5) ile Danimarka, 712 MW (%6,5) ile Belçika, 427 MW (%3,9) ile Hollanda ve 202 MW (%1,8) ile İsveç gelmektedir. Finlandiya, İrlanda, İspanya, Norveç ve Portekiz'de kurulu küçük ölçekli santrallerin ise toplam kurulu gücü 60 MW'tır.

Almanya 2,2 GW offshore tesisler de dâhil olmak üzere 6.013 MW yeni yatırım gerçekleştirmiştir. Toplamda 44,9 GW güce sahip ülke, Çin ve ABD'den sonra dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Yılda ürettiği 78 TWh elektrik ile 20 milyon hanenin yani ülke enerji arzının yüzde 12'sini karşılamaktadır. Almanya ve İspanya'dan sonra rüzgâr enerjisinde üçüncü sırada gelen İngiltere, 8,5 GW kara ve 5,1 GW offshore olmak üzere toplamda 13,6 GW kapasitesiyle ülke enerji arzının yüzde 11'ini karşılamaktadır. (GWEC, 2016: 13-15).

❖ **Kuzey Amerika:** ABD, 2015 yılı kurulu kapasitesi ve yeni yatırımlarıyla Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. 4.000 adet yeni türbinle 8.598 MW yeni

kapasite ekleyen ülke, toplam kurulu gücünü 74.471 MW'a çıkarmıştır. Yıllık kapasite eklemeleri açısından Teksas (3.615 MW), Oklahoma (1.402 MW), Kansas (799 MW), Lowa (524 MW) ve Colorado (399 MW) en yüksek yatırımların gerçekleştiği eyaletlerdir (GWEC, 2016: 10).

Rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik, ülkenin tüketiminin yüzde 4,7'sini karşılamaktadır. Yoğun olarak, üretimin yüzde 25'i Güney Dakota ve Lowa'da, yüzde 10,6'sı Teksas'da kullanılmaktadır (AWEA, 2015: 5). ABD'de son 5 yılda yapılan yeni yatırımların yüzde 31'ini RES'ler oluşturmaktadır. Şu anda 22 eyalette yapımı devam eden 72 proje ile 9,4 GW yeni kapasite ekleneceği belirtilmektedir. Ayrıca ülkede Amazon, General Motors, Google, Microsoft, Procter&Gamle, Walmart ve Yahoo temiz enerji sağlamak adına istikarlı bir şekilde rüzgâr enerjisine yönelen başlıca şirketlerdendir (GWEC, 2016: 72).

Kanada, 2015 yılında Ontario (871 MW), Quebec (397 MW), Nova Scotia (185,5 MW), Alberta (29,2 MW) ve Saskatchewan (23 MW)'da işletmeye alınan 36 tesisle 1.506 MW kapasite artışı gerçekleştirmiştir. Kanada bu yıl kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesini 11.106 MW'a ulaştırarak ülke elektrik ihtiyacının yüzde 5'ini yani yaklaşık 3 milyon evin enerji tedariğini sağlamıştır (GWEC, 2016: 30).

Meksika 2015 yılında ülkenin elektrik şebekesine yeni eklediği 714 MW ile toplam kurulu gücünü 3.073 MW'a ulaştırarak, ülke elektrik ihtiyacının yüzde 3,22'sini karşılamaktadır. Ülkede bulunan 37 rüzgâr çiftliği ağırlıklı olarak Oaxaca, Baja California, Chiapas, Jalisco, Tamaulipas, San Luis Potosi ve Nuevo Leon eyaletlerinde yer almaktadır (GWEC, 2016: 58).

❖ **Latin Amerika:** Latin Amerika 3.652 MW yeni kapasite ile toplamda 12,2 GW kurulu güce ulaşmıştır. Brezilya 2015 yılında gerçekleştirdiği 2.754 MW yeni kapasite eklemesiyle toplam kurulu gücünü 8.715 MW'a ulaştırarak ülke enerji arzının yüzde 3,5'ini sağlamaktadır. 2015 yılında Uruguay, 316 MW yeni tesis yatırımı gerçekleştirmiştir. Ülke 845 MW'a yükselttiği toplam kapasitesiyle ulusal elektrik ihtiyacının yüzde 19,5'ini karşılamaktadır. Şili, Arjantin, Panama, Costa Rica, Honduras ve Guatemala toplamda 1.976 MW toplam kurulu güce sahipken, Karayip

2015 yılı sonuna kadar çeşitli ada devletleri ile toplam kapasitesini 250 MW'a ulaştırmıştır (GWEC, 2016: 16).

❖ **Pasifik:** Avustralya 2015 yılında 2.062 türbine sahip 76 rüzgâr çiftliğine 380 MW yeni ekleme gerçekleştirmiştir. Toplamda 4.187 MW'a ulaşan kurulu kapasite, ülke elektrik arzının yüzde 5'ini temsil etmektedir. Samoa'da 550 KW güç ile kurulan tesis, pasifik ada ülkesinin ilk rüzgâr projesi olma unvanını taşımaktadır (GWEC, 2016: 16).

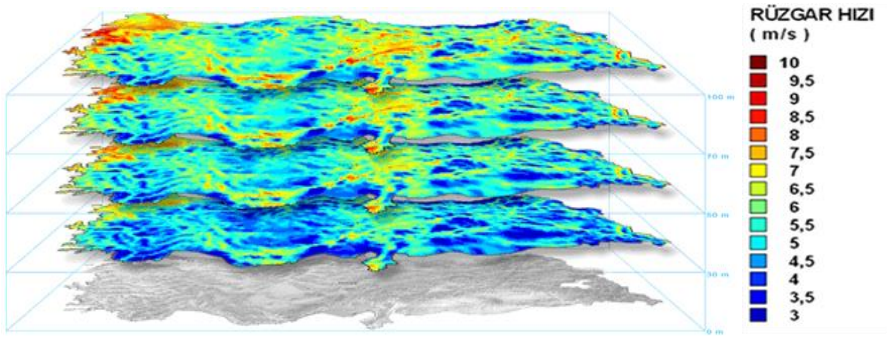
❖ **Afrika ve Orta Doğu:** Afrika ve Orta Doğu'da 953 MW yeni kurulu güç ile toplam kapasite 3.489 MW'a ulaşmıştır. 2015 yılında bölgenin toplam rüzgâr kapasitesinin yüzde 99'unu Güney Afrika (1.053 MW), Fas (787 MW), Mısır (810 MW), Tunus (245 MW), Etiyopya (324 MW), Ürdün (119 MW), İran (91 MW), Cape Verde (24 MW), Kenya (19 MW), İsrail (6.25 MW) ve Cazayir (10 MW) oluşturmaktadır. Güney Afrika yeni kapasite eklemeleriyle kurulu gücünü 1.053 MW çıkararak ülkesindeki 50 bin evin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır (GWEC, 2016: 64)

Mısır, en iyi rüzgâr enerjisini 50 m yükseklikte 10,5 m/s ortalama rüzgâr hızı ile Süveyş körfezinden almaktadır. 2015 yılında 200 MW kapasite eklemeleriyle kurulu gücünü 810 MW ulaştırarak, elektrik ihtiyacının yüzde 1'ini karşılamaktadır. Ülkede bulunan üç rüzgâr çiftliği Kızıl Deniz boyunca yer almaktadır. 545 MW kurulu güce sahip Zaafarana rüzgar çiftliği 700 türbinden, Gabal El Zayet 200 MW gücündeki 134 türbinden oluşmaktadır. 5 MW gücündeki Hurghada ise, ülkenin en eski ve en küçük rüzgâr çiftliğidir (GWEC, 2016: 38).

3.5.7. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Sektörü

Rüzgâr enerjisi açısından oldukça zengin bir ülke konumunda olan Türkiye'de rüzgâr potansiyeli Marmara, Ege ve Karadeniz kıyılarında yoğunlaşmaktadır (Document of The World Bank, 2004: 5). Coğrafi olarak değerlendirildiğinde ülkenin tüm seviyelerdeki ortalama rüzgâr hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü açısından en yüksek potansiyele sahip bölümleri kıyı ve kıyı açığı kuşakları da dâhil olmak üzere Marmara Bölgesi ve Kuzey Ege bölümüdür. Bu bölgelerdeki rüzgâr koşullarının rüzgâr enerjisi bakımından uygun oluşunun başlıca iklimsel ve meteorolojik nedeni ise, sonbahar mevsiminin sonu, kış ve ilkbahar

mevsiminin başlarında (Kasım ile Nisan arası dönem) sinoptik ölçekli orta enlem ile Akdeniz'deki siklonun neden olduğu cephesel fırtınalar ile ilkbahar sonlarında, yaz ve sonbahar başlarında (Mayıs ile Kasım arası dönem) kuzeyli dolaşımla ilintili (genellikle poyraz) sürekli ve kuvvetli rüzgârların var olmasıdır. Kıyı ve kıyı ötesi kuşakları dikkate aldığımızda, genel anlamda Batı Karadeniz, Ege ve Doğu Akdeniz Bölümleri rüzgâr enerji santrali kurulumu için uygun kabul edilebilmektedir (www.bantb.org.tr).



Şekil-19 Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA)

Kaynak: SGF Enerji Sistemleri, "Türkiye Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgâr Enerjisinin Yeri – II. Bölüm", http://www.sgfenerji.com/turkiye_elektrik_enerjisi_2.html, Erişim: (05.06.2016).

Ekonomik rüzgâr enerji santrali yatırımlarında saha seçiminde rüzgâr hızının 7 m/s'den yüksek olan bölgeler tercih edilmektedir. Haritaya bakıldığında 30 m yükseklikteki rüzgâr hızlarının ekonomik RES yatırımlarına uygun olmadığı, Marmara Bölgesi'nin batısı ve İç Anadolu'nun doğu bölümünün diğer bölümlere kıyasla daha yüksek rüzgâr hızına sahip olduğu görülmektedir.

Yüksekliğin 50 m'de olduğu seviyede rüzgâr hızları biraz daha fazladır. Çanakkale ve Balıkesir'in dâhil olduğu kısım, rüzgâr hızı açısından en güçlü alandır. Genel olarak incelendiğinde ise pek çok bölgede rüzgâr hızının 7 m/s'nin üzerinde olduğu saptanmaktadır. Yükseklik 70 m'de olduğunda ülkenin pek çok bölgesinde rüzgâr hızlarının RES kurmak için uygun olduğu anlaşılmaktadır. Yüksekliğin 100 m'de olduğu seviyede ise rüzgâr hızının özellikle Marmara Bölgesi'nde oldukça yüksek bir seviyeye geldiği görülmektedir.

Türkiye'de zeminden 50 m yükseklikte ve 7 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip alanlarda km^2 başına 5 MW gücünde RES kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller doğrultusunda rüzgâr sınıfı iyi ve sıradışı arası rüzgâr enerjisi potansiyeli 47.849 MW olarak belirlenmiştir ve bu araziler ülke toplamının yüzde 1,30'unu oluşturmaktadır. Orta ve sıradışı arasındaki rüzgâr enerji potansiyeli ise 131.756 MW'tır ve Türkiye arazi toplamının yüzde 3,57'sine denk gelmektedir ($YEGM_k$).

Tablo-30 Türkiye'nin 50 Metre Yükseklikte Rüzgâr Kapasitesi

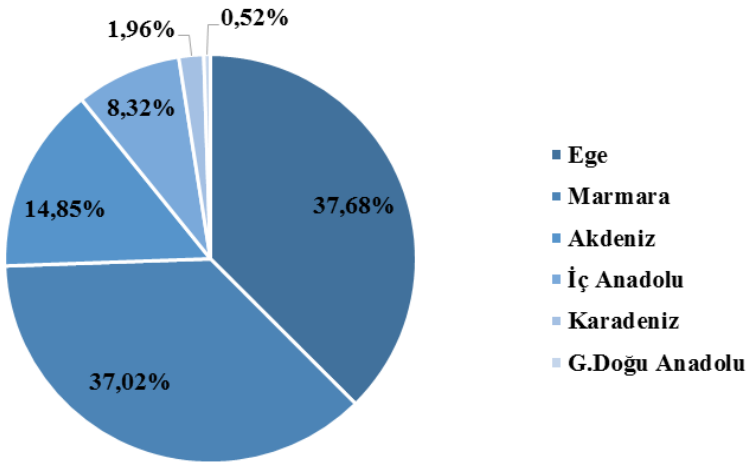
İyi ve Sıradışı Arası Rüzgâr Kapasitesi						
Rüzgâr Kaynak Derecesi	**Rüzgâr Sınıfı**	**50 m'de Rüzgâr Gücü (W/km^2)**	**50 m'de Rüzgâr Hızı (m/s)**	**Toplam Alan (km^2)**	**Rüzgâr Arazi Yüzdesi**	**Toplam Kapasite (MW)**
İyi	4	400-500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-800	8.0-9.0	1.079,98	0,15	5.339,92
Sıradışı	7	800<	9.0<	39,17	0,01	195,84
Toplam				**9.569,89**	**1,30**	**47.849,44**
Orta ve Sıradışı Arası Rüzgâr Kapasitesi						
Rüzgâr Kaynak Derecesi	**Rüzgâr Sınıfı**	**50 m'de Rüzgâr Gücü (W/km^2)**	**50 m'de Rüzgâr Hızı (m/s)**	**Toplam Alan (km^2)**	**Rüzgâr Arazi Yüzdesi**	**Toplam Kapasite (MW)**
Orta	3	300-400	6.5-7.0	16.781,39	2,27	83.906,96
İyi	4	400-500	7.0-7.5	5.851,87	0,79	29.259,36
Harika	5	500-600	7.5-8.0	2.598,86	0,35	12.994,32
Mükemmel	6	600-800	8.0-9.0	1.079,98	0,15	5.399,92
Sıradışı	7	800<	9.0<	39,17	0,01	198,84
Toplam				**26.351,28**	**3,57**	**131.756,40**

Kaynak: Malkoç, Y. (2007), "Türkiye Elektrik İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri", http://www.emo.org.tr/ekler/259d9d7a8d528f5_ek.pdf?dergi=486, Erişim: (05.06.2016).

Tablodaki toplama dâhil olan deniz alanlarını ayrı olarak değerlendirdiğimizde ise derinliği 50 m'ye kadar olan iyi ve sıradışı 10.463 MW, orta ve sıradışı arasında ise 17.393 MW potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Durdyev, 2010: 16).

Türkiye'de 1,5 MW gücünde olan ilk RES 1998 yılında Alaçatı Germiyan Köyü'nde kurulmuştur (Fina Enerji, 2013: 2). Günümüz itibariyle ise işletmede olan 137 adet rüzgâr enerji santralinin toplam kurulu gücü 4.781 bin MW'a ulaşmıştır.

İnşaat ve proje aşamasındaki santrallerin de işletmeye alınmasıyla kurulu gücün yaklaşık 7 MW'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (www.enerjiatlası.com). Kurulu güç ile ülkenin mevcut potansiyeli karşılaştırıldığında rüzgâr kapasitesinin sadece yüzde 3,62'sinin kullanıldığı görülmektedir.



Şekil-20 Türkiye RES Bölgesel Dağılımı

Kaynak: Enerji Atlası$_{c}$, "Rüzgâr Enerji Santralleri", http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/, Erişim: (05.06.2016).

Rüzgâr enerji santrallerinin bölgesel dağılımında Ege (1.801 MW) ilk sırada yer alırken, Marmara (1.770 MW), Akdeniz (710 MW), İç Anadolu (398 MW), Karadeniz (94,1 MW) ve Güneydoğu Anadolu (25 MW) ardından gelmektedir. Şehir bazında ise Balıkesir 891.5 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin lideri konumundayken, İzmir 818.27 MW, Manisa 545 MW, Hatay 355 MW ve Çanakkale 305.5 MW ile ülke toplamının yüzde 61'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de işletmede olan 122 lisanslı, 15 lisanssız 137 RES, yıllık 12.644 GWh elektrik üretimi ile ülke enerji arzının yüzde 4,86'ını karşılamaktadır.

4. BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Günümüzde ülkelerin enerji ihtiyaçlarının büyük kısmı doğal gaz, petrol, kömür gibi fosil kaynaklardan elde etmesi, çevre tahribatlarına neden olmaktadır. Fosil kaynakların kullanılmasıyla birlikte küresel çevre kirliliği ve iklim değişikliğini beraberinde getirmesi, yaşanabilir ortamın korunması adına tüm insanlığa sorumluluk yüklemektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak ulusal ve uluslararası hukuki düzenlemelerin yapılması, enerji üretim ve kaynak seçiminde çevresel etkilerin öncelikle dikkate alınması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması, enerji kullanımında verimliliğe azami özenin gösterilmesi gibi unsurlar öncelik ve ağırlık verilmesi gereken konulardandır. Bu bağlamda özellikle İklim sözleşmesi ve Kyoto Protokolü çevreye zararı azaltmak adına ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelerine hız ve yön vermektedir.

Çevre, insanların ve diğer tüm canlıların yaşamını sürdürdüğü, karşılıklı olarak etkileşim içinde bulundukları, fiziki, biyolojik, sosyal ve kültürel bir ortamdır. Daha basit anlatımla gözümüzün gördüğü her şeydir, yaşadığımız ortamdır (www.vansube.ormansu.gov.tr).

Paylaştığımız ekosistemde tüm canlılar bir etkileşim içerisindedir ve sistemin tüm canlılara eşit haklar sunabilmesi, belirli dengeler dâhilinde gerçekleşebilir. 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nda ekolojik denge *"insan ve diğer canlıların varlık ve gelişimlerinin sürdürebilmesini sağlayan şartlar"* olarak tanımlanmaktadır. 1970 yılından itibaren nüfus ve sanayileşmeye paralel olarak artan enerji kullanımı, mevcut dengenin bozulmasına ve çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir.

Çevre kirliliği tüm canlı varlıkların yaşamını etkileyen, ekosistemde meydana gelen zararlı oluşumların ekolojik dengeyi bozmasına neden olan etkilerdir. Günlük hayatımızın vazgeçilmez unsuru olan enerji, üretim, dönüşüm ve tüketim aşamalarıyla kirliliğe sebebiyet vermektedir ve özellikle endüstrileşme ile artan üretim, çevre kirliliğinde ciddi artışlar yaşanmasına neden olmaktadır. İkinci dünya savaşı sonrası tarıma dayalı ekonomiden sanayi üretimine dayalı ekonomik faaliyetlere doğru yönelim hız kazanmıştır. Türkiye'de 1960'lı yıllarda başlayan kalkınma planlarında

da ekonomik kalkınmada tarımdan sanayi üretimine geçilmesi, ekonomik olarak olumlu etki yapsa da köylerden şehirlere göçü hızlandırarak nüfusun belli bölgelerde toplanması altyapı sistemlerinin yetersiz kalmasına neden olmuştur. (Aydın, 2014: 430). Bu nedenle dünyada ve Türkiye'de yaşanan olumsuzları aza indirgemek amacıyla çalışmalar, hukuki düzenlemeler gündeme gelmiştir.

Türkiye'de 29186 sayılı Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği, 25.11.2014 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanmasıyla yürürlüğe girerek üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin çevresel etkilerini belirlemek ve çeşitli sınırlamalarla yaptırıma bağlanması nedeniyle sorunlarla mücadelede önemli yer teşkil etmektedir. Enerji sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin yönetmelik öncesinde kapladığı alan dikkate alınırken, yeni yönetmelik ile kapasite miktarına göre değerlendirilmeye başlanmıştır.

Çevre sorunlarıyla ilgili mevzuatlar oluşturmada Avrupa Birliği (AB) ile uyumlaştırma çalışmalarının önemi büyüktür. Çalışmalar arasında en önemlisi ise AB Entegre Uyum Stratejisi (UÇES)'dir. Bu uygulama önderliğinde 2007-2023 yılları arasında uygulama esnasında gereken strateji ve finansman araçları ile altyapı yatırımlarına ilişkin belgelere ek olarak, su kalitesi, atık yönetimi, hava kalitesi, endüstriyel kirlilik ve risk yönetimi, iklim değişikliği, kimyasal yönetim, gürültü yönetimi, yatay sektör ve doğa koruma sektörlerinde yapılan yatırım ve eksiklerin tespitinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve TUBİTAK-MAM (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi) arasında UÇES belgesinin güncellenmesi sözleşmesi imzalanmıştır (www.csb.gov.tr).

Kirlilik neticesinde ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının takip edilmesi amacıyla AB/29/EC sayılı direktifinin 35. maddesinde sera gazlarının izlenmesi, raporlanması ve doğrulama hükümlerinin gereği (Official Journal of the European Union, 2009: L140/63) Türkiye'de belirli kategori ve sınıflara ayırdığı tesislere uygulanan CO_2 sınırları, izleme ve emisyon hesaplamaların nasıl gerçekleşeceğini 22.07.2014 tarihli 29068 sayılı Resmi Gazete'de ilan etmiştir.

Çevre sorunlarının temelinde kontrolsüz büyüme güdüsü yer almaktadır. Hızlı büyüme isteğine hızla artan nüfusun eklenmesiyle tüketim ve talep artışı, artan

talep doğrultusunda sanayileşmenin artması ve daha fazla fosil kaynak arzına neden olmaktadır. Endüstrileşme ile birlikte gereken enerji ihtiyacının fosil kaynaklardan temin edilmesi, atmosfere yayılan zararlı gazların küresel düzeyde yaşanan çevre sorunlarını da neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre Sanayi Devrimi'nin başladığı 18.yy. ile günümüz durumu karşılaştırıldığında karbondioksit oranının yüzde 40, metan gazının ise yüzde 150 arttığı, yerkürenin ortalama 0.85ºC ısındığını ve bu ısınma 1960'dan günümüze kadar olan dönemde hızlandığı belirtilmektedir (National Geographic Türkiye, 2015: 17).

4.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Sera gazlarının atmosferde tutulması yeryüzünün normalden fazla ısınmasına ve iklimsel değişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliği küresel anlamda en büyük sorunlardan biri olarak kabul görmektedir.

Atmosfer, çeşitli gazlar buhardan oluşan yer küreyi saran bir tabakadır. Güneşten gelen ışınlar atmosferde süzülerek yeryüzüne ulaşır. Bileşiminde bulunan gazlar ısının hapsedilerek yer kürenin ısı kaybını engeller. Yeryüzünden atmosfere salınan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diozotmonoksit (N_2O), ozon (O_3), kloroflorokarbon (CFC) gibi sera gazları ısının atmosferde tutularak üst tabakalara geçmesini engeller ve sera etkisinin oluşmasına neden olur. Sera gazlarının atmosferde kalma süreleri ve etkileri farklıdır. Bu etki Küresel Isınma Potansiyeli (KIB) olarak hesaplanır. Karbondioksit, sera gazları arasında en düşük değerli ve yeryüzünden atmosfere en fazla salınımı gerçekleşendir.

Tablo-31 Sera Gazlarının KIP Değerleri ve Atmosferde Kalma Süreleri

Sera Gazları	KIP Değerleri	Atmosferde Kalma Süresi (Yıl)
Karbondioksit	1	5-200
Metan	21	12
Diazotmonoksit	310	114
Hidroflorokarbon	140-12.000	2->50.000
Perflorokarbon	140-12.000	2->50.000
Kükürthekzaflorid	23.900	3.200

Kaynak: Öztürk, H. (2008), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Ankara: Teknik Yayınevi, 1. Basım.

İlk 1824 yılında Joseph Fourier tarafından tanımlanan sera etkisi, 1861 yılında John Tyndall atmosferde birleşen su buharı ve bazı gazların sera etkisi yarattığını, 1896 da ise Svante Arrhenius sanayi devrimi ile kömür, petrol gibi fosil yakıtların kullanımı atmosferdeki sera etkisini arttıracağını öne sürmüştür (Avcıoğlu, 2011: 4). Yakın gelecekte ise mevcut ısınmanın kontrol altına alınması amacıyla uluslararası kuruluşlar birçok çalışma başlatarak önlem paketleri sunmaya başlamışlardır. En önemli olarak nitelendirilen 1992 yılında yapılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve 1997 Kyoto Protokolüdür. İki sözleşmenin de ana teması kullanım kaynaklı sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması olduğunu söylemek mümkündür.

4.1.1. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)

1992 yılında Brezilya Rio'da gerçekleşen BMİDÇS, iklim değişikliğiyle mücadele haricinde sürdürülebilir kalkınmanın önemine de vurgu yapmaktadır. 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe giren sözleşmenin temelinde (Bölgesel Çevre Merkezi, 2006: 10-11);

- ❖ İklim sisteminin eşit ve ortak sorumluluk bilincinde günümüz ve gelecek kuşaklar için korunması
- ❖ İklim değişikliğinden etkilenebilecek, gelişime devam eden ülkelerin ihtiyaç ve özel koşullarının dikkate alınması
- ❖ İklim değişikliğinden kaynaklanan zarar ve etkilerden tarafların önleyici tedbirler alması
- ❖ İklim değişikliğini önleme çalışmaları politika ve kalkınma programlarına entegre edilmesi ve tarafların sürdürülebilir kalkınmayı desteklemesi
- ❖ Tarafların sürdürülebilir büyüme, kalkınma ve iklim değişikliğiyle mücadelede işbirliği içerisinde olmaları ilkeleri yer almaktadır.

4.1.2. Kyoto Protokolü

1997 yılında Japonya Kyoto'da yapılan Taraflar Toplantısı (COP3), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin ilkelerinin çevresel sorunlarla mücadelede bağlayıcı hedefler içermesi nedeniyle BMİDÇS'ne ilişkin Kyoto Protokolü Türkiye'nin de dâhil olduğu 168 ülke tarafından imzalanmıştır. Ek-1 ülkelerinin salınımlarını 2005 yılına kadar 1990 seviyesinin en az yüzde 5 aşağısına indirmeleri kararı alınmıştır. ABD ve Çin yüksek salınım yaptıkları halde bu protokole taraf olmamışlardır. Protokolün yürürlüğe girebilmesi için Ek-1 de yer alan ülkelerin emisyon toplamının içindeki payı yüzde 55 olması gerektiğinden protokolün resmen yürürlüğe girmesi Rusya'nın taraf olmasıyla 2005 yılında gerçekleşmiştir.

Tablo-32 Ek-1 ve Ek-2 Ülkeleri

Listeler	Ülkeler	Sorumluluklar
Ek-1	**Sanayileşmiş Ülkeler:** Almanya, ABD, AB, Avusturalya, Avusturya, Belçika, Büyük Britanya ve Kuzey İrlanda Birleşik Krallığı, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan*, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İrlanda, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Liechtenstein*, Lüksemburg, Monako*, Norveç, Portekiz, Rusya Federasyonu, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan. **Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olanlar (PEGSÜ):** Beyaz Rusya*, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti*, Estonya, Macaristan, Litvanya, Polonya, Romanya, Slovakya*, Slovenya*, Ukrayna.	Emisyon Azaltımı
Ek-2	Almanya, ABD, AB, Avustralya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, İngiltere, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Lüksenburg, Kanada, Norveç, Portekiz, Yeni Zelanda, Yunanistan.	Teknoloji ve Mali Destek Sağlama

Kaynak: Intergovernmental Panel on Climate Change ($IPCC_a$), "List of Annex I, Annex II, and Annex B Countries", http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=478, Erişim: (17.02.2016).

**Not: ***Ülkeler 3. Taraflar Toplantısı'nda (COP3) 13.08.1998 tarih ve 4/CP.3 kararı uyarınca Ek-1'e geçmişlerdir.

Türkiye 1992 yılında BİDÇS sözleşmesinde EK-1 ve EK-2 ülkeleri listesinde yer almaktaydı. Başvuru neticesinde ancak 2001 yılında Fas Marakeş'de gerçekleşen

COP7'de Ek-1 ülkesi olması özel şartlar dâhilinde kabul edilmiştir (Conference of the Parties, 2002: FCCC/CP/2001/13/Add.4). 2010 yılında Meksika Cancun'da yapılan COP16 karbon emisyonunu azaltmak ve iklim değişikliğiyle mücadelede tüm ülkelerin sorumlu olacağı bir sistem için en kapsamlı ve gerçekçi maddeleri içermektedir. Bu maddeler (www.unfccc.int);

- ❖ Sıcaklık değerlerinin 2ºC ile sınırlandırılması
- ❖ Çevre dostu teknolojilerin yayılması için teknoloji mekanizması kurulması
- ❖ Gelişmekte olan ülkelere proje desteği sağlamak amacıyla Yeşil İklim Fonu kurulması
- ❖ Ek-1 de yer alan ülkelerin düşük karbonlu ulusal plan ve stratejiler geliştirmeleri olarak sıralanmaktadır.

2011 yılında Güney Afrika Durban'da gerçekleşen COP17'de Türkiye'yi ilgilendiren, iklim değişikliğiyle gerçekleşen duruma uyum, teknoloji geliştirme transferi, kapasite geliştirme ve finans alanlarında desteğin Türkiye'ye devam edeceği kararı alınmıştır (Conference of the Parties, 2012: FCCC/CP/2011/9/Add.1). UNFCCC'nin yayınladığı basın açıklamasında Polonya Varşova'da 2013 yılında gerçekleşen COP19'da taraf olan ülkelerin Paris'te yapılacak olan COP21 öncesinde mücadele kapsamında uygulamaya koydukları ulusal katkılar için hazırlıklarını başlatmaları veya yoğunlaştırmaları, planların açık ve şeffaf bir biçimde (2015 ilk çeyreğinde) bildirilmesi istenmektedir (www.unfccc.int).

2014 yılında Peru Lima'da gerçekleşen COP20, Türkiye açısından önemli bir kararla sonuçlanmıştır. Özel statü kapsamında Ek-1 ülkeleri arasında yer alan Türkiye finansal, teknoloji geliştirme ve kapasite geliştirme desteğinin en az 2020 yılına kadar verilmesi kararı alındı. Bunun haricinde Ek-2 de yer alan tarafların çok taraflı kurumlar aracılığıyla Küresel Çevre Fonu da dâhil olmak üzere ilgili hükümetler arası örgütler, uluslararası finans kuruluşlarının ileriye dönük anlaşmalara uygun; finansal, teknolojik, teknik ve kapasite geliştirmek için Ek-1 de yer alan taraflara kendi ulusal stratejilerini, iklim değişikliğine uyum ve düşük emisyonlu kalkınma stratejilerini veya planlarını gerçekleştirmede destek olunması gibi konularda anlaşmaya varılmıştır (Conference of the Parties, 2015: FCCC/CP/2014/10/Add.3).

2015 yılında Fransa Paris'de gerçekleşen COP21'de ciddi endişe yaratan küresel sıcaklık artışlarının büyük iklim değişikliklerine neden olacağı, bu nedenle tarafların küresel yıllık sera gazlarının toplam etkisinde büyük payı olan fosil kaynakların 2020 yılına kadar kısıtlaması, emisyonları düşürülüp ortalama sıcaklığın sanayi devri öncesi olan 2ºC altına, 1,5ºC civarında tutulması kararı alınmıştır (Conference of the Parties, 2016: FCCC/CP/2015/10/Add.1). Bundan önceki taraflar toplantılarında ABD küresel ısınmanın olmadığını veya insan kaynaklı gerçekleşmediğini aşırı sağcı grupların savunması nedeniyle resmi olarak taraf olmamıştır. 2015 toplantısında en yüksek sera gazı emisyon salınımına sahip ülkelerden biri olan ABD, inkar politikasından vazgeçip resmi olarak sözleşmeye taraf olmuştur (www.ipc.sabanciuniv.edu). Türkiye de mevcut salınımını yüzde 20 oranında azaltacağını, 2023 yılında bu oranın yüzde 30 olacağını beyan etmiştir.

Dünyada 1990 yılında gerçekleşen toplam CO_2 emisyon salınımı 22.5 milyar ton iken, 2014 yılında bu miktar 35.7 milyar tona ulaşmıştır. Bu verilerin gerçekleşmesinde en büyük paya sahip olan enerjinin yoğun kullanımları ve yüksek nüfusları nedeniyle ABD, AB, Çin, Hindistan, Japonya, Rusya gibi ülkelerdir.

Tablo-33 1990-2014 CO_2 Emisyonları (Milyar Ton)

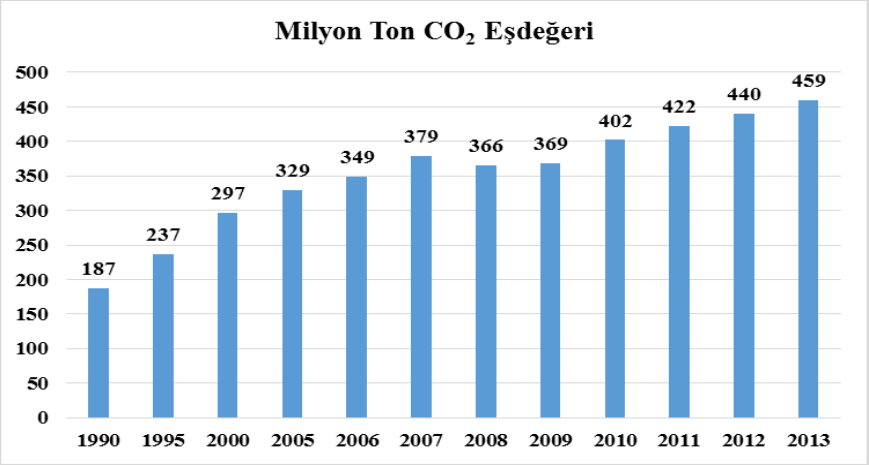
Yıl	Dünya	ABD	AB	Çin	Hindistan	Japonya	Rusya
1990	22.5	5.0	4.3	2.4	0.7	1.2	2.4
2000	25.6	5.9	4.1	3.8	1.1	1.3	1.7
2014	35.7	5.3	3.4	10.6	4.8	1.3	1.8

Kaynak: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2015), *Trends in Global CO_2 Emissions: 2015 Report.*

Tabloya baktığımızda 2014 yılında atmosfere salınan emisyonun yaklaşık yüzde 29,69'unu Çin, yüzde 14,84'ünü ABD gerçekleştirmiştir. Dünya 2013 yılı toplam CO_2 emisyonu 32.190 milyar tondur, bu artışta en büyük pay yüzde 46 kömür, yüzde 33,6 petrol ve yüzde 19,8 doğal gazındır. Bölgesel bazda yüzde 37,4 OECD, ülke olarak ise Çin en yüksek karbon emisyonuna neden olmuştur (IEA 2015: 44-45). Fosil yakıt kaynaklı CO_2 oranları yüksek olan ülkelere baktığımızda kaynak tüketimi

elektrik üretimi nedenlidir. Kaynak olarak ise Çin ve Hindistan kömür, ABD'de ise petrol ağırlıklıdır.

Türkiye'de TUİK'in 2015 haber bülteninde yayınladığı verilerine göre LULUCF hariç (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık), 2013 yılında 459,1 milyon ton olan CO_2 emisyonunda paya sahip olan sektörler yüzde 67,8 enerji kaynaklı, yüzde 15,7 endüstriyel işlemler, yüzde 10,8 ürün kullanımından kaynakladığı belirtilmiştir (TUİK, 2015/18744).



Şekil-21 Türkiye 1990-2013 Toplam Sera Gazı Emisyonları (LULUCF Hariç)

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), *Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu* 1990-2009, Yayın No: 3607, 2011; Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990 - 2010, Haber Bülteni, Sayı: 10829, 01.06.2012; Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990 - 2011, Haber Bülteni, Sayı: 13482, 12.04.2013; Sera Gazı Emisyon Envanteri 2012, Haber Bülteni, Sayı: 16174, 07.04.2014; Sera Gazı Emisyon Envanteri 2013, Haber Bülteni, Sayı: 18744, 25.05.2015.

Dünyada ve Türkiye'de kullanılan enerjinin büyük bölümü elektrik üretim tesislerinde kullanılmaktadır. IEA 2015 raporuna göre Türkiye'nin 2013 yılında tükettiği toplam enerji miktarı 116 MTEP'dir ve bu tüketimde en büyük payı fosil kaynaklar almaktadır. Emisyon oranı daha düşük olması sebebiyle üretimde ağırlıklı olarak doğal gaz tercih edilmektedir.

Tablo-34 Elektrik Üretiminden Kaynaklanan Emisyonların Yıllara Göre Dağılımı (1990-2013)

Yıllar	1990	1994	1998	2000	2004	2008	2013
Elk. Üretim Miktarı (Twh)	57	78	111	124	150	198	239
Elk. Ürt. Sera Gazı Emisyonları (mTon)	34	42	58	72	70	102	135

Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü "Elektrik Üretiminden Kaynaklanan Emisyonların Yıllara GöreDağılımı",http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fSayfalar%2f%C4%B0STAT%C4%B0ST%C4%B0K+(YILLARA+G%C3%96RE+EM%C4%B0SYON+M%C4%B0KTARLARI).pdf, Erişim: (03.01.2016); Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2013), *Türkiye Yıllık Enerji İstatistikleri Raporu,* Ankara.

Sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfusun hızla artışı mevcut kaynakların daha hızlı tükenmesine, bu tüketim artışı da kişi başına düşen emisyon oranlarının yükselmesine neden olmaktadır. 1990 yılında yaklaşık 5,3 milyar olan dünya nüfusunun 2,5 milyarını, 2014 yılında yaklaşık 7 milyar olan dünya nüfusunun 3,3 milyarını bahsi geçen Çin, Hindistan, ABD, Rusya ve Japonya oluşturmaktadır 2013 yılında yaklaşık 54 milyon olan Türkiye nüfusu da 75 milyona çıkmıştır (World Bank$_a$).

Tablo-35 1995-2013 Kişi Başı Emisyon Miktarları (Ton/Kişi)

	Dünya	ABD	Çin	Hindistan	Japonya	Türkiye	Rusya
1995	3,8	19,3	2,8	1,0	9,4	2,9	11,0
2000	3,8	20,2	2,7	1,1	9,6	3,4	10,6
2005	4,2	19,6	4,4	1,2	9,7	3,5	11,3
2010	4,4	17,5	6,2	1,6	9,1	4,1	12,2
2013	4,5	16,1	6,6	1,5	9,7	3,7	10,8

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2015), *Enerji Raporu 2014,* Ankara*:* DEK-TMK Yayın No*:* 0023/2015; International Energy Agency (IEA) (2006-2015), *Key World Energy Statistics*, Fransa; World Bank, "CO_2 Emissions (Metric Tons Per Capita)", http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC, Erişim: (15.02.2016).

Genel bilgiler ışında sonuca bakacak olursak UNEP (United Nations Environment Programme)'in 2015 yılında yayınladığı bilgilerde tarafların uyguladıkları ve uygulayacakları eylemler neticesinde bile emisyon artışı nedeniyle hedeflenen sıcaklık 2ºC'nin altında değil, 3ºC civarında olacağı yönündedir. En kötü senaryo ise 2030 yılına kadar mevcut emisyonlara karşılık gelen 4,5ºC - 6ºC aralığıdır (www.cop21.gov.fr). Bugüne kadar artan küresel sıcaklık, kutuplardaki buzulların erimesi ve deniz sularının yükselmesi, kuraklık, çölleşme, asit yağmurları, fırtına, kasırga, tayfun gibi felaketlere neden olmuştur. Dünyada 1980 ile 2011 yılları arasında iklim değişikliğinden kaynaklanan hava olayları 1 trilyon 60 milyar dolar zarara sebebiyet vermiştir (Sevim, 2015: 149). Olası kötü senaryonun gerçekleşmesi durumunda 21. yy. ve ötesinde eşi benzeri görülmemiş sıcaklıklarla karşı karşıya kalınacaktır. Eriyen buzullarla yükselen deniz seviyeleri deniz canlı türleri ile mevcut biyolojik çeşitliliğin azalmasına, kıyı erozyonu ile karaların coğrafi şekillerinin değişmesine ve daha da kötüsü sular altında kalarak yok olmasına neden olacaktır. ($IPCC_b$).

5. BÖLÜM

ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Sanayileşme, nüfus artışı, teknolojik ilerlemeler ile refah ve gelir artışları neticesinde tüketilen enerji miktarlarında artışa yol açmaktadır. Geçmişten bugüne tüm dünyada fosil kaynaklara erişim kolay olmasından dolayı, mevcut talepleri bu kaynaklardan temin etme yoluna gidilmiştir. Fakat mevcut fosil enerji kaynak rezervlerinin sınırlı oluşu, bu kaynaklara erişimi ithalat yoluyla gerçekleştiren ülke sayısının fazla olması ve yaşanan enerji krizleri büyük bir risk teşkil etmektedir.

Fosil kaynaklar hızlı ekonomik büyümeye katkısı olsa da uzun vadede sürdürülebilir olmayışları, sebep olduğu çevre kirlilikleri ve buna bağlı olarak yaşanan iklim değişiklikleri nedeniyle ülkelerin bu riskleri bertaraf etmek için mevcut kaynakları verimli kullanmaya, doğanın bizlere sunmuş olduğu enerji kaynaklarına yönelmeleri gerekmektedir. Ayrıca mevcut enerji kaynaklarının tasarruflu kullanımı ekonomik büyümeye, verimlilik arttırıcı birçok sektörün gelişmesine, yeni teknolojiler ile ülkelerin rekabet gücünü arttırmasına da olanak sağlayacaktır.

Enerji kullanımı gelişmişlik düzeyi göstergesi olarak kabul edilse de günümüzde enerji kaynaklarının tükenme yolunda olduğu düşünülürse aynı yorumu yapmak mümkün olmayacaktır. Enerji verimliliği bir birim enerjiyle daha çok iş yapma ya da daha az enerji ile aynı işi yapabilme olarak tanımlanabilir. 2007 yılında kabul edilen Enerji Verimliliği Kanunu'nda ise "*Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yer açmadan enerji tüketiminin azaltılması*" olarak ifade edilmektedir. Daha geniş bir ifade ile ısı, gaz, basınçlı hava, elektrik gibi farklı formlarda olabilen, enerji kayıplarının azaltılması, her türlü atığın geri dönüştürülmesi ve değerlendirilmesi ile tüketimin azaltılmasıdır (Kavak, 2005: 9).

Enerji verimliliği tüketimin azaltılmasında birincil faktördür. Verimlilik tüketim azaltılmasıyla mali getiri sağlarken, daha fazla hizmet talebinin karşılanmasına olanak tanır. 1990 yılından günümüze kadar yapılan verimlilik yatırımları sonucu 520 MTEP tüketim azalımı gerçekleşmiştir. Bu miktar Japonya ve

Kore'nin enerji tüketiminden daha büyüktür. 2014 yılında gerçekleşen 46 MTEP tasarruf, son 10 yılın en yüksek miktarıdır. (IEA 2015_a: 16).

Küresel anlamda yaşanan olumsuzlukları azaltmak adına her ülke verimlilik politika ve hedefleri doğrultusunda tüketim azalımı ve enerji dönüşümüne hız vererek AB 2012 Enerji Verimliliği Direktifi uyarınca üye devletler enerji tüketiminde yüzde 20 tasarruf sağlayacaklarını beyan etmişlerdir. 2020 yılına kadar AB'nin yüzde 20 enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak için her bir AB ülkesi ulusal hedeflerini belirlemiştir. Bu hedefler ülkelerin birincil veya nihai enerji tüketimlerine, birincil veya nihai enerji tasarruflarına veya enerji yoğunluklarına göre değişim gösterebileceği belirtilmiştir (www.ec.europa.eu). 2014 yılı AB zirvesinde ise AB ülkeleri 2030 yılına kadar yüzde 27 veya daha fazla enerji verimliliği hedefi üzerinde anlaşmaya varmışlardır. AB genel olarak verimliliğin arttırılması amacıyla yayınladığı tedbirlerde (www.ec.europa.eu);

- ❖ Ulusal enerji satışının yıllık yüzde 1,5 azaltılması
- ❖ Kamuya ait binaların yüzde 3 tasarruf sağlayacak şekilde tadilat edilmesi
- ❖ Binaların satışında ve kiralanmasında enerji verimliliği sertifikası zorunluluğu
- ❖ Kazanlar, ev aletleri, aydınlatma ve televizyon gibi ürünlerin asgari verimlilik standartlarına sahip olması ve etiketlenmesi
- ❖ AB ülkeleri tarafından 3 yılda bir ulusal enerji verimliliği eylem planları hazırlanması
- ❖ En az 4 yılda bir büyük işletmelerin denetlenmesi
- ❖ Tüketicilerin tarihsel enerji tüketim verilerine gerçek zamanlı ücretsiz ve kolay erişimi yer almaktadır.

Ulusal enerji verimliliği eylem planlarının uygulanması sonucu AB geneli büyük ilerleme kaydetmiş ve 2000-2013 yılları arasında yıllık yüzde 1,2 oranında toplam yüzde 15 verimlilik gerçekleştirmiştir. 2000 yılı ile 2012 yılını karşılaştırdığımızda AB bütününde enerji tasarruf toplamı 180 MTEP'e ulaşmıştır bu miktar nihai tüketimin yüzde 17'sine denk gelmektedir. 2013 yılında ise bu miktar 200 MTEP'dir. (Odyssee-Mure, 2015: 12-13)

Tablo-36 AB 2008-2012 Tüketim ve Tasarruf Miktarları

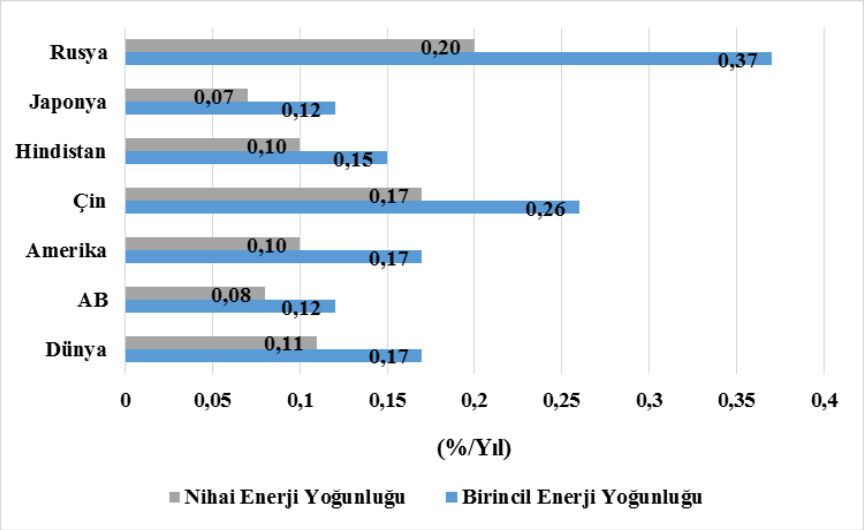
Yıl	Birincil Tüketim (MTEP)	Nihai Tüketim (MTEP)	Tasarruf (MTEP)
2008	1.686.6	1.173.3	14.0
2009	1.592.9	1.106.8	23.3
2010	1.652.5	1.157.2	34.6
2011	1.593.0	1.104.2	46.3
2012	1.584.2	1.102.4	55.4

Kaynak: Odyssee-Mure, "Energy Saving Facility" http://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-saving.html, Erişim: (14.02.2016).

AB 2013 yılı birincil enerji tüketimi 1.567 MTEP, nihai enerji tüketimi ise 1.100 MTEP olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında ulaşmayı hedefledikleri birincil tüketimde 1.483 MTEP ve nihai tüketimde 1.086 MTEP miktarlarına görüldüğü üzere çok yaklaşmışlardır. Yapılan iyileştirmelerin sonucunu sektörlere göre incelersek konutlarda yüzde 40, sanayide yüzde 32, ulaştırmada yüzde 27 oranlarında tasarruf sağlanmıştır (Odyssee-Mure, 2015: 1).

Verimliliğin gerçekleşebilmesi için enerji yoğunluğunun düşürülmesi gerekmektedir. Enerji yoğunluğu bir birim katma değer yaratmak için tüketilen enerji miktarının azaltılması anlamına gelmektedir (TMMOB, 2012: 18) ve birincil enerji tüketiminin Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya (GSYH) oranlanması sonucu çıkan yoğunluk birincil enerji yoğunluğu, nihai enerji tüketimin GSYH'ya oranlanması ise nihai enerji yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Enerji yoğunluğu 1000 Dolar milli hâsıla üretmek için tüketilen enerji TEP (ton eşdeğer petrol) miktarı olarak gösterilmekte ve enerji yoğunluğunun düşük çıkması her bir birim hâsıla üretmekte harcanan enerjinin düşük olması yani enerjinin verimli kullanıldığını işaret etmektedir.

Ülkeler ve sektörler arasında enerji verimliliği yaklaşımları farklıdır. Bunların nedeni kültürel farklılıklar, toplumsal alışkanlıklarının bulunması farklı tedbirler alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle enerji yoğunlukları karşılaştırılırken nüfus, ülke büyüklüğü, ortalama sıcaklık ve ekonomik yapıların yoğunluğu da dikkate alınması gereklidir.



Şekil-22 2000-2014 Ortalama Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu

Kaynak: World Energy Council, "Final Energy İntensity", https://www.wec-indicators.enerdata.eu/world-final-energy-intensity.html#/world-final-energy-intensity.html Erişim (15.02.2016).

Not: TEP/1000 Dolar $_{2005}$

Grafik incelendiğinde ülke tüketim oranların çok değişken olduğunu görülmektedir. Gerçekleşen tüketimin büyük bölümünü birincil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Sanayi üretiminin yoğun olduğu ülkelere enerji yoğun ekonomiler denilmektedir. Rusya, Çin, ABD ve Hindistan gibi ülkeler sanayi üretimlerinin yoğun olması nedeniyle enerji yoğun ekonomiler arasındadır. 2000-2014 eğilimlerine baktığımızda ise yıllık birincil enerji tüketiminde Rusya (%2,8), Çin (%2,5), Hindistan (%2,4) ve ABD'de (%1,9) düşüş gerçekleştirmiştir. Ülkeler ekonomik büyümede ağır sanayiye daha az bağımlı oldukları takdirde enerji yoğunluğunda daha fazla azalma kaydedebileceklerdir.

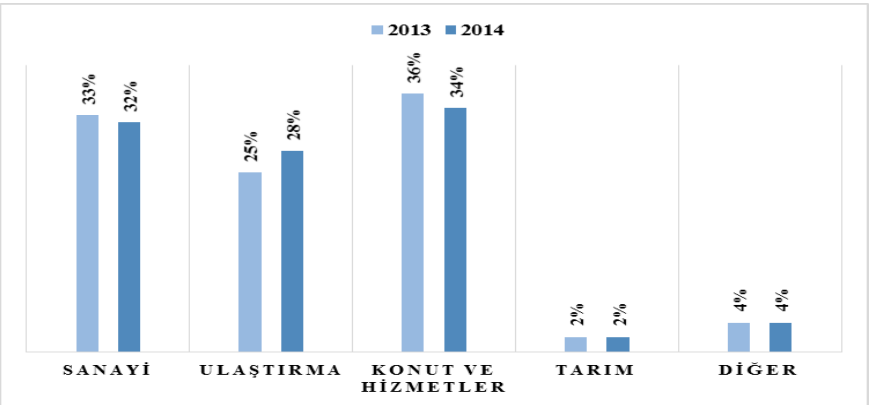
Üretim ve tüketim boyutuyla sosyo-ekonomik kalkınmanın önemli parametrelerinin başında yer alan enerji, artan nüfus ve taleplere paralel olarak enerji talebinin de hızla artması; özellikle tüketici konumundaki ülkelerin gerekli ihtiyacını ithalat yoluyla karşılaması, ekonomilerini olumsuz etkilenmektedir. Türkiye petrol, doğal gaz, kömür gibi birincil enerji kaynak rezervlerinin yetersiz ve üretim yoğun

ekonomilerden biri olması sebebiyle enerji arzının büyük bölümünü enerji ithalatı ile gerçekleştirmektedir.

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olması, ağır dış ödeme yükünün üstlenilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, güvenliğinin sağlanması, iklim değişikliği ile mücadele ve rekabet üstünlüğünün sağlanmasında enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması önem arz etmektedir. Türkiye'nin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerinin gerçekleşebilmesi için Avrupa ortalamasının üzerinde olan enerji tüketimini azaltma yoluna gitmelidir.

1990 yılında enerji ithalatında dışa bağımlılık oranı yüzde 51,9 iken bu oran 2013 yılında yüzde 73'e çıkmıştır (Türkiye Petrolleri, 2015: 36). Türkiye son dönemlerde OECD ülkeleri arasında enerji talep artışının en hızlı artış gösterdiği ülke durumundadır. Aynı şekilde 2002 den bu yana doğal gaz ve elektrik talebinde Çin'den sonra dünyanın ikinci ekonomisi konumuna gelmiştir (www.mfa.gov.tr). 2014 yılında üretilen 123,9 MTEP enerjinin 102,3 MTEP'i ithal, 31 MTEP ise yerli üretimdir.

Türkiye'nin 2000-2014 yılı enerji yoğunlukları karşılaştırıldığında birincil enerji yoğunluğu 0,12'den 0,11 TEP'e, nihai enerji yoğunluğunda 0,09'dan 0,07 TEP'e düşmüştür. 2014 yılı dünya ortalaması 0.15 TEP/1000 Dolar ve AB ortalaması 0.11 TEP/1000 Dolar olan GSYH karşılaştırıldığında Türkiye 0.11 değeriyle, 1000 Dolar GSYH üretmek için dünya ortalamasının altında enerji tüketmektedir (www.eie.gov.tr).



Şekil-23 Türkiye 2013-2014 Nihai Enerji Tüketimi

Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü "Denge Tabloları" http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari, Erişim: (10.02.2016).

Türkiye'de 2013 yılında 89,4 MTEP gerçekleşen nihai enerji tüketimi, 2014 yılında 87,1 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Sanayi sektöründe 2 MTEP, konut ve hizmet sektörlerde 3,3 MTEP tüketim azalmışken, ulaştırma sektöründe 1,5 MTEP artış olmuştur. Grafik incelendiğinde 2007 yılında çıkarılan Enerji Verimliliği Yasası ile oluşturulan altyapının işlediğini, sanayi, ulaştırma ve binalarda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik çalışmaların sonuç verdiği görülmektedir.

5.1. Sanayide Enerji Verimliliği

❖ Yakıt yakma sistemlerinin verimli kullanılarak yakıtların yakılması

❖ Isıtma, soğutma, iklimlendirme gibi sistemlerde yüksek verimin elde edilmesi

❖ Isı yalıtımlarının standartlara uygun olarak yapılması ve enerji kaybının en aza indirilmesi

❖ Atık ısının geri dönüştürülmesi

❖ İşe dönüştürülen ısının verimliliğinin yükseltilmesi

❖ Elektrik tüketiminde kayıpların azaltılması

❖ Sera gazı emisyonlarının en düşük seviyeye çekilmesi ve enerji atıklarının çevreyi en az kirletecek şekilde muhafaza edilmesi gibi önlemler sıralanmaktadır (Resmi Gazete, 2011/28097).

Sanayi üretiminde verimlilik arttırma ve enerji yoğunluğunu azaltmak amacıyla 2009 yılından beri verimlilik arttırıcı projelere devlet tarafından destek verilmektedir. Bunlar; geri ödeme süresi 5 yıldan az olan projelere yüzde 30, 3 yıl içerisinde enerji yoğunluğunu yüzde 10 oranında azaltan işletmelere de hibe destek verilmektedir. Ayrıca yıllık asgari enerji tüketimi 500 TEP olan imalat sanayi işletmelerinde birim ürün başına yüzde 20 enerji tasarrufu sağlayan ve yatırımın geri dönüşümü 5 yıl olan verimlilik arttırıcı yatırımlara 5. Bölge teşviklerinden olan KDV istisnası, Gümrük Vergisi muafiyeti, Gelir Vergisi veya Kurumlar Vergisi indirimi, sigorta primi işveren desteği, faiz desteği ve yatırım yeri tahsisi teşviklerinden işletmeler yararlanmaktadırlar (www.eigm.gov.tr; www.enver.org.tr).

5.2. Binalarda Enerji Verimliliği

Binalarda Avrupa Birliği'nin Binalarda Enerji Direktifi baz alınarak mimari tasarımda dış iklim şartlarını, ısı enerjisi kayıplarını aza indirgemek amacıyla ısı yalıtımını, iklimlendirme sistemleri ve CO_2 emisyonlarının düşürülmesi gibi hedefler ile performans arttırıcı standartlar getirilmiştir. Ayrıca binalara enerji kimlik belgesi düzenlemesi zorunluluğu getirilerek Mayıs 2017 tarihinden itibaren ev alım-satım ve kiralama işlemlerinde kimlik belgesi olması şartı geçerli olacaktır (www.bep.gov.tr; www.enerjienstitusu.com). Enerji verimliliğinde nihai kullanım alanlarında gerçekleştirilecek önlemler büyük tasarruf sağlama imkânı vermektedir. Binalarda elektrikli aletler, ısınma ve aydınlatma ürünleri kullanılmaktadır. Bunlardan yüksek verim ve tasarruf sağlamak amacıyla alınacak basit önlemler tüketimde büyük oranda düşüş olmasını sağlayacaktır.

5.3. Ulaşımda Enerji Verimliliği

Ulaşımda verimliliği arttırmak için özel araç yerine toplu ulaşım araçlarının tercih edilmesi, araçların periyodik bakımlarının zamanında yapılması, seyahatlerde gereksiz yere klima kullanılmaması, yüksek hızda araç kullanılmaması gibi basit önlemler yakıt tüketiminde büyük tasarruf sağlanmasına katkı sağlamaktadır (Aydın, 2014: 332).

OME tarafından hazırlanan Mediterranean Energy Perspectives (MEP) Turkey (2014: 3) raporuna göre Türkiye'de meydana gelen enerji talebi 2030 yılına kadar elektrik talebine bağlı olarak yüzde 42 artması öngörülmekte ve bu nedenle büyümenin hafifletilmesi amacıyla verimliliğin yüksek olduğu elektrikli aletler ile tedbirler uygulaması gerekmektedir. Ayrıca çeşitli uluslararası kuruluşların yaptıkları değerlendirmelerde Türkiye'nin tüm sektörlerinde enerji tasarruf potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır. Tahmini sanayi üretiminde yüzde 25, verimsiz binalarda ise yüzde 30'a varan tasarruf uygulandığı takdirde Türkiye'nin rekabet gücünü önemli derece arttıracağı öngörülmektedir (Dünya Bankası, 2015: 17)

6. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARINA UYGULANAN TEŞVİKLER

Türkiye'de son yıllarda yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik üretiminde değerlendirilmesi adına önemli adımlar atılmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığın yaklaşık yüzde 75 seviyesinde olması, ülkenin enerji politikalarında fosil kaynaklar kadar yenilenebilir kaynakların desteklenmemesi, tercih edilebilecek bir durum olarak gözükmemektedir (Yazar, 2010: 9-10). Bu nedenle ekonomik yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan ülkede, kaynak çeşitliliği sağlanarak doğru adımlar atılırsa Türkiye'nin gelişim göstermesi kaçınılmaz gözükmektedir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanındaki politika hedeflerini sıralayacak olursak (Aşker, 2013: 2);

- Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının arttırılması,
- Güvenli, ekonomik ve maliyeti etkin bir biçimde yenilenebilir enerji üretiminin teşvik edilmesi,
- Enerji kaynaklarında çeşitliliği arttırılması,
- Sera gazı salınımlarının azaltılması,
- Atık ürünlerin tekrar kullanıma alınmasıyla çevrenin korunması,
- İlgili mekanik ve/veya elektro-mekanik imalat sektörünün geliştirilmesini saymak mümkündür.

6.1. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji İle İlgili Mevcut Ulusal Politikası

Türkiye'de 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunu' nun (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK) 2005 yılında yürürlüğe girmesinin ardından yenilenebilir enerji alanında ilerleme kaydedilmeye başlanmıştır. Fakat ikincil mevzuatın olmaması ve nispeten düşük sabit fiyat garantisi düzeyleri nedeniyle 2005-2010 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar sınırlı düzeyde kalmıştır. Bununla birlikte, Aralık 2010'da YEK'de yapılan değişiklikler sonucunda bazı kaynaklarda daha yüksek sabit

fiyat garantisi ve çeşitli parasal ve parasal olmayan teşvikler getirilerek, enerji sektöründe önemli ölçüde canlanma sağlanmıştır. Özellikle, sabit fiyat garantilerinin revize edilmesiyle yenilenebilir enerji yatırımlar hem yurt içindeki hem de yurtdışındaki uluslararası yatırımcıların ilgisini çekmeye başlamıştır (YEGM, 2014: 11).

Yenilenebilir enerji yatırımlarında sağlanan teşvikler sabit alım garantisi ve yerli ekipman kullanımı ile sınırlı bırakılmamıştır. Mayıs 2005'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi yasası gereğince, projelerin hizmet bedellerinde muafiyet sağlanırken, enerji üretim tesisleri ve AR-GE yatırımları gibi yatırım sürecinde olan yatırımcılara çeşitli teşvikler de sağlanmaktadır. Ayrıca Türkiye'de lisanslı elektrik üretimi dışında lisanssız elektrik üretimi de mümkün hale getirilmiştir (www.herdem.av.tr).

6.1.1. 4328 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu

Elektrik Piyasası Kanunu, piyasada yer alan aktörlere yol gösterici olarak piyasa gelişmelerinin önünde yer alması gerekmektedir. Ayrıca 2001 tarihinde yürürlüğe giren Avrupa Birliği Kanunu'ndan sonra 3 kez yönerge çıkarılmış, yeni bir piyasaya yapılanmasında karar alınmıştır. Bu nedenle ülkede bazı tereddütlerin giderilmesi, yatırım ortamlarının geliştirilmesi ve çağa ayak uydurmak amacıyla 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu 30 Mart 2013 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanmasıyla yürürlüğe girmiştir (ETKB, 2013: 102).

6.1.2. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu

Kanunun yürürlüğe girmesiyle, lisans alma ve şirket kurma muafiyetiyle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin azami kurulu gücü 500 KW'tan 1 MW'a çıkarılmıştır. Ayrıca, rekabet ortamının gelişmesi ve arz güvenliğinin sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin kurulu gücü Bakanlar Kurulu kararıyla 5 kata kadar (5 MW) arttırılması kararlaştırılmıştır.

Elektrik şebekesine elektrik vermeden kendi tüketimini karşılayan bireysel yenilenebilir enerji tesislerine herhangi bir sınırlama uygulanmazken, birden fazla

binadan oluşan yenilenebilir enerji tesisleri, sisteme aynı noktadan bağlandıkları takdirde tek bir üretim tesisi olarak değerlendirilmektedir.

DSİ tarafından su kullanım hakkı ve işletme esasına ilişkin anlaşmalarla ilgili olarak hazırlanan resmi evraklar damga vergisi ve harçlardan; elektrik dağıtım şirketleri ve elektrik üretim tesislerinin özelleştirilmesi kapsamında 31.12.2023 tarihine kadar yapılacak olan devir, birleşme, bölünme, kısmi bölünme işlemleriyle ilgili olarak ortaya çıkan kazançlar Kurumlar Vergisi'nden ve vergi düzenlemeleri dâhilinde yapılacak teslim ve hizmetler KDV'den muaf tutulmaktadır.

Ayrıca 3096 sayılı Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun çerçevesinde, Fon tarafından sağlanacak olan ve şirketlerin satış tarifelerinde yansıtılmak kaydıyla, şirketlere ilave kaynak sağlanarak, Fona geri ödenmesi öngörülen kredilerin geri ödenmesinde faiz uygulanmamaktadır (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015: 80).

6.1.3. 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun

Bu kanun, yenilenebilir kaynakların korunması ve bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesini sağlayan ilk yasal dayanaktır. Bu kanunla birlikte; "*yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin arttırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıklarının değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi"* hedeflenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılarak sadece bireysel tüketim ihtiyacını karşılamak amacıyla azami 1 MW kurulu güce sahip izole elektrik üretim tesisleri ile şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden DSİ ve EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedeli alınmamaktadır.

Orman ya da Hazinenin özel mülkiyetinde veya devletin tasarrufu altında olan her türlü taşınmazın, bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından

"hidrolik (15 km^2'den az rezervuar alanına sahip ve nehir tipi hidroelektrik), rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynakları" elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanılması durumunda, bu araziler için Çevre ve Orman Bakanlığı ya da Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama, irtifak hakkı ya da kullanım izni verilmektedir. Yatırım döneminde izin, kira, irtifak hakkı ve kullanım bedellerine yüzde 50 indirim uygulanmakta ve orman arazilerinde ORKÖY ve Ağaçlandırma Özel Ödenek Gelirleri tahsil edilmemektedir.

6.1.4. 6094 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun

8 Ocak 2011 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren bu kanunla birlikte, yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik bir dizi yenilikler ve teşvikler getirilmiştir. Bu kanun dâhilinde, destek mekanizması 31 Aralık 2015 tarihinden önce işletmeye alınan tesisler için işlem görürken, (daha fazla uzatılması Bakanlar Kurulu kararına bırakılmıştır) Aralık 2013'de Bakanlar Kurulu tarafından alınan karar ile 31 Aralık 2020 tarihine kadar uzatılmıştır (YEGM, 2014: 12).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi gerçekleştiren gerçek ve tüzel yatırımcılar, ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini dağıtım şebekesine vermeleri durumunda, I sayılı cetveldeki fiyatlardan 10 yıl boyunca yararlanabileceklerdir. Ayrıca lisans sahibi olan tüzel kişilerin bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde; I sayılı cetvelde belirtilen fiyatlara üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren 5 yıl süreyle II sayılı cetvelde belirtilen fiyatlar da dâhil edilmektedir.

Hidroelektrik üretim tesisleri için su kullanım hakkı verilmesinde DSİ'den olumlu görüş alınması kaydıyla tesisin kurulacağı yerdeki il özel idareleri yetkili kılınmıştır. 31 Aralık 2020 tarihine kadar işletmeye alınacak yenilenebilir enerji üretim tesislerinden, yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerine yüzde 85 indirim uygulanmaktadır. Özel çevre koruma

bölgelerinde ilgili devlet kurumunun olumlu görüş vermesinde durumunda yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulmasına izin verilirken, 4706 sayılı Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanunu'nda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun'un ek ikinci maddesinde yer alan Hazinenin özel mülkiyetindeki arazilerin kullanım, irtifak, kullanma izin bedelleri ile faaliyet hasılatının yüzde 1'i oranında alınan paydan muaf tutulmaktadır.

6.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımını Teşvik Etmeye Yönelik Uygulanan Destek Mekanizmaları

Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımlarına teşvik eden politikaların başlangıç tarihi 2005 yılına dayansa da, genel olarak 2010 yılından sonra getirilen düzenlemelerle yenilenebilir enerjiye doğru yönelim hız kazanmıştır. Türkiye'de yenilenebilir yatırımlara uygulanan teşviklerin başında sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve mali teşvikler (KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti vb.) gelmektedir.

6.2.1. Sabit Fiyat Garantisi (FIT)

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de en yaygın biçimde kullanılan destek ve teşvik mekanizmalarının başında sabit fiyat garantisi gelmektedir. Bu mekanizma, gerçek ve tüzel kişilerin üretim tesislerinde ihtiyaçları üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini elektrik dağıtım sistemine göndermeleri durumunda I sayılı cetvelde yer alan fiyatlardan 10 yıl süreyle faydalanılması sağlanırken, II sayılı cetvelde bulunan yerli katkı ilavelerinden 5 yıl süreyle yararlanılmaktadır.

Tablo-37 Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Uygulanan I ve II Sayılı Cetvel

Sabit Fiyat Garantisi (I Sayılı Cetvel)	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	**Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/KWh)**
a. Hidroelektrik Üretim Tesisi	7,3
b. Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	7,3
c. Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	10,5
d. Biyokütleye Dayalı Üretim Tesisi (Çöp Gazı Dâhil)	13,3

e. Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		13,3
Yerli Katkı İlavesi (II Sayılı Cetvel)		
Tesis Tipi	**Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat**	**Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/KWh)**
Hidroelektrik Üretim Tesisi	**1.** Türbin	1,3
	2. Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	**1.** Kanat	0,8
	2. Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3. Türbin kulesi	0,6
	4. Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç)	1,3
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	**1.** PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2. PV modülleri	1,3
	3. PV modüllerini oluşturan hücreler	3,5
	4. İnvertör	0,6
	5. PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	**1.** Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2. Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3. Güneş takip sistemi	0,6
	4. Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5. Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6. Stirling motoru	1,3
	7. Panel entegrasyonu ve güneş panel yapısal mekaniği	0,6
Biyokütle Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	**1.** Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2. Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3. Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4. Buhar veya gaz türbini	2,0
	5. İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6. Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7. Kojenerasyon sistemi	0,4
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	**1.** Buhar veya gaz türbini	1,3
	2. Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3. Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Kanun No: 6094, Resmi Gazete, Sayı: 27809, 08.01.2011.

6.2.2. Lisanssız Üretim Hakkı

Lisanssız elektrik üretimi, sabit fiyat garantisi sisteminden sonra yatırımcıları yenilenebilir enerji piyasasına çekmek amacıyla kullanılan önemli teşvik ve destek mekanizmalarının başında yer almaktadır. Lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimde tesis kurulu gücü 500 KW'tan 1 MW'a çıkartılmıştır. Ayrıca rekabetin gelişmesi ve arz güvenliğinin sağlanması adına, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim santralinin kurulu gücü Bakanlar Kurulu kararıyla 5 kata kadar (5 MW) arttırılması kararlaştırılmıştır (YEGM, 2014: 12).

6.3. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarını Özendirmeye Yönelik Teşvikler

Sabit fiyat garantisi ve lisanssız üretim teşviklerinden sonra Nisan 2012'de tanıtılarak 3305 sayılı Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar ile Haziran ayında yürürlüğe giren yeni yatırım teşvik programının sağladığı destekler; bölgesel ölçekli yatırımların teşviki, büyük ölçekli yatırımların teşviki, stratejik yatırımların teşviki ve genel teşvik uygulamaları olmak üzere 4 gruba ayrılmaktadır.



Şekil-24 Teşvik Planına Göre Türkiye'nin Bölgeleri

Kaynak: Denge Müşavirlik, "İllere Göre Yatırım Teşvik Haritası", http://dengemusavirlik.com/illere-gore-turkiye-yatirim-tesvik-haritasi, Erişim: (08.06.2016).

6.3.1. Bölgesel Ölçekli Yatırım Teşvikleri

Bölgesel yatırım teşvikleri, ülkedeki bölgeler arası eşitsiz dağılımı azaltma amacı taşımaktadır. Asgari yatırım tutarı; 1. ve 2. bölgede olması durumunda 1 milyon TL, 3., 4., 5. ve 6. bölgelerde olması durumda ise 500 bin TL'dir. Ayrıca, sadece 6. bölgeye yapılacak yatırımlarda ilave olarak yüzde 38 işgücü maliyet indirimi sağlanmaktadır (YEGM, 2014: 30).

Tablo-38 Türkiye'de Bölgesel Yatırım Teşvikleri

DESTEK UNSURLARI			**BÖLGELER**					
			I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**
KDV İstisnası			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Gümrük Vergisi Muafiyeti			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	OSB Dışı	10	15	20	25	30	35
		OSB İçi	15	20	25	30	35	40
Sigorta Primi İşveren Hissesi Destekleri	Destek Süresi	OSB Dışı	-	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl
		OSB İçi	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	9 yıl
Yatırım Yeri Tahsisi			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Faiz Desteği	İç Kredi		-	-	3 puan	4 puan	5 puan	7 puan
	Döviz/Dövize Endeksli Kredi		-	-	1 puan	1 puan	2 puan	2 puan
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl

Kaynak: Akdeniz İhracatçı Birlikleri (AKİB) (2015), *Yeni Teşvik Sistemi & Yatırımlarda Devlet Yardımı*, Ankara.

6.3.2. Büyük Ölçekli Yatırım Teşvikler

Büyük ölçekli yatırım teşvikleriyle Türkiye'nin teknoloji ve AR-GE kapasitesinin arttırılması hedeflenmektedir.

Tablo-39 Türkiye'de Büyük Ölçekli Yatırım Teşvikleri

DESTEK UNSURLARI			BÖLGELER					
			I	II	III	IV	V	VI
KDV İstisnası			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Gümrük Vergisi Muafiyeti			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	OSB Dışı	20	25	30	35	40	45
		OSB İçi	25	30	35	40	45	50
Sigorta Primi İşveren Hissesi Destekleri	Destek Süresi	OSB Dışı	-	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl
		OSB İçi	-	3 yıl	5 yıl	6 yıl	7 yıl	9 yıl
Yatırım Yeri Tahsisi			VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
Faiz Desteği	İç Kredi		-	-	3 puan	4 puan	5 puan	7 puan
	Döviz/Dövize Endeksli Kredi		-	-	1 puan	1 puan	2 puan	2 puan
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl
Gelir Vergisi Stopajı Desteği			-	-	-	-	-	10 yıl

Kaynak: Akdeniz İhracatçı Birlikleri (AKİB) (2015), *Yeni Teşvik Sistemi & Yatırımlarda Devlet Yardımı,* Ankara.

6.3.3. Stratejik Yatırım Teşvikleri

Stratejik yatırım teşviklerinde ithalat bağımlılığı yüzde 50 üzerinde olan ara ve nihai ürünlerin üretimi için sağlanmaktadır. 50 milyon TL ya da daha yüksek tutarlardaki yatırımlar, bu teşvikten yararlanabilmektedir (YEGM, 2014: 30).

Tablo-40 Türkiye'de Stratejik Yatırım Teşvikleri

DESTEK UNSURLARI		BÖLGELER					
		I	II	III	IV	V	VI
KDV İstisnası		VAR					
Gümrük Vergisi Muafiyeti		VAR					
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	50					
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği	Destek Süresi	7 yıl (6. bölgede 10 yıl)					
Yatırım Yeri Tahsisi		VAR					
Sigorta Primi (İşçi Hissesi) Desteği		10 YIL (Sadece 6. Bölgede Gerçekleştirilecek Yatırımlar İçin)					

Gelir Vergisi Stopajı Desteği	10 YIL (Sadece 6. Bölgede Gerçekleştirilecek Yatırımlar İçin)
KDV İadesi	VAR (Sadece 500 milyon TL üzeri yatırımlar için)

Kaynak: Akdeniz İhracatçı Birlikleri (AKİB) (2015), *Yeni Teşvik Sistemi & Yatırımlarda Devlet Yardımı*, Ankara.

6.3.4. Genel Teşvik Uygulamaları

Bölgesel, büyük ölçekli ya da stratejik yatırım uygulamalarından herhangi birinin destek kapsamına dâhil olmayan yatırımlar, teşvik edilmeyen yatırım konuları arasında yer almamak ve öngörülen sabit yatırım tutarını (I. ve II. bölgeler için 1.000.000 TL, diğer bölgeler için 500.000 TL) sağlamak koşuluyla bu kapsamda değerlendirilmektedir. Ayrıca desteklenen yatırımlar için KDV muafiyeti, Gümrük Vergisi muafiyetine ilave olarak yatırımın 6. Bölgede bulunması halinde Gelir Vergisi Stopaj Desteğinden 10 yıl süreyle faydalanılmaktadır (AKİB, 2015: 12).

Yatırımcılara sağlanan bu teşvikler, gerçekleştirilen faaliyet alanına bağlı olarak, yenilenebilir enerji tesislerine, AR-GE girişimlerine, ekipman geliştirme faaliyetleri ile yenilenebilir enerji santralleri için ekipman üretiminde uygulanabilmektedir (YEGM, 2014: 30).

6.4. Enerji Sektöründe Sağlanan Finansal Destekler

Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği yatırımlarında yukarıda ele alınan teşvikler haricinde ulusal ve uluslararası desteklerde bulunmaktadır.

6.4.1. Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Destek Programı (EN-AR)

Türkiye'de yerli ve yenilik odaklı enerji donanım ve metotlarının geliştirilmesine katkı yapacak, bu alanda sektörü, istihdamı ve bilgi düzeyini yükselterek Türkiye'nin uluslararası alanda rekabet gücünü arttıracak çalışmaları desteklemek ve yönlendirmek amacıyla teknoloji geliştirme ve teknoloji trasferi projeleri uluslararası alanda ve/veya üniversite, kamu, sanayi işbirliklerini arttıracak projeler Bakanlar Kurulu tarafından desteklenmektedir (Resmi Gazete, 2010/27605).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından desteklenen projeler aşağıdaki konulardan en az birini kapsamalıdır:

- ❖ Yerli enerji kaynakları potansiyelinin ve kullanımının geliştirilmesi
- ❖ Yenilenebilir enerji teknolojileri
- ❖ Yeni enerji teknolojileri
- ❖ Temiz enerji teknolojileri
- ❖ Enerji elektro-mekanik teçhizatı imalat teknolojileri
- ❖ Enerji verimliliği teknolojileri
- ❖ Zararlı emisyonları azaltma teknolojileri
- ❖ Çevrim teknolojileri
- ❖ Enerji iletim ve dağıtım teknolojileri

Desteklenmesine karar verilen EN-AR projesine Bakanlık tarafından nakdi destek sağlanmaktadır. Projede kamu kaynaklarından, özel şirketlerden, Avrupa Birliği Çerçeve Programları ve benzeri uluslararası kamu kaynaklarından sağlanan geri ödemesiz destekler ve destek başvuruları proje başvurularında belirtilmesi gerekmektedir. Bu şekilde sağlanan hibe ve destekler desteğin alındığı gidere yönelik olan harcamalardan düşülerek, desteklenmeye esas olan harcama turarı belirlenir. Bu projelerin desteklenme süresi ulusal proje bazında 36 aydır. Projenin sona ermemesi halinde ve gereksinimlerine uygun olması durumunda Bakanlık tarafından en fazla 6 aylık iki dönem ek süre verilebilmekte, uluslararası ortak projelelerde ise proje süresi kadar destek verilmektedir.

6.4.2. Küresel Çevre Fonu (GEF) Küçük Destek Programı Türkiye

Küresel Çevre Fonu (Global Environment Facility), BM Kalkınma Programı (UNDP), BM Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Bankası tarafından yönetilen ortak çevre programıdır. Enerji etkin bina, ürün ve işlemlerin yaygınlaştırmasını amaçlayan yenilikçi yaklaşımlar, enerjinin etkin kullanımı ve enerji etkinliği yönetmelikleri, standartları, kuralları ve teşvikleri üzerine farkındalık, yenilenebilir enerjinin üretimi amaçlı kullanımlarının yaygınlaştırılması, enerji ve organik gübre eldesi, kirliliğin önlenmesi amaçlı yerel biyogaz uygulamalarının yaygınlaştırılması destek

programının alanındadır (Trakya Kalkınma Ajansı, 2014: 10). Hükümetler, Birleşmiş Milletlerin tanımladığı sivil toplum kuruluşları (STK'lar), akademik kurumlar, ulusal ve uluslararası kurumlar ve özel sektör işletmelerinin projeleri destek programından faydalanabilmektedir (www.tr.undp.org).

6.4.3. Kalkınma Bankası Kredileri

Kalkınma bankası özel sektörün yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği yatırımlarında dış kaynaklı kredi imkânı sunmaktadır.

6.4.3.1. Avrupa Yatırım Bankası Kaynaklı Çevre ve Enerji Kredisi

Türkiye'de yerleşik işletmeler tarafından yürütülen yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve çevresel performanslarını arttırıcı yatırımların söz konusu olduğu endüstriyel tesis projelerinin finansmanında kullandırılmaktadır. Kredi kapsamında değerlendirilecek şirketlerin maksimum yatırım tutarı 50 milyon EUR'dur. Kredi ile toplam yatırım tutarının maksimum yüzde 50'si finanse edilmekte ve vadesi kredi değerlendirmesi sonucunda belirlenmektedir (www.kalkinma.com.tr).

6.4.3.2. Alman Kalkınma Bankası (KFW) Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi

Özel sektör tarafından gerçekleştirilecek, yenilenebilir kaynaklarına dayalı üretim tesisleri ile enerji verimliliği yatırımlarının finansmanında kullandırılmaktadır. Alman Kalkınma Bankası toplam yatırım tutarının yüzde 80'ine kadar finanse edebilmektedir. Ancak kredilendirme limiti 15 milyon EUR ile sınırlıdır (www.kalkinma.com.tr).

6.4.3.3. İslam Kalkınma Bankası Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi

Özel sektör tarafından gerçekleştirilecek, yenilebilir enerji kaynaklara dayalı enerji üretim tesisleri ile enerji verimliliği yatırımları finanse edilmektedir. Kredilendirme limiti, oranı ve vadesi yapılacak kredi değerlendirme çalışması sonucunda belirlenmektedir (www.kalkinma.com.tr).

6.4.3.4. Japonya Uluslararası İşbirliği Bankası (JBIC) Kaynaklı Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi

Özel sektör tarafından gerçekleştirilecek yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği yatırımlarının finansmanında kullandırılmaktadır. Kredi limiti, oranı ve vadesi yapılacak kredi değerlendirme çalışması sonucunda belirlenmektedir (www.kalkinma.com.tr).

6.4.3.5. Dünya Bankası Kaynaklı Jeotermal Enerji Geliştirme Kredisi

Özel sektör tarafından gerçeleştirilecek jeotermal projelerin kapasite geliştirme/üretim sondaj aşaması, buhar toplama ve güç tesisi kapsamındaki mal, donanım ve inşaat işlerine ilişkin yatırımların finansmanı ve danışmanlık hizmetlerinin finansmanında kullandırılmaktadır. Yatırımcıların krediden faydalanabilmesi için projenin konusu Jeotermal Enerji Geliştirme Projesi tanımına uyan ve Türkiye Çevre Mevzuatı ile Dünya Bankası Çevre Politikasına yuğun olan, ilgili Kurullarca getirilen düzenlemeler sonucu sahip olunması gereken tüm izin ve belgelere sahip olması gerekmektedir. Dünya Bankası en fazla 60 milyon USD kredi sağlarken, en az yüzde 15 özkaynak istemektedir. Kredinin vadesi kredi değerlendirme çalışması sonucunda belirlenmektedir (www.kalkinma.com.tr).

6.4.4. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Kredileri

Türkiye Sınai Kalkınma Bankasının enerji verimliliği projelerinde sağlamış olduğu krediden faydalanabilmek için (www.tskb.com.tr);

❖ İlgili yatırım ile yatırımın yapıldığı bölümde ya da tüm tesis bazında en az yüzde 20 enerji tüketiminin azaltılmış olması veya söz konusu yatırımla sağlanacak marjinal faydanın en az yüzde 50'sinin elde edilecek enerji tasarrufundan oluşması

❖ Komple yeni yatırım olmaması, karşılaştırma yapılabilmesi için mevcut bir tesis üzerine yapılacak her türlü iyileştirme, modernizasyon ya da kapasite arttırımı yatırımlarıyla enerji vermimliliği projeleri

❖ Proje için çevresel boyutta her türlü izinlerin (emisyon, deşarj, vb.) ve çalışmaların yapılmış olması gerekmektedir.

6.4.4.1. Dünya Bankası Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi

Dünya Bankası 420 milyon USD tutarında kredi sağlamaktadır. Kredinin 350 milyon USD Dünya Bankası, 70 milyon USD ise Dünya Bankası tarafından yönetilen CTF-Temiz Teknoloji Fonu kaynaklıdır. Kredi, yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretim ve enerji verimliliği projelerinin finansmanında kullandırılmaktadır. Krediye konu olan yenilenebilir enerji projeleri rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, biyomas, biyogaz, çöpi hidrojen enerjisine dayalı olanlar ile düşük etkili hidroelektrik santralleridir.

Enerji verimliliği projelerinde ilgili bölümde asgari yüzde 20 enerji tasarrufu sağlanması veya projenin getirilerinin asgari yüzde 50'sinin enerji tasarrfndan kaynaklanmalıdır. Projeye tahsis edilecek en az kredi tutarı 80 milyon USD'dır ve finansal kiralama olarak da kullanım mümkündür (www.tskb.com.tr)

6.4.4.2. Avrupa Yatırım Bankası Çevre ve Enerji Çerçeve Kredisi

Avrupa Yatırım Bankası yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji üretimi, çevre kirliliğini önleme ve enerji projelerinin finansmanı için sağladığı 150 milyon Euro eşdeğerindeki kredi EUR ve USD olarak kullanılabilmektedir. Krediden faydalanacak projenin sabit yatırım tutarının 50 milyon Euro'yu aşmaması gerekmektedir. Kredi ile bir projenin en fazla yüzde 50'si finanse edilirken, firmalara en az 1 yıl ödemesiz dönem dâhil olmak üzere 4 yıl vade sağlamaktadır. Ayrıca kredinin finansal kiralama olarak kullanımı mümkündür (www.tskb.com.tr)

6.4.4.3. Fransız Kalkınma Ajansı (AFD) Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi

Fransız Kalkınma Ajansının sağlamış olduğu 50 milyon EUR tutarındaki kredi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim projeleri (10 MW altında kapasiteye sahip HES, 60 MW altında kapasiteye sahip RES, biyokütle, JES, GES, dalga, gel-git) ve enerji verimliliği projelerinin finansmanında kullanırılmaktadır. Bir

projeye en fazla 5 milyon Euro tahsis edilirken, finansal kiralam şeklinde kullanımı mümkündür (www.tskb.com.tr).

6.4.5. Bölgesel Kalkınma Ajansı Mali Destek Programları

Bölgesel kalkınmanın hızlandırılması ve bölge için stratejik öneme sahip faaliyetlerin hayata geçirilmesi amacıyla ulusal ve bölge plan ve programlara uyumlu olarak 8 Kasım 2008 tarih ve 27048 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kalkınma Ajansları Proje ve Faaliyet Destekleme Yönetmeliği, Destek Yönetim Kılavuzu ve ilgili başvuru rehberlerinde belirtilen hükümler doğrultusunda mali destek sağlamaktadır.

Bölgesel kalkınma ajansları üretimde atık ısı ve/veya atık suyun geri dönüşümünün sağlanması, bölgede yenilenebilir enerji üretiminin arttırılması, sanayi ve tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması suretiyle sürdürülebilir enerji altyapısının kurulması gibi öncelikler altında projelere finansman sağlayabilmektedir (Trakya Kalkınma Ajansı, 2014: 12).

6.4.6. Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF)

Sürdürülebilir Enerji Finansmanı Programları (SEFF) Avrupa İmar ve Kalkınma Bankasının (AİKB) sürdürülebilir enerji girişiminin bir parçasıdır. TurSEFF, AİKB'nin özel sektörde KOBİ ölçeğindeki şirketlere, uygun bulunan enerji verimliliği ("EE") ve küçük ölçekli yenilenebilir enerji ("RE") yatırımlarının finanse edilebilmesi için katılımcı bankalar kanalıyla sağladığı 265 milyon USD tutarındaki kredi paketidir (www.turseff.org).

6.4.6.1. Yenilenebilir Enerji Kredileri

Azami 5 milyon EUR'ya kadar olan yenilenebilir enerji yatırımı kredileri mevcuttur. Bu kategori, elektrik ve/veya ısıtma ve/veya soğutma ve/veya fosil yakıt kaynaklarının yerine geçen her tür enerjiyi üretmek üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan donanım, sistem ve süreçlerin satın alınması ve kurulumunu kapsayan projeleri içermektedir (www.turseff.org).

Uygun yatırımlar aşağıdaki yenilenebilir enerji teknolojilerini kapsar:

❖ 10 MW'ı geçmeyen kurulu güce sahip ve önceden EBRD çevresel uyum onayına tabi olan küçük, nehir tipi hidroloelektik santralleri

❖ 10 MW'ı geçmeyen toplam kurulu güce sahip ve önceden EBRD çevresel uyum onayına tabi olan rüzgâr türbinleri kurulumu

❖ Isı ve/veya elektrik üreten biokütle yakma ve proliz/gazlaştırma sistemleri

❖ Proses ve/veya mekân ısıtması/soğutma ve/veya sıhhi su ısıtması için sıcak su üretimi güneş enerjisi-termal su sistemleri

❖ Güneş enerjisi-termal kurutma sistemleri

❖ Jeotermal ısı pompaları

❖ Biyogaz tesisleri

❖ Fotovoltaik elektrik üretimi

Ulaşım için biyoyakıtları destekleyen yatırımlar hariç tutulmaktadır. Yenilenebilir enerjiye uygun yatırımlar onaylanma tarihinde 15 yılın altında geri ödeme süresine sahip olmalı ve 1 EUR yatırım karşılığında yılda en az 1,3 KWh elektrik üretmelidir.

6.4.6.2. Küçük Ölçekli Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kredileri

Küçük ölçekli enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji projeleri aşağıdaki şartlarla uyumluluk göstermelidir (www.turseff.org):

❖ Yatırım, TurSEFF LEME listesinde yer alan teknoloji gruplarından birinde yapılacak donanımların satın alımı ve montajını içermeli ve bu listedeki kriterlerle uyum içinde olmalıdır,

❖ Kredi talebi 250,000 EUR üst limitinin altında kalmalıdır.

6.4.6.3. Tedarikçi Kredileri

Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin tedarik boyutunu desteklemek üzere, enerji verimliliği tedarikçileri için azami 1 milyon EUR'ya kadar olan yatırımlara kredi sağlanmaktadır (www.turseff.org).

Bu tür bir krediye başvurmak isteyen şirketler aşağıdaki şartları sağlamalıdır:

❖ Krediler enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojileri üretimi, tedariki veya kurulumu ile ilgili enerji verimliliği tedarikçilerinin çalışma işlemlerinin genişletilmesi amacına hizmet etmelidir,

❖ Bu kategori altında yatırım harcamaları veya makine donanım yenileme gibi kalıcı nitelikteki yatırımları desteklenmektedir. Enerji verimliliği için mevcut en iyi teknolojiler ile ilgili yatırımlara öncelik verilmektedir.

6.4.6.4. Satıcı Kredileri

Azami 5 milyon EUR'ya kadar olan satıcı kredileri sağlanmaktadır. LEME/LESI tipi ödemelerde satıcılar bayileri ile birlikte satıcı kredisi alabilmektedir. Satıcı finanse ettiği donanımların LEME altında uygun olduğunu kanıtlamak için kayıtları (fatura veya satış raporların kopyalarını) sağlaması gerekmektedir. Satıcı kredisi sağlanan fonlarda nihai yararlanıcılar olarak sadece KOBİ'lere donanım satış için ilgili satış raporları/faturalar sunulmaktadır. Hiçbir fatura LEME tipi ödemelerin üst sınırı olan 250.000 EUR'yu aşmamalıdır (www.turseff.org).

7. BÖLÜM

GÜNEŞ VE RÜZGÂR ENERJİSİ SANTRALİ KURULUŞ MALİYETLERİ

Hangi sektörde olursa olsun bir yatırıma karar verilmeden önce çeşitli değerlendirmeler yapılmaktadır. Yatırım; "*işletmenin amacını oluşturan faaliyetleri yürütmek, belli bir anda işletmenin varlığını, rekabet gücünü korumak ya da geliştirmek adına sürekli bir şekilde sahip olmak ihtiyacında olduğu araçların tedariki için yapılan harcamalardır*" (Usta, 2014: 17). Diğer bir deyişle uzun dönemde gerçekleşmesi beklenen faydalar için mevcut fon kaynaklarının bağlanmasıdır.

Bir yatırımın hayata geçirilebilmesi için amaçların dikkatlice planlanıp tasarlanması kısaca projelendirilmesi gerekmektedir. Bir projenin teknik boyutu işin konusuna göre değişiklik gösterse bile ekonomik yönü her projeyi ilgilendiren en önemli unsurdur. Bu nedenle faaliyeti planlanan yatırımı en düşük maliyetle gerçekleştirerek, yaratılan kapasiteden en fazla faydayı elde etmek ulaşılması istenen asıl amaçtır.

Yenilenebilir enerji yatırımlarında kuruluş maliyetleri seçilen enerji kaynağına ve tesisin kurulu gücüne göre farklılık göstermektedir. Bu yatırımlarda en önemli husus, enerji santralinin konusunu oluşturan kaynağın yüksek üretim potansiyeline sahip olmasıdır. Yenilenebilir enerji kaynağının coğrafi yapıya göre değişiklik göstermesinden dolayı ilk olarak santralin kurulması planlanan bölgedeki sahanın uygunluk açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde yenilenebilir enerji kaynakları arasında Türkiye'nin jeolojik ve coğrafi özelliklerine en uygun olan güneş ve rüzgâr enerjisi seçilmiş; Edirne ilinde kurulması planlanan güneş ve rüzgâr enerjisi santralleri yatırıma uygunluk açısından değerlendirilerek elde edilen verilerle yaklaşık kuruluş maliyetleri oluşturulmuş ve yatırımcıya olan getirisi ele alınmıştır.

7.1. Edirne İlinin Coğrafi Konumu ve Yatırımların Uygulanabilirlik Açısından Değerlendirilmesi

Sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışıyla birlikte elektrik tüketimi dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hızla artmaktadır. Türkiye'de son 25 yıl incelendiğinde, kişi başına düşen elektrik tüketiminin 4 kat arttığı görülmektedir. Yapılan projeksiyonlara göre de elektrik tüketim artışının devam edeceği belirtilmektedir. Türkiye'deki elektrik tüketimi bölgesel olarak ele alındığında sanayi tesislerinin yoğunluğu, yüksek istihdam, göç vb. nedenlerden dolayı tüketimin en yüksek olduğu bölge Marmara Bölgesi'dir (EİGM, 2015: 75; TUİK, 2016: 42).

Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında yer alan Edirne, 41º-40º kuzey paraleli ve 26º-34º doğu meridyeni arasında yer almaktadır (www.edirne.bel.tr). Güneyinde Ege Denizi, kuzeyinde Bulgaristan ve batısında Yunanistan'a komşu olan ilin, doğusunda ise Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale illeri bulunmaktadır.

6.098 km^2 yüzölçümüne sahip olan Edirne, deniz seviyesinden yaklaşık 41 metre yüksektedir. Yeryüzü şekilleri bakımından çeşitlilik gösteren il, kuzeyinde Istıranca Dağları, güneyinde Koru Dağları, Ege Denizi-Saroz Körfezi, batısında Meriç Nehri ve Meriç Ovası, doğusunda da Ergene Ovasını içine almakta olup, sahip olduğu topraklarını yüzde 80'ni tarıma elverişli durumdadır.

Edirne, bulunduğu konum itibariyle hem Akdeniz iklimi hem de Orta Avrupa'ya özgü olan karasal iklimin etkisi altında kalan bir geçiş bölgesidir. İlin önemli akarsularından olan Meriç, Tunca, Arda ve Ergene nehirlerinin debileri Mart-Nisan aylarında yoğun yağışlarla birlikte en yüksek seviyeye ulaşırken, yaz aylarında ise normal debilerini korumaktadır (Ocaklı, 2013: 1-2).

Yaz döneminde 30ºC'nin altına düşmeyen sıcaklıklarla, Edirne Haziran ayında m^2'ye düşen en yüksek radyasyon değerlerine ulaşırken, Temmuz ayında ise en uzun güneşlenme süresi görülmektedir. Rüzgar enerjisi bakımından da uygun konumda olan Edirne'de toplamda 694.02 km^2'lik alanda 3.470,08 MW kurulu güce sahip RES kurulabilecek durumdadır.

EPDK'nın verilerine göre Keşan, Lalapaşa, Uzunköprü ve Enez'de toplamda 192 MW kurulu güce sahip 6 RES'ten 3 tanesi tam kapasite çalışırken, 2 tanesi kısmi

işletmede, 1 tanesi ise inşaat halindedir. Tredaş'ın Şubat ayında yayınladığı verilere göre de yenilenebilir enerji yatırımlarında pilot bölge olan Uzunköprü ilçesinde kurulması planlanan, toplamda 9.990 KW güce sahip 10 rüzgâr enerji santralinin başvurusu teknik olarak uygun görülmüş ve bağlantı noktaları verilmiştir. Edirne'de güneş enerjisinden elektrik üreten tek tesis bulunmaktadır. Süloğlu ilçesinde kurulan ve 0,49 MW güce sahip santral, Haziran 2015 tarihinde işletmeye alınarak yıllık 720 MWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir.

7.2. Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Maliyetleri

Güneş enerjisinden yoğunlaştırıcı sistemler ile dolaylı olarak elektrik enerjisi elde edilirken, güneş pilleri ile doğrudan elektrik enerjisi üretilmektedir. Güneş pilleri yarı iletken malzemeler ile güneş ışığı doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, bakımı kolay, dayanıklı ve uzun ömürlü sistemlerdir. Güneş pillerinin çalışma prensibi "fotovoltaik" ilkeye dayanmaktadır. Kısaca güneş ışınımı güneş pillerinin üzerine geldiği her bir uçta elektriksel gerilim oluşur ve bu gerilimden elektrik enerjisi elde edilmektedir.

PV sistemlerinin kullanımı şebeke bağlantılı ve şebeke bağlantısız olarak ikiye ayrılmaktadır. Şebeke bağlantısının bulunmadığı veya bağlantının ekonomik olmadığı bölgelerde güneş pillerinde depolanan enerji akü, inverter gibi çeşitli elektronik destek üniteleri kullanılarak elektrik gereksinimi karşılanmaktadır. PV sistemlerinin ürettiği elektrik enerjisi şebekeye bağlanarak doğrudan konut ve ticari alanlarda kullanılabileceği gibi elektrik üretimi gerçekleştiren şirketlere de satılabilmektedir (Öztürk ve Kaya, 2013: 54).

Bu bölümde örnek olarak hazırlanan uygulamada kurulum yeri Edirne Uzunköprü ilçesi, kurulu güç olarak lisanssız üretimin en üst sınır olan 1 MW seçilmiştir. Seçilen bölgedeki güneş verileri ve yıllık üretilebilecek değer PVGIS programıyla elde edilmiştir.

Tablo-41 Seçilen Bölgede Yapılması Planlanan 1 MW GES'in Elektrik Üretim Tahminleri

Aylar	Günlük Elektrik Üretimi (KWh)	Aylık Elektrik Üretimi (KWh)	Günlük Radyasyon Değerleri (KWh/m^2)	Aylık Radyasyon Değerleri (KWh/m^2)
Ocak	2.160	66.800	2.65	82.1
Şubat	2.690	75.300	3.33	93.3
Mart	3.850	119.000	4.90	152
Nisan	4.380	132.000	5.73	172
Mayıs	4.990	155.000	6.69	207
Haziran	5.030	151.000	6.95	208
Temmuz	5.180	161.000	7.20	223
Ağustos	5.150	160.000	7.22	224
Eylül	4.470	134.000	6.09	183
Ekim	3.440	107.000	4.50	140
Kasım	2.540	76.100	3.21	96.4
Aralık	1.780	55.300	2.18	67.7
Yıllık Ortalama	**3.810**	**11.600**	**5.06**	**154**
Yıllık Toplam		**1.390.000**		**1.850**

Kaynak: European Commission "Photovoltaic Georaphical Information System (PVGIS)", http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#, Erişim: (15.07.2016).

Tablo incelendiğinde seçilen alan Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında m^2'ye düşen en yüksek radyasyon değerlerine ulaşmaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda güneş enerji santrali kurulumunda kullanılacak parametreler aşağıda sıralanmıştır.

Tablo-42 GES Ekonomiksel Değerler ve Yatırım Hesaplama Tablosu

Yatırım Harcamaları	
PV Sistem ve İnvertöre Bağlama (İşçilik Dâhil)	938.500 $
Enerji Nakil Hattı ve Trafo Bağlantısı	53.000 $
Projelendirme ve Kurum Masrafları	12.500 $
Arazi Bedeli	42.000 $
Kamera, Veri Kayıt ve Haberleşme	14.500 $
Aydınlatma ve Saha Güvenliği	4.500 $
Yıldırımdan Koruma	8.000 $
Saha Tesviyesi, Hafriyat, Mıcır Döşeme ve Tel Çit	25.000 $
Nakliye (Beton Köşk, Trafo ve Hücre)	45.000 $
Yatırım Toplamı	**1.170.000 $**
KDV (%18)	210.600 $

Genel Toplam		**1.380.600 $**
Sistemden Elde Edilen Güç		
Yıllık Elde Edilen Güç		1.390.000 KWh
Elektrik Satış Fiyatı		0,133 $/KWh
Sistemde Oluşabilecek Yıllık Güç Kaybı		%0,5
İşletme Masrafları		
Sigorta	%0,15	1.755.00 $
Yedek Parça ve Olası Tamir Giderleri	%0,1	1.170.00 $
Sistem Takibi, Temizlik ve Güvenlik	%0,3	3.510.00 $
Dağıtım ve İletim Bedeli	%0,0366	428.22 $
İşletme Masrafları Payı (Toplam)	**%0,5866**	**6.863.22 $**
İşletme Masrafları Değişim Oranı	%0,3	

Güneş enerjisi yatırımları iki boyutta maliyetlenmektedir. Birinci boyut güneş pilinin maliyetlenmesi, ikinci boyut ise güneş modüllerinin maliyetlendirilmesidir. Güneş pillerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde olup, alanları 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise 0,2 mm – 0,4 mm arasında değişmektedir. Güneş pillerinin imalatında yarı iletken özelliği olan silisyum hammadde olarak kullanılmaktadır. Yarı iletken maddenin ışığa ve ışınıma duyarlılığı, verimi ve performansı etkilemesi nedeniyle, güneş pilleri üretim şekline göre çeşitlere ayrılmaktadır. PV sektöründe en çok tercih edilen güneş pillleri (Cezim, 2013: 44-46);

❖ **Monokristal Silikon Hücreli**: Tek kristalli, verimi yüksek (%20), uzun ömürlü piller olmasına karşın diğer çeşitlere göre fiyatları daha yüksek güneş pilleridir.

❖ **Polikristal Silikon Hücreli**: PV sektöründe en çok tercih edilen, çoklu kristal hücreli verimliliği ortalama değerlerde olan (%16) güneş pilleridir.

Güneş pilinin yapısına göre güneş enerjisini yüzde 5-20 arasında verimle elektriğe çeviren bu sistemlerin en uygun verim seviyesi yüzde 15 olarak kabul edilmektedir. Uygulamada polikristal silikon hücreli güneş pili kullanılacağı varsayılmıştır.

Çok sayıda güneş pilinin paralel veya seri bağlanarak oluşturduğu, 50-250 MW arasında güç çıkışı sağlayan yapıya fotovoltaik (PV) modül, modüllerin seri veya paralel bağlanarak oluşturduğu yapıya ise dizi veya blok PV sistemleri denilmektedir. Uygulamada 250 watt güce sahip 4.000 adet PV bloğu kullanılacağı varsayılmıştır.

Güneş enerjisi santralinde bulunan modüllerin kurulabilmesinde her bir modül için yeterli miktarda alana gereksinim duyulmaktadır. Her bir modülden elde

edilecek enerji miktarı sabit olduğundan, üretim kapasitesinin arttırılması için kurulumu yapılacak alanın da arttırılması gerekmektedir. 1 MW GES 15.000-20.000 m^2 alanı kaplamaktadır. Yapılan uygulamada 20.000 m^2 arazi seçilmiştir.

Enerji santrallerinde trafo ya da enerji nakil hatlarına uzaklık yatırım maliyetini önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Resmi Gazete'nin 29662 sayılı yönetmeliğinde "*Üretim tesisinin bağlanacağı mevcut şebekeye olan uzaklığı; kuş uçuşu mesafesi on kilometreden, projelendirmeye esas mesafesi oniki kilometreden fazla olamaz"* olarak belirtilmiştir. Güneş enerji santrali ile bağlantı yapılacak noktaya nakil hattının maliyeti kilometre başına 50.000$ ile 100.000$ arasında değişirken, mesafenin artması enerji iletimi sırasında oluşabilecek kayıpları da arttırmaktadır (www.yildiz.edu.tr). Yatırım maliyeti düşürmek ve oluşabilecek enerji kaybını azaltmak için seçilen arazinin trafolara ve enerji nakil hatlarına yakın seçilmesi gerekmektedir. Yapılan uygulamada enerji nakil hattı ve trafo bağlantısı 53.000$, sistemde oluşabilecek yıllık enerji kaybı yüzde 5 olarak alınmıştır.

Lisanssız güneş enerjisi santrallerinde en az bir tüketicinin olması gerekmekte ve fazla olan elektrik üretimi şirketlere satılabilmektedir. Yapılan çalışmada tüketici kullanım miktarı bilinmediğinden hesaplamalara bu miktar dâhil edilmemiş, yıllık elde edilen elektrik enerjisinin tamamı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

5346 Yenilenebilir Enerji Kanunu, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliğinde belirtilen 31.12.2020 yılına kadar gerçek ve tüzel kişilerin güneş enerjisi yatırımlarında üretilen 1 KWh elektrik için 13,3 cent ABD Doları ödenmekte ve devletin sağlamış olduğu teşviklerle birlikte elektriğin satış fiyatı en fazla 20 cent ABD Doları olabilmektedir. Sistemin kullanım anlaşması imzalandığı tarih itibariyle yatırımcılar destek fiyatlarından 10 yıl, yerli katkı ilavesinden ise 5 yıl süreyle faydalanabilmektedir. Örnek olarak hazırlanan bu uygulamada ithal ürünler kullanıldığı varsayıldığından 1 KWh başına 13,3 cent ABD Doları satış fiyatı ile 10 yıl sabit alım garantisinden faydalanacaktır.

Tablo-43 Güneş Enerji Santralinin Yıllık Gider/Gelir Değişimi ve Yatırımın Geri Dönüşü

Yıl	İşletme Masrafları ($)	İşletme Masraf Değişim Oranı (%)	Enerji Üretimi (KWh)	Brüt Satış Geliri ($)	Net Satış Geliri (Masraflar Düşülmüş) ($)	Yatırımın Geri Dönüşü ($)
0						-1.170.000.00
1	6.863.22	-	1.390.000	184.870.00	178.006.78	-991.993.22
2	6.883.80	0,3	1.383.050	183.945.65	177.061.85	-814.931.37
3	6.904.46	0,3	1.376.134	183.025.82	176.121.36	-638.881.00
4	6.925.17	0,3	1.369.254	182.110.78	175.185.61	-463.624.40
5	6.945.94	0,3	1.362.407	181.200.13	174.254.19	-289.370.21
6	6.966.78	0,3	1.355.595	180.294.13	173.327.39	-116.042.86
7	6.987.68	0,3	1.348.817	179.392.66	172.404.98	56.362.12
8	7.008.65	0,3	1.343.073	178.628.70	171.620.06	227.982.17
9	7.029.67	0,3	1.335.363	177.603.27	170.573.61	398.555.77
10	7.050.76	0,3	1.328.686	176.715.23	169.664.48	568.220.24
11	7.071.91	0,3	1.322.042	175.831.58	168.759.68	736.979.91
12	7.093.13	0,3	1.315.432	174.952.45	167.859.33	904.839.23
13	7.114.41	0,3	1.308.855	174.077.71	166.963.31	1.071.802.53
14	7.135.75	0,3	1.302.310	173.207.23	166.071.48	1.237.874.01
15	7.157.16	0,3	1.295.799	172.341.26	165.184.11	1.403.058.11
16	7.178.63	0,3	1.289.320	171.479.56	164.300.93	1.567.359.04
17	7.200.17	0,3	1.282.873	170.622.10	163.421.94	1.730.780.97
18	7.221.77	0,3	1.276.459	169.769.04	162.547.28	1.893.328.24
19	7.243.43	0,3	1.270.077	168.920.24	161.676.81	2.055.005.05
20	7.265.16	0,3	1.263.726	168.075.55	160.810.40	2.215.815.44
21	7.286.96	0,3	1.257.408	167.235.26	160.048.30	2.375.763.74
22	7.308.82	0,3	1.251.121	166.399.09	159.090.27	2.534.854.01
23	7.330.75	0,3	1.244.865	165.567.04	158.236.30	2.693.090.30
24	7.352.74	0,3	1.238.641	164.739.25	157.386.51	2.850.476.81
25	7.374.80	0,3	1.232.447	163.915.45	156.540.65	3.007.071.46
	177.801.72		**32.743.754**	**3.620.967.03**	**3.443.165.31**	**3.007.071.46**

Yukarıdaki hesaplamalarda yatırımın yüzde 100 özsermaye kullanılarak yapıldığı varsayılmıştır ve verilere yüzde 18 KDV dâhil değildir. Tabloyu oluşturan verilerin ortalamaları alındığında işletme masrafları 7.112.06$, enerji üretimi 1.309.750 KWh ve net gelir 137.726.61$ olduğu ortaya çıkmaktadır. Güneş enerji santralini oluşturan sistemlerin verimli çalışması 10 ile 12 yıl arasında değişmektedir. Bu sistemlerin hareketli parçalarının olmayışı arıza nedeniyle üretim kesintisine olanak vermezken, daha az bakıma ihtiyaç duymaları nedeniyle 25 yıla kadar verimli üretim gerçekleştirmektedir. Güneş enejisi santralleri ortalama 5 ile 7 yıl arasında

kendini amorti etmektedir. Örnek olarak hazırlanan çalışmada tesisin kendini 6 yılda kendini amorti ettiği görülmektedir.

7.3. Rüzgâr Enerjisi Santrali Kuruluş Maliyetleri

Rüzgâr enerjisi ilk çağlardan bu yana türbinin şaft gücünden faydalanılarak su pompalama, çeşitli ürünleri kesme, öğütme sıkıştırma, yağ çıkarma gibi birçok ihtiyacını karşılamak amacıyla mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmıştır. Günümüzde, merkezden uzak ya da rüzgâr enerjisinin daha ekonomik olduğu bölgelerde su ısıtmada, sera gibi büyük hacimli alanların ısıtılmasında, küçük çapta konut elektrik ihtiyacının karşılanmasına olanak tanırken, türbin kapasitesi 200 KW ile 2 MW arasında değişen, elektrik şebekesine bağlı bir ya da birden fazla yüksek güce sahip rüzgâr türbinin dâhil olduğu rüzgâr çiftlikleriyle yüksek miktarda elektrik üretimi gerçekleştirilip satılabilmektedir.

Hazırlanan uygulamada kurulum yeri Edirne'nin İpsala ilçesi, kurulu güç olarak lisanssız üretim en üst sınırı olan 1 MW seçilmiştir. Seçilmiş olan bölgedeki değerler NASA meteoroloji verileri ve RETScreen4 programı ile elde edilmiştir. Çalışmada 50 metre göbek yüksekliği bulunan 1 MW gücünde üç kanatlı rüzgâr türbini tercih edilmiştir. Bu tip rüzgâr türbinleri düşük maliyetle daha yüksek elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Üç kanatlı rüzgâr türbinleri 120º'lik dönüşü ile elektrik üretimi için gerekli olan torku oluşturmaktadır. Bu türbinlerin diğer türbinlere göre daha güvenli olması ise en büyük avantajıdır (www.elektrikport.com).

Türbine ait özellikler, güç eğrisi ve enerji verileri program tarafından hesaplanarak tablo 44'de gösterilmiştir.

Tablo-44 Rüzgâr Türbini Özellikleri

Türbin Başına Güç Kapasitesi (KW)		1.000
Türbin Sayısı		1
Bağlantı Noktası Yüksekliği (m)		50
Rotor Çapı (m)		54
Taranan Alan (m^2)		2.307
Türbin Güç Eğrisi ve Enerji Eğrisi Verileri		
Rüzgâr Hızı (m/sn)	**Güç Eğrisi Verileri (KW)**	**Enerji Eğrisi Verileri (MWh)**
0-2	0	0
3	0	207.6

4	24.1	598.1
5	69.3	1.182,8
6	130.0	1.889,3
7	319.1	2.631,8
8	333.5	3.345,7
9	463.1	3.995,3
10	598.1	4.565,0
11	730.0	5.048,6
12	846.5	5.443,5
13	928.8	5.750,0
14	972.6	5.970,7
15	990.8	6.111,6
16	997.2	
17	999.2	
18	999.8	
19	999.9	
20-30	1.000	

Santralin kurulacağı arazinin yapısı rüzgârın hızını etkileyen en önemli faktördür. Yer yüzeyinde bulunan keskin engebeler, ormanlık alanlar ve büyük şehir merkezleri rüzgârın hızını oldukça düşürürken, hava alanlarının pisleri gibi beton zeminlerin bulunduğu yerlerde fazla değişim göstermemektedir. Deniz ve göl gibi su yüzeylerinin beton zeminlere kıyasla daha az pürüze sahip olmaları rüzgârın hızına düşük seviyede etki ederken, çim ya da çalılıklarla kaplı alanlar rüzgârın hızını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ağçay, 2007: 29).

Rüzgâr enerjisi santralleri 3m/sn rüzgar hızından itibaren elektrik üretmeye başlar ve 30m/sn'ye kadar elektrik üretmeye devam eder. Tabloda rüzgâr türbininin 15m/sn'de en yüksek üretim seviyesine ulaştığı görülmektedir.

Türbinin rüzgârdaki enerjiyi elektriğe dönüştürebilme oranı kapasite faktörü olarak tanımlanmakta ve RES uygulamalarında bu oran yüzde 25 - 35 arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan programın yaptığı hesaplamalar sonucunda uygulama alanındaki kapasite faktörü yüzde 27.9, yıllık elektrik üretimi ise 2.448 MWh olarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda rüzgâr enerji santrali kurulumunda kullanılacak parametreler aşağıda sıralanmıştır.

Tablo-45 RES Ekonomiksel Değerler ve Yatırım Hesaplama Tablosu

Yatırım Harcamaları		
Türbin		935.500 $
Mühendislik		150.000 $
Temel Hafriyatı		6.500 $
Temel Demiri, Betonu ve İzolasyonu (İşçilik Dâhil)		46.000 $
Türbin Nakliyesi		30.000 $
Vinç ile Montaj Maliyeti (İşçilik Dâhil)		90.000 $
Elektrik Altyapısı (İşçilik Dâhil)		72.500 $
Yatırım Toplamı		**1.330.000 $**
KDV (%18)		239.400 $
Genel Toplam		**1.569.400 $**
Sistemden Elde Edilen Güç		
Yıllık Elde Edilen Güç		2.448.000 KWh
Elektrik Satış Fiyatı		0,073 $/KWh
Sistemde Oluşabilecek Yıllık Güç Kaybı		%0,3
İşletme Masrafları		
Sigorta	%0,15	1.995.00 $
Yıllık Servis Ücreti	%0,06	798.00 $
Yedek Parça ve Olası Tamir Giderleri	%0,4	5.320.00 $
Dağıtım ve İletim Bedeli	%0,0366	486.78 $
İşletme Masrafları Payı (Toplam)	**%0,6466**	**8.599.78 $**
İşletme Masrafları Değişim Oranı	%0,3	

Rüzgâr enerjisi santralinin kurulabilmesi için çok az bir alana (toplam alanın %1'i) ihtiyaç olmakta, kalan kısım amacına uygun olarak kullanılmaya devam edilebilmektedir. Ayrıca kurulumu planlanan alanda başka amaçla kurulmuş direk ya da beton zemin varsa uygun olması durumunda santralin kurulumunda değerlendirilebilmektedir (www.reshaber.com). Arazi bedelinin maliyete büyük bir etkisi olmadığından yapılan çalışmada yatırım harcamalarına dâhil edilmemiştir.

Enerji santrallerinde trafo ya da enerji nakil hatlarına uzaklık yatırım maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Rüzgâr enerji santrali ile bağlantı yapılacak noktaya nakil hattının maliyeti hattın yerleşimi, uzunluğu, tipi, voltajı hatta enerji üretim santralinin kapasitesine göre farklılık göstermektedir. Kilometre başına 50.000$ ile 100.000$ arasında değişkenlik gösteren maliyetlere ek olarak mesafenin artması enerji iletimi sırasında oluşabilecek kayıpları da arttırmaktadır. Yatırım maliyeti düşürmek ve oluşabilecek enerji kaybını azaltmak için seçilen arazinin trafolara ve enerji nakil hatlarına yakın seçilmesi gerekmektedir.

Araziye ulaşım, yerleşim birimlerine uzaklık, kulenin yüksek olması gibi faktörler de ek maliyetlere neden olmaktadır. Rüzgâr türbininin göbek yüksekliğinin fazla olması enerji üretimini arttırırken, türbin maliyetini de yükseltmektedir. Ayrıca enerji potansiyeli yüksek fakat ulaşımı zor bir bölgede santralin kurulması kilometre başına yaklaşık 80.000$ yol yapım maliyetine neden olurken, kurulum ve işletme masraflarını arttırmaktadır (www.yildiz.edu.tr). Yapılan uygulamada trafo ve nakil hatlarınında dâhil olduğu elektrik alt yapısı 72.500$, nakliye 30.000$ ve sistemde oluşabilecek yıllık enerji kaybı yüzde 3 olarak alınmıştır.

Lisanssız güneş enerjisi santrallerinde olduğu gibi rüzgâr enerjisi santrallerinde de en az bir tüketicinin olması gerekmekte ve fazla olan elektrik üretimi şirketlere satılabilmektedir. Yapılan çalışmada tüketici kullanım miktarı bilinmediğinden hesaplamalara bu miktar dâhil edilmemiş, yıllık elde edilen elektrik enerjisinin tamamı üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

5346 Yenilenebilir Enerji Kanunu, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliğinde belirtilen 31.12.2020 yılına kadar gerçek ve tüzel kişilerin güneş enerjisi yatırımlarında üretilen 1 KWh elektrik için 7,3 cent ABD Doları ödenmekte ve devletin sağlamış olduğu teşviklerle birlikte elektriğin satış fiyatı en fazla 11 cent ABD Doları olabilmektedir. Sistemin kullanım anlaşması imzalandığı tarih itibariyle yatırımcılar destek fiyatlarından 10 yıl, yerli katkı ilavesinden ise 5 yıl süreyle faydalanabilmektedir. Örnek olarak hazırlanan bu uygulamada ithal ürünler kullanıldığı varsayıldığından 1 KWh başına 7,3 cent ABD Doları satış fiyatı ile 10 yıl sabit alım garantisinden faydalanacaktır.

Tablo-46 Rüzgâr Enerji Santralinin Yıllık Gider/Gelir Değişimi ve Yatırımın Geri Dönüşü

Yıl	İşletme Masrafları ($)	İşletme Masraf Değişim Oranı (%)	Enerji Üretimi (KWh)	Brüt Satış Geliri ($)	Net Satış Geliri (Masraflar Düşülmüş) ($)	Yatırımın Geri Dönüşü ($)
0						-1.330.000.00
1	8.599.78	-	2.448.000	178.704.00	170.104.22	-1.159.895.78
2	8.625.57	0,3	2.440.656	178.167.89	169.542.32	-990.353.46
3	8.651.45	0,3	2.433.334	177.633.38	168.981.93	-821.371.53
4	8.677.41	0,3	2.426.034	177.100.48	168.423.07	-652.948.46

5	8.703.44	0,3	2.418.755	176.569.12	167.865.68	-485.082.78
6	8.729.55	0,3	2.411.499	176.039.43	167.309.88	-317.772.90
7	8.755.73	0,3	2.404.265	175.511.35	166.755.62	-151.017.28
8	8.782.00	0,3	2.397.052	174.984.80	166.202.80	15.185.52
9	8.808.35	0,3	2.389.860	173.459.78	165.651.43	179.836.95
10	8.834.77	0,3	2.382.691	173.936.44	165.101.67	344.938.62
11	8.861.28	0,3	2.375.543	173.414.64	164.553.36	509.491.98
12	8.887.86	0,3	2.368.416	172.894.37	164.006.51	673.498.49
13	8.914.52	0,3	2.361.311	172.375.70	163.461.18	836.959.67
14	8.941.27	0,3	2.354.227	171.858.57	162.917.30	999.876.97
15	8.968.09	0,3	2.347.164	171.342.97	162.374.88	1.162.251.85
16	8.995.00	0,3	2.340.123	170.828.98	161.833.98	1.324.085.83
17	9.021.98	0,3	2.333.102	170.316.45	161.294.47	1.485.380.30
18	9.049.05	0,3	2.326.103	169.805.52	160.756.47	1.646.136.77
19	9.076.19	0,3	2.319.125	169.296.13	160.219.94	1.806.356.71
20	9.103.42	0,3	2.312.167	168.788.19	159.684.77	1.966.041.48
21	9.130.73	0,3	2.305.231	168.281.86	159.151.13	2.125.192.61
22	9.158.12	0,3	2.298.315	167.777.00	158.618.88	2.283.811.49
23	9.185.60	0,3	2.291.420	167.273.66	158.088.06	2.441.899.55
24	9.213.16	0,3	2.284.546	166.771.86	157.558.70	2.599.458.25
25	9.240.80	0,3	2.277.692	166.271.52	157.030.72	2.756.488.97
	222.915.12		**59.046.631**	**3.598.798.31**	**3.375.883.19**	**2.756.488.97**

Yukarıdaki hesaplamalarda yatırımın yüzde 100 özsermaye kullanılarak yapıldığı varsayılmıştır ve verilere yüzde 18 KDV dâhil değildir. Tabloyu oluşturan verilerin ortalamaları alındığında işletme masrafları 8.916.604$, enerji üretimi 2.361.865 KWh ve net gelir 135.035.32$ olduğu ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr enerjisi santrallerinin verimli çalışma süresi yaklaşık 20 yıl olsa bile bakım ve onarım ile sistemin ömrü 30 yıla kadar ulaşmaktadır. Rüzgâr enerji santralleri ortalama 5 ile 7 yıl arasında kendini amorti etmektedir. Örnek olarak hazırlanan çalışmada tesisin kendini 7 yılda amorti ettiği görülmektedir.

Tablo-47 GES ve RES Yatırımlarının Karşılaştırılması

	Yıllık Elektrik Üretimi (KWh)	**Yatırım Bedeli ($)**	**Elektrik Satış Fiyatı ($/KWh)**	**Yatırımın Geri Dönüşü (Yıl)**	**Ort. İşletme Masrafı ($)**	**Ort. Elektrik Üretimi (KWh)**	**Ort. Net Gelir ($)**
GES	1.390,000	1.170,000	0,133	6	7.112,060	1.309,750	137.726,61
RES	2.448,00	1.330,000	0,073	7	8.916,604	2.361,865	135.035,32

Çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları arasında Türkiye'nin jeolojik ve coğrafi özelliklerine en uygun olan güneş ve rüzgâr enerjisinin kuruluş maliyetleri karşılaştırılmıştır. Güneş enerjisi santralinde PV sistemler, rüzgâr enerji santralinde ise rüzgâr türbini yatırım maliyetlerinde en yüksek harcama kalemi olduğu ortaya çıkmıştır. Santrallerin ana bileşenini oluşturan sistemlerin yerli üretim olması halinde bu maliyetlerin daha da düşük olacağı kaçınılmazdır.

Yatırımların toplamı ve elde edilen güç bakımından karşılaştırıldığında güneş enerji santrali 1.170.000$ yatırım maliyeti ile 1.390.000 KWh elektrik üretimi, rüzgâr enerji santrali 1.330.000$ yatırım maliyeti ile 2.448.000 KWh elektrik üretimi gerçekleştirdiği, güneş enerjisi yatırımının kendini 6 yılda, rüzgâr enerjisi yatırımının ise kendini 7 yılda amorti ettiği görülmektedir. Uygulamanın yapıldığı bölge dikkate alındığında yüksek enerji potansiyeli nedeniyle rüzgâr enerjisi santrali yatırımının daha uygun olmasına rağmen 0,073$/KWh satış fiyatı ve güneş enerjisi santraline kıyasla yüksek bakım maliyetleri nedeniyle yatırımın geri dönüşü 7 yıla çıkmıştır.

Güneş ve rüzgâr enerji santralleri yatırımların maliyetleri ve çevresel etkiler dikkate alınarak mevcut termik ve kurulması planlanan nükleer santrallerle karşılaştırıldığında her iki santralin sürdürülebilir, temiz, ucuz ve güvenilir elektrik enerjisi üreten sistemler olduğunu söylemek mümkündür.

SONUÇ

Enerji, küresel gelişmelerin büyük hedeflerine ulaşmada kilit nokta olmuştur ve olmaya da devam etmektedir. Bir ülkenin sosyo-ekonomik gelişimini belirleyen etmenlerin başında enerji ve enerji tüketimi gelmektedir. Enerji ve enerji kaynakları toplumsal yaşamın her aşmasında en önemli girdi, uluslararası ilişkilerde ise güç kaynağı olarak kabul görmektedir.

Gelişmiş teknolojilerinin kullanımını sağlayan enerji, gelişmeler ile tüketimi artış yönünde ivme kazanmıştır. Enerji kullanımı gelişmişlik düzeyi göstergesi olarak kabul edilse de günümüzde enerji kaynaklarının tükenme yolunda olduğu düşünülürse aynı yorumu yapmak mümkün olmayacaktır. Günümüz şartlarında enerji kıtlığı gelişmiş ülkeler için yaşam kalitesinin düşmesi iken, gelişmekte olan ülkeler için yoksulluk anlamına gelmektedir. Bu nedenle mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanımı önem arz etmektedir.

Enerji verimliliği tüketimin azaltılmasında birincil faktördür. 1990 yılından günümüze kadar yapılan verimlilik yatırımları sonucu 520 MTEP tüketim azalımı gerçekleşmiştir. Bu miktar Japonya ve Kore'nin enerji tüketiminden daha büyüktür. 2014 yılında gerçekleşen 46 MTEP tasarruf, son 10 yılın en yüksek miktarıdır.

Endüstrileşme ile birlikte gereken enerji ihtiyacının fosil kaynaklardan temin edilmesi, atmosfere yayılan zararlı gazların küresel düzeyde yaşanan çevre sorunlarını da neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre Sanayi Devrimi'nin başladığı 18.yy. ile günümüz durumu karşılaştırıldığında karbondioksit oranının yüzde 40, metan gazının ise yüzde 150 arttığı, yerkürenin ortalama 0.85ºC ısındığını ve bu ısınma 1960'dan günümüze kadar olan dönemde hızlandığı belirtilmektedir.

Dünyada 1990 yılında gerçekleşen toplam CO_2 emisyon salınımı 22.5 milyar ton iken, 2014 yılında bu miktar 35.7 milyar tona ulaşmıştır. 2014 yılında atmosfere salınan emisyonun yaklaşık yüzde 29,69'unu Çin, yüzde 14,84'ünü ABD gerçekleştirmiştir. Türkiye'de ise 2013 yılında 459,1 milyon ton olan CO_2 emisyonunda paya sahip olan sektörler yüzde 67,8 enerji üretimi, yüzde 15,7 endüstriyel işlemler, yüzde 10,8 ürün kullanımından kaynaklanmaktadır.

Günümüz enerji kaynaklarının büyük bölümünü fosil kaynaklar oluşturmaktadır. Kömür, bölgesel olarak diğer fosil kaynaklara göre daha geniş dağılım göstermektedir. Antrasit ve bitümlü kömür rezervinin yüzde 39,1'i Asya Pasifik, alt bitümlü ve linyit rezervinin yüzde 44,6'sı Avrupa ve Avrasya ülkeleri sahiptir. Dünya toplam kömür rezervinin ise yüzde 34,8'i Avrupa ve Asya bölgesinde yoğunlaşmaktayken, ABD (%26,6), Rusya (%17,6) ve Çin (%12,8) dünya kömür rezervlerinin yüzde 57'sine oluşturmaktadır. Petrol rezervleri belli bir coğrafyada yoğunlaşmış olup, yüzde 47,6'sı Orta Doğu'da bulunmaktadır. Orta Doğu aynı zamanda dünya doğalgaz rezervlerinin yüzde 67'sine de sahiptir. Yapılan hesaplamalara göre mevcut tüketimin devam etmesi halinde kömürün 110 yıl, petrolün 53 yıl ve doğal gazın 54 yıl kullanım süresi kalmıştır.

BP'nin 2035 yılı enerji alanında gerçekleşebilecek değişimlerin yer aldığı raporunda 2013 yılında 7,1 milyar olan dünya nüfusunun 2035 yılında 8,7 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Nüfusta beklenen 1,6 milyarlık artış, enerji tasarruf alanında yeni politikalar, girişimler oluşturulsa bile artan ihtiyacı karşılamak adına gelecekte daha çok enerji arzını zorunlu kılmaktadır.

Dünya genelinde gerçekleşen enerji tüketiminin büyük bölümü birincil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. 2014 yılında birincil enerji tüketimi yüzde 0,9 artışla 12.928.4 MTEP ulaşmıştır ve bu tüketimin yüzde 87'sini fosil enerji kaynakları oluşturmaktadır. Küresel ölçekte fosil enerji kaynakları arasında en büyük pay petrolün olsa da günümüzde düşüş eğilimi göstermektedir. 2000 yılında yüzde 38 olan payı şu anda yüzde 33'tür. Buna karşın kömür enerji kaynakları arasında payını arttırma yönündedir ve oranı yüzde 25'ten yüzde 30'a çıkmıştır.

Uluslararası kurum ve kuruluşların enerji projeksiyonlarına göre fosil kaynakların uzun dönem içerisinde yüzde 75'lik bir pay ile yerini koruyacağı öngörülmektedir. Kömürün sanayide kullanımının azalması, petrolün ulaştırmada yerini elektriğe bırakması ve yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artması sonucu fosil enerji kaynak tüketiminde azalma kaydedilebilecektir. 2035 yılında doğal gaz düşük CO_2 emisyonuna sahip olması nedeniyle hızla artış gösterirken, yüzde 1,9 petrol, yüzde 0,8 ile kömürün takip edeceği varsayılmaktadır.

Türkiye'nin petrol ve doğal gaz rezervi düşük sınırlarda olmasına rağmen 1,7 milyar ton taş kömürü, 14,2 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır ve dünya toplam rezervinin yüzde 1'ine denk gelmektedir. Türkiye'de taş kömürü sadece Zonguldak havzasında bulurken, linyit genel bir dağılım gösterse de Afşin Elbistan Havzası (AEL) ve ege bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Afşin-Elbistan 4,8 milyon ton, Konya-Karapınar 1,8 milyon ton ve 1,4 milyon ton ile Eskişehir-Alpu en yüksek rezervlere sahip olan havzalardır. Türkiye'nin 2014 toplam enerji tüketiminde kömürün payı yüzde 32,2'dir ve 2013 yılında 83,3 milyon ton olan kömür tüketimi 2014 yılında yüzde 14 artarak 96,1 milyon tona ulaşmıştır (Taş kömürü yerli+ithal 31,4 milyon ton, linyit 64,7 milyon ton). Linyit kömürünün talebi yerli üretimle karşılanırken, taş kömürünün talebi karşılayamaması sebebiyle yüzde 95'i ithal edilmektedir.

Komşu ülkelerle mukayese edildiğinde petrol ve doğal gaz yönünden fakir olan Türkiye'de Güneydoğu Anadolu başta olmak üzere Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde petrol arama ve çıkarma faaliyetleri devam etmektedir. 2014 yılı itibariyle rezervuarda bulunan ispatlanmış 1.045 milyon ton petrol bulunmaktadır ve üretimi gerçekleşen 2,4 milyon ton petrol, mevcut talebin yüzde 7'ni karşılayabilmektedir. Türkiye artan talebi kısıtlı üretimi nedeniyle yerli kaynaklarla karşılayamamaktadır ve petrolün yüzde 93'ünü ithal etmektedir. Ülkede toplam tüketim içerisinde petrolün payı yüzde 30'dur ve 2014 yılında petrol tüketimi 33,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye petrol tüketiminde olduğu gibi doğal gazda da artan talebi yerli kaynaklardan karşılayamaması nedeniyle arz edilenin yüzde 98,8'ini ithal etmektedir. 2014 verilerine göre ülkenin ispatlanmış 23.079 milyar m^3 rezervi bulunmaktadır ve bu yılda gerçekleşen 502 milyon m^3'lük üretim, mevcut talebin ancak yüzde 1'ini karşılabilmektedir. Türkiye'de toplam enerji tüketimi içerisinde doğal gazın payı yüzde 32,3'tür ve 2014 yılı doğal gaz tüketimi yüzde 6,5 artarak 48,6 milyar m^3 olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye son yıllarda OECD ülkeleri arasında enerji talebinin en hızlı arttığı ülke konumundadır. 1990 yılında enerji ithalatında dışa bağımlılık yüzde 51,9 iken, bu oran 2013 yılında yüzde 73'e ulaşmıştır. Uluslararası kuruluşların değerlendirmelerine göre Türkiye'de meydana gelen enerji talebi 2030 yılına kadar elektrik talebine bağlı

olarak yüzde 42 artması öngörülmektedir. Ülkenin enerjide dışa bağımlı olması ağır dış ödeme yükünü de beraberinde getirdiğinden büyümenin hafifletilmesi amacıyla verimliliğin yüksek olduğu elektrikli aletler ile tedbirler uygulaması, enerji arzında yenilenebilir enerjinin payının arttırılması gerekmektedir.

Küresel enerji ihtiyacının yüzde 19,1'i karşılayan yenilenebilir enerji kaynakları elektrik, ısı ve ayrıca biyokütleden biyoyakıt üretiminde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları dünyada üretilen elektrik enerjisinin yüzde 22,8'ini sağlamakta ve üretilen elektrik enerjisinin yüzde 16,6'sı hidrolik enerji, yüzde 3,1'i rüzgâr ve kalan yüzde 3,1'ini biyokütle, PV, jeotermal, CSP ve okyanus enerjisi oluşturmaktadır.

Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynağı olmanın yanında hammaddesinin heryerde yetiştirilebilmesine ve atıkların değerlendirilmesine olanak sağlayan, elektrik üretimi ve yakıt elde edilmesine uygun olması nedeniyle sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından biri olarak kabul görmektedir. Biyokütle enerjisinin ısı, elektrik ve ulaşım sektörlerinde kullanımının artmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisindeki payı da artmaktadır. Mevcut tüketimin yaklaşık yüzde 60'ı klasik kullanım sonucu oluşurken, geriye kalan kısmı ise modern biyokütle teknolojileri ile dönüşümü sonrası katı, sıvı ve gaz formlarında kullanılmaktadır Özellikle modern biyokütle kaynaklarından olan biyoyakıtın (biyodizel ve biyoetanol) üretilebilmesi, ulaştırma sektöründe fosil yakıtlara ikame olacak yakıtı oluşturmaktadır.

Biyokütle dünyada ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanılsa da geriye kalan kısmı biyoenerji santrallerinde ısı elektrik enerjisine çevrilmekte ve kullanılan biyokütlenin yüzde 75'i katı biyoyakıtlardan elde edilmektedir. 2014 yılında 93 GW olan biyoenerji kapasitesi ile 433 TWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Biyokütleden elektrik üretiminde ABD 69,1 TWh, Almanya 49,1 TWh, Çin 41,6 TWh, Brezilya 32,9 TWh ve Japonya 30,2 TWh ile dünyanın lider ülkeleridir.

Küresel biyoyakıt üretimi 2014 yılında yüzde 9 artarak toplam 127,7 milyar litre olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleşen toplam üretimin 94 milyar litresi biyoetanol, 30 milyar litresi biyodizel ve geriye kalan biyogaz (biyometan)'dır. Biyoetanol, küresel düzeyde en fazla üretilen biyoyakıt türüdür. Biyoetanol piyasasının önde gelen

dört üreticisi ABD, Brezilya, AB ve Çin'dir. 2014 yılında toplam biyoetanol üretimini ABD (%58), Brezilya (%28), AB (%6) ve Çin (%3) tarafından gerçekleştirilmiştir. Biyoetanolden sonra en fazla üretimi gerçekleşen biyoyakıt türü biyodizeldir. Küresel düzeyde en fazla üretim AB (%39) (Almanya %11), ABD (%16), Brezilya (%11), Endonezya (%10) ve Arjantin'de (%9,7) gerçeklemiştir. Biyogazda AB lider konumdadır ve üretimi hızla artmaktadır. Ulaşım yakıtı olarak da kullanılan biyogaz, üretiminin yaklaşık yüzde 10'u Avrupa'da ulaşım sektöründe değerlendirilmektedir.

Türkiye'de ise biyokütle ve biyoyakıt potansiyelinin yüksek olmasına karşın, üretimi ve tüketimi diğer ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür. 2014 yılında 4.577 bin ton bitkisel ve hayvansal atıkların 245 bin tonu elektrik santrallerinde, 4.332 tonu konut ve hizmet sektöründe kullanılmıştır. Atıklardan 1.433 GWh elektrik üretimi, 62.278 ton biyoetanol ve 32.240 ton biyodizel üretimi gerçekleşmiştir.

Dünyanın temel enerji kaynağı olan güneş, canlı yaşamı için de önemli bir kaynaktır. Günümüzde kullanılan doğal enerji kaynaklarının birçoğu güneş kökenlidir. Güneşten faydalanarak kullanılabilir enerji elde etmek için güneşin atmosfere ilettiği ısı ve ışığın insanoğlunun temel gereksinimleri olan elektrik ve ısı enerjileriyle birleştirip yararlanmayı mümkün kılarken, günümüzde güneş enerjisine yönelim hızla artmaktadır. Özellikle şebeke bağlantısının bulunmadığı veya bağlantının ekonomik olmadığı bölgelerde enerji gereksiniminin karşılanmasında güneş enerji sistemleri önemli rol oynamaktadır.

Güneş enerjisinde farklı alanlara hizmet eden çeşitli teknolojiler mevcuttur. CSP olarak bilinen termal sistemlere dünya genelinde talep hızla artmakta ve yapılan analizlere göre toplam elektrik ihtiyacının 2030 yılında yüzde 6'sını, 2050 yılında ise yüzde 12'sini karşılayacak seviyeye ulaşması beklenmektedir. 2015 yılı sonunda 4,9 GW'a ulaşan kurulu kapasitede İspanya 2.374 MW ve ABD 1.873 MW ile dünyanın lider iki ülkesidir. Küresel PV sistemleri 2015 yılı sonunda çoğunluğunun şebekeye bağlı tesislerin oluşturduğu 227 GW güçteki kurulu kapasite ile dünya elektrik talebinin yüzde 1,3'ünü karşılamaktadır. PV sektöründe Çin 43,5 GW, Almanya 39,7 GW, Japonya 34,4 GW, ABD 25,6 GW ve İtalya 18,9 GW ile dünyanın lider ülkeleridir. Elektrik enerjisi üretiminin yanı sıra ısı ve sıcak su sağlayan sistemler bulunmaktadır. Aktif güneş ısıtma sistemleri olarak adlandırılan bu teknoloji 406

GWth kurulu kapasite ile yıllık 341 TWh ısı üretimi gerçekleştirmiştir. Çin, güneş ısıtma sistemlerinde kurulu kapasitesinin yüzde 70'ini oluşturmaktadır. Dünya genelinde oteller, okullar ve diğer büyük tesislerde su ısıtma amaçlı kullanılan sistemler haricinde gelişmiş sistemler ile güneş enerjisi soğutma ve endüstriyel uygulama alanlarında da ilgi artmaktadır.

Türkiye, bulunduğu coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeden şanslı konumdadır. Ülkenin 27,3 milyon TEP güneş enerji potansiyeli, yılın 10 ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak ülke yüzölçümünün yüzde 63'ünden ve tüm yıl boyunca da yüzde 17'sinden yararlanabilecek seviyededir. Aldığı 10^{15} KWh toplam güneş enerjisi ile gerekli yatırımların yapılması durumunda Karadeniz bölgesi haricinde yılda birim m^2'den 1.100 KWh'lik enerji üretilebilecek durumdadır. Türkiye'de en yaygın güneş enerjisi uygulaması Akdeniz ve Ege bölgelerinin ağırlıkla olduğu termal su ısıtma sistemleridir. Kurulu alan 18 milyon m^2 olup, yıllık üretim hacmi 2 milyon m^2'dir. Türkiye mevcut üretim hacmiyle dünyanın lider ülkeleri arasındadır. 2014 yılında üretilen 803 bin TEP ısı enerjisinin 523 bin TEP'i konutlarda, 280 bin TEP'i ise endüstriyel amaçlı kullanılmıştır. Türkiye'de güneş enerjisi yatırımlarında en hızlı gelişim PV sektöründe olmuştur. 2015 yılı sonunda 248,8 MW güç üreten 362 tesis bulunmaktayken, Mart 2016 sonunda kurulu güç 357,7 MW'a, tesis sayısı ise 492 olmuştur ve güneş enerjisinin birincil enerji arzındaki payı yüzde 0,5'tir.

Hidrolik güç temiz, yenilenebilir, yüksek verimli (%90 üzeri), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolünü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), dışa bağımlılığı olmayan yerli ve yenilenebilir enerji kaynağıdır. Küresel olarak elektrik üretimin yüzde 16'sını, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin ise yüzde 85'ini temsil ettiğinden hidroelektrik enerjisi önemli bir enerji kaynağıdır. Küresel hidroelektrik kapasitesi 2015 yılında devreye alınan 33,7 MW (Pompaj depolamalı dâhil) ile 1.212 GW'a ulaşarak, toplam kapasite 3.975 TWh elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Dünya genelinde en yüksek kurulu kapasite Doğu Asya ve Pasifik bölgesindedir ve ülke olarak ilk sırada Çin, ardından Japonya ve Vietnam gelmektedir. Bölgenin ve dünyanın enerji devi olan Çin, 19,4 GW hidroelektrik ve

1.230 MW pompaj depolamalı yeni tesislerini devreye alarak 2015 yılında en yüksek kapasite artışını gerçekleştiren ülke olmuştur.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinde hidrolik enerji önemli bir yere sahiptir. Hidrolik kaynakların teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar KWh, teknik potansiyeli 216 milyar KWh ve ekonomik potansiyeli 140 milyar KWh'tır. Teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin yüzde 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin yüzde 16'sına denk gelmektedir. Mart 2016 sonu itibariyle Türkiye'de faaliyette bulunan 19.293,3 MW kurulu güçteki hidrolik barajlı 110 tesis ve 6.863,2 MW kurulu güçteki akarsu üzerinde 454 tesis bulunmaktadır. Toplamda 26.156,5 MW kurulu güce sahip 564 HES tesisin birincil enerji arzındaki payı yüzde 35,4'tür.

Önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerji, akışkan sıcaklığı ve bölge koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Jeotermal enerjinin kullanımı genel olarak elektrik üretimi ve doğrudan kullanım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Dünyada jeotermal enerjiden 2015 yılında 12.635 MW kurulu kapasite ile 73.549 GWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Jeotermal kurulu kapasitesinin büyük bölümü ABD (3.450 MW), Filipinler (1.870 MW), Meksika (1.017 MW) ve İtalya (916 MW)'dadır. Dünyada jeotermal enerjinin doğrudan kullanımda toplam kurulu kapasite 70.329 MWt ve yıllık kullanım 587.786 TJ'e ulaşmıştır. Avrupa'da (BDT dâhil) 37 ülkede jeotermal enerji doğrudan kullanılırken, Asya Pasifik yılda yüzde 45,3 TJ kullanım oranıyla en yüksek kaynak kullanımının gerçekleştiği bölgedir. Direkt kullanım (ısı pompası dâhil) toplam kapasitede Çin (17.870 MWt), ABD (17.415 MWt), İsveç (5.600 MWt), Türkiye (2.886 MWt) ve Almanya (2.849 MWt) dünya toplamının yüzde 65,8'ini temsil ederken, jeotermal enerji kullanımında (ısı pompası dâhil) Çin (174.632 TJ), ABD (75.862 TJ), İsveç (51.920 TJ), Türkiye (45.126 TJ) ve Japonya (26.130 TJ) dünya toplamının yüzde 63,6'sını oluşturmaktadır.

Türkiye'nin mevcut jeotermal kuyular ve kaynakların toplam jeotermal kapasitesi 5000 MWt değerine ulaşmıştır. Teorik ısı potansiyelinin 31.500 MWt olduğu varsayılsa da yapılan hesaplamalara göre olası jeotermal ısı potansiyelinin yaklaşık 60.000 MWt değerinde olduğu belirtilmekte ve ülke bu potansiyeli ile dünyada yedinci Avrupa'da ise birinci sırada yer almaktadır. Türkiye'nin teorik

jeotermal elektrik üretim potansiyeli, 2.000 MWt (16 milyar KWh/yıl) olup, muhtemel teorik potansiyeli 4.500 MWt (36 milyar KWh/yıl) olarak belirtilmektedir. Mart 2016 itibariyle jeotermal enerjiden elektrik üretiminde kurulu kapasite 22 santral ile 647,95 MW'a, toplam kurulu güçteki payı ise yüzde 0,9'a ulaşmıştır. Mevcut lisanslı kapasitenin inşaatı devam eden ve proje aşamasında olan santrallerle birlikte 752 MW'a ulaşması beklenmektedir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım amaçlı kurulu kapasitesi (ısı pompaları dâhil) 3.121.8 MWt'dir ve bu kapasite ile dünyanın en yüksek kurulu kapasitesine sahip beş ülkesi arasında yer almaktadır. Ülkedeki jeotermal kaynakların büyük bölümü ısı üretimine uygun sıcaklıkta olması nedeniyle, mevcut kaynaklar 19 yerleşim yerinde kurulu merkezi ısıtma sistemi ile 114 bin konut, 3.900 dekar sera alanı, 400'e yakın termal tesis ve diğer uygulamalar için kullanılmaktadır.

1970'lerde yaşanan petrol kriziyle birlikte önem kazanmaya başlayan rüzgâr enerjisine yatırımlar günümüzde hızla artarak devam etmektedir. 2014 yılında 369.705 MW olan kurulu güç, yüzde 17oranındaki rekor bir artışla 432.883 MW'a ulaşmıştır ve mevcut kurulu güç ile üretilen 186 TWh elektrik enerjisi, dünya enerji arzının yüzde 3,3'ünü temsil etmektedir. Rüzgar enerjisinde 145.362 MW kurulu güç ile Çin dünyanın lider ülkesidir. Avrupa 148 MW toplam kurulu kapasiteye sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların yüzde 44'ünü RES'ler oluşturmaktadır. Rüzgâr enerjisi 2015 yılı sonunda yüzde 15,6 pay ile AB elektrik üretiminde en büyük üçüncü enerji kaynağı olarak hidroelektriği geçmiştir.

Rüzgâr enerjisi açısından oldukça zengin bir ülke konumunda olan Türkiye'de rüzgâr potansiyeli Marmara, Ege ve Karadeniz kıyılarında yoğunlaşmaktadır. Türkiye'de zeminden 50 m yükseklikte ve 7 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip alanlarda km^2 başına 5 MW gücünde RES kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller doğrultusunda rüzgâr sınıfı iyi ve sıradışı arası rüzgâr enerjisi potansiyeli 47.849 MW olarak belirlenmiştir ve bu araziler ülke toplamının yüzde 1,30'unu oluşturmaktadır. Orta ve sıradışı arasındaki rüzgâr enerji potansiyeli ise 131.756 MW'tır ve Türkiye arazi toplamının yüzde 3,57'sine denk gelmektedir. Günümüz itibariyle işletmede olan 137 rüzgâr enerji santralinin toplam kurulu gücü 4.781 bin MW'a ulaşmıştır. İnşaat ve proje aşamasındaki santrallerin de işletmeye alınmasıyla kurulu gücün yaklaşık 7 MW'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. Kurulu güç ile ülkenin

mevcut potansiyeli karşılaştırıldığında rüzgâr kapasitesinin sadece yüzde 3,62'sinin kullanıldığı görülmektedir. Ülkede işletmede olan 122 lisanslı, 15 lisanssız RES, yıllık 12.644 GWh elektrik üretimi ile ülke enerji arzının yüzde 4,86'ını karşılamaktadır.

Türkiye'de son yıllarda yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanılarak elektrik üretiminde değerlendirilmesi adına önemli adımlar atılmaktadır. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunu' nun (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK) 2005 yılında yürürlüğe girmesinin ardından yenilenebilir enerji alanında ilerleme kaydedilmeye başlanmıştır. Bununla birlikte, Aralık 2010'da YEK'de yapılan değişiklikler sonucunda bazı kaynaklarda daha yüksek sabit fiyat garantisi ve çeşitli parasal ve parasal olmayan teşvikler getirilerek, enerji sektöründe önemli ölçüde canlanma sağlanmıştır. Özellikle, sabit fiyat garantilerinin revize edilmesiyle yenilenebilir enerji yatırımlar hem yurt içindeki hem de yurtdışındaki uluslararası yatırımcıların ilgisini çekmeye başlamıştır. Mayıs 2005'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi yasası gereğince, projelerin hizmet bedellerinde muafiyet sağlanırken, enerji üretim tesisleri ve AR-GE yatırımları gibi yatırım sürecinde olan yatırımcılara çeşitli teşvikler de sağlanmaktadır. Ayrıca Türkiye'de lisanslı elektrik üretimi dışında lisanssız elektrik üretimi de mümkün hale getirilmiştir.

Türkiye'de sanayi tesislerinin yoğunluğu, yüksek istihdam, göç vb. nedenlerden dolayı enerji talebi ve elektrik tüketiminin en yüksek olduğu bölge Marmara Bölgesi'dir. Bu nedenle tezin son bölümünü oluşturan GES ve RES örneklerinde Edirne ili seçilmiş, yatırımlara uygunluk açısından incelenerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Edirne, yaz döneminde 30ºC'nin altına düşmeyen sıcaklıklarla, Haziran ayında m^2'ye düşen en yüksek radyasyon değerlerine ulaşmakta, Temmuz ayında ise en uzun güneşlenme süresi görülmektedir. Rüzgar enerjisi bakımından da uygun konumda olan Edirne'de toplamda 694.02 km^2'lik alanda 3.470,08 MW kurulu güce sahip RES kurulabilecek durumdadır.

Son verilere göre Edirne'de 192 MW kurulu güce sahip 6 RES'ten 3 tanesi tam kapasite çalışırıken, 2 tesis kısmi işletmede,1 tanesi ise inşaat halindedir. Ayrıca

toplam kurulu güçleri 9.990 KW olan 10 RES'in başvurusu teknik olarak uygun görülmüş ve bağlantı noktaları verilmiştir. İl'de güneş enerjisinden elektrik üretimi gerçekleştiren tek tesis bulunmaktadır. 0,49 MW güce sahip santral, 720 MWh elektrik üretimi gerçekleştirmektedir.

Bu bilgiler ışığında örnek olarak hazırlanan santrallerden GES kurulum yeri Uzunköprü ilçesi, RES kurulum yeri olarak da İpsala ilçesi seçilmiş, kurulu güç olarak da lisanssız üretimin en üst sınır olan 1 MW belirlenmiştir.

Güneş enerji santralinin kurulacağı noktadaki güneş verileri ve yıllık ortalama üretilebilecek değer PVGIS programı kullanılarak 1.390 MWh bulunmuş, 250 watt güce sahip 4.000 adet güneş paneli kullanılacağı varsayılmıştır. Alınan bilgiler sonucunda yapılan hesaplamada ilk yatırım bedeli 1.170.000$, yatırımın geri dönüşümü ise 6 yıl olarak belirlenmiştir. Yatırımın ortalama 25 yıl ömrü olduğu göze önüne alınarak yapılan hesaplamalarda yıllık ortalama enerji üretimi 1.309.750 KWh ve net gelir 137.726.61$ olduğu ortaya çıkmaktadır.

Rüzgâr enerji santralinin kurulacağı alandaki değerler NASA meteoroloji verileri de dikkate alınarak RETScreen4 programı ile kapasite faktörü yüzde 27,9, yıllık enerji üretimi 2.448 MWh bulunmuş, 50 metre göbek yüksekliği bulunan 1 MW gücündeki rüzgâr türbini kullanılacağı varsayılmıştır. Alınan bilgiler sonucunda yapılan hesaplamada ilk yatırım bedeli 1.330.000$, yatırımın geri dönüşümü ise 7 yıl olarak belirlenmiştir. Güneş enerjisinde olduğu gibi rüzgâr enerjisi yatırımının ortalama 25 yıl ömrü olduğu göze önüne alınarak yapılan hesaplamalarda yıllık ortalama enerji üretimi 2.361.865 KWh ve net gelir 135.035.32$ olduğu ortaya çıkmaktadır.

Sanayileşme, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışıyla birlikte elektrik tüketimi dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hızla arttığı görülmektedir. Türkiye'de son 25 yıl incelendiğinde kişi başına düşen elektrik tüketimi 4 kat artmıştır. Yapılan projeksiyonlara göre de elektrik tüketim artışının devam edeceği belirtilmektedir. Bu nedenle ülkenin yerli kaynaklarından olan yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi artan enerji talebinin karşılanmasında, fosil kaynak ithalatının

azaltılmasında, sera gazı salınımının önlenmesine katkıda bulunurken, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesine olanak tanıyacaktır.

Türkiye'de yenilenebilir enerji yatırımların önündeki en önemli engeller;

❖ Sık değişime uğrayan politikalardan kaynaklı belirsizlik

Çözüm: Uzun vadeli politikalar

❖ Finansman zorlukları

Çözüm: Yurt içi ve yurt dışı uzun vadeli proje finansmanı

Çözüm: Alternatif yatırım modelleri geliştirme

❖ Yüksek yatırım maliyetleri

Çözüm: İlgili mekanik ve/veya elektro-mekanik imalat sektörünün geliştirilmesi.

Mevcut potansiyeli faaliyete geçirmek ve enerji arzında yenilenebilir enerji payının arttırılabilmesi;

❖ Enerji ve çevre konularının ekonomik, ekolojik, sosyal, siyasi ve teknik açıdan araştırılarak,

❖ Çözüm üreterek,

❖ Çözümleri teşvik ederek ve

❖ Toplumun bilinçlendirilmesiyle gerçekleşecektir.

KAYNAKÇA / BİBLİYOGRAFYA

Ablabekova, A. (2008), "İktisadi Etkinlik Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fosil Yakıtlar ile Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Acaroğlu, M. (2013), *Alternatif Enerji Kaynakları,* Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 3. Basım.

Adıyaman, Ç. (2012), "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları", *Yüksek Lisans Tezi,* Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.

Agence Française Developpement (AFD), "Huoi Quang Hydroelectric Power StationProjecect",http://www.afd.fr/lang/en/home/pays/asie/geo-asie/afdvietnam/cac-du-an-cua-afd-tai-viet-nam/energie-et-climat-1/huoi-quang-hydroelectric-power station-project, Erişim: (14.06.2016).

Agyeman, G., A., Loiland, J., Karow, R. ve Hang, A., N. (2002), "Safflower", *Oregon State University (OSU) Extension Service,* EM 8792.

Ağçay, M. (2007), "Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgâr Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması", *Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması,* Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Bölümü, İstanbul.

Akalın, B. ve Seyrekbasan, A., M. (2015), "Dünyadaki Biyoetanol Politikalarının Türkiye Koşulları ile Karşılaştırılmalı İncelenmesi ve Türkiye Şartlarına Uygunluk Açısından Biyoetanol Üretiminde Kullanılan Hammaddelerin Değerlendirilmesi", *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 29, Sayı: 1, s. 157-168.

Akçay, Y., Çıtıroğlu, H., K., Çakır, A. ve Bacak, G. (2014), "İnegöl-Oylat Jeotermal Kaynağının Termal Turizm Açısından Değerlendirilmesi", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 2, s. 27-37.

Akdeniz İhracatçı Birlikleri (AKİB) (2015), *Yeni Teşvik Sistemi & Yatırımlarda Devlet Yardımı*, Ankara.

Akıllı, H. ve Ersöz, M., C. (2002), "The Application and the Progress of Geothermal Energy in Turkey", *Kuju Geothermal and Volcanological Research Station, Kyushu University Report,* 67-78.

Akın, M. ve Akın, G. (2007), "Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, su Havzaları ve Su Kirliliği", *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi,* Cilt: 47, Sayı: 2, s. 105-118.

Akınsal, A. (2009), "Rüzgar Enerjisi ve Türkiye Rüzgar Potansiyeli Rüzgar Enerjisinde Değişken ve Sabit Fiyat Tarifeleri ve Enerji Depolama Teknikleri", *Yüksek Lisans Tezi,* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aktaş, M. (2014), "Türkiye'de Kömür Madenciliği ve Enerjinin Rolü", http://www.tki.gov.tr/Dosyalar/Dosya/YAZILI%20B%C4%B0LD%C4%B0R%C4%B0%20METN%C4%B0.pdf, Erişim (05.03.2016).

Alçiçek, A. ve Demiruluş, H. (1994), "Çiftlik Gübrelerinin Biyogaz Teknolojisiyle Kullanımı", *Ekoloji Çevre Dergisi,* Ekim-Kasım-Aralık, Sayı: 13, 5-9.

Alptekin, E. ve Çanakçı, M. (2006), "Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu", *Mühendis ve Makina,* Cilt: 47, Sayı: 561, s. 57-64.

Alstom, "Alstom Will Deliver Equipment for the 1.200 MW Lai Hydro Power Plant in Vietnam", http://www.alstom.com/press-centre/2013/1/alstom-will-deliver-equipment-for-the-1200-mw-lai-chau-hydro-power-plant-in-vietnam/, Erişim: (14.05.2016).

Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği "Yenilenebilir Enerji Kaynağı – Biyoyakıtlar", http://www.albiyobir.org.tr/biyoyakitlar.htm, Erişim (11.03.2016).

Altıntaş, G., B. (2005), "Tarım Sektöründe Bölgemizin Yeri ve Önemi", *AR&GE Bülten*, İzmir Ticaret Odası, Kasım 2005.

American Wind Energy Association (AWEA) (2015), "Technical Conference on Environmental Regulations and Electrıc Reliability, Wholesale Electricity Markets, and Energy Infrastructure", http://www.ferc.gov/CalendarFiles/20150213081555-Gramlich,%20AWEA.pdf, Erişim: (06.06.2016).

Ar, F. (2012), "Biyoetanol Kullanım Zorunluluğunun Türk Ekonomisinde Yaratacağı Etkiler" *DEK-TMK 12. Enerji Kongresi.*

Archer C., L. ve Jacobson, M., Z. (2013), "Geographical and Seasonal Variability of the Global "practical" wind resources " *Appilied Geography*, Sayı: 43, s. 119-130.

ARKN Enerji, "Jeotermal", http://www.arknenerji.com/jeotermal/, Erişim: (17.06.2015).

Armstead, C., H. (Ed) (1973), *Geothermal Energy*, Unesco, Fransa.

Arslan, S., Darıcı, M. ve Karahan, Ç. (2001), "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Jeotermal Enerji Semineri*, s. 21-28.

Aslan, E. (2010), "Alangüllü (Aydın) Jeotermal Kaynağının Kimyasal Özellikleri ve Çevreye Olan Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Belirlenmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, İzmir.

Aşker, M. (2013), "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları", http://gensed.org/CF/CD/1346016ef040f9bbf9d2a5517382a30ee4d71387896230.pdf, Erişim: (07.05.2016).

Ata, B. (2013), *Bilim, Teknoloji ve Sosyal Değişme*, Ankara: Pegem Akademi, 5. Basım.

Atalay, İ. (2012), *Genel Fiziki Coğrafya,* İzmir: Meta Basım, 7. Baskı.

Atalay, M. (2003), "Türkiye'de Petrol Aramacılığının Önemi", *21. Yüzyıl Dergisi,* Cilt: 9, Sayı:1, s.169-191.

Atlıhan, A., B. (2006), "Rüzgar Enerjisi ve Darrieus Rüzgar Çarklarının İncelenmesi", *Doktora Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Atılgan, M., Altan, B., D. ve Atlıhan, A., B. (2009), "Rüzgâr Türbini Uygulamaları", *RÜGES 2009 2. Rüzgâr Sempozyumu*, s. 1-7.

Avcıoğlu, A, O. (2011), *Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 1. Basım.

Aydın, L. (2014), *Enerji Ekonomisi ve Türkiye Politikaları*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 1. Basım.

Babaoğlu, M. (2014), "Dünyada ve Türkiye'de Aspir Bitkisinin Tarihi, Kullanım Alanları ve Önemi", *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,*

http://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=58,Erişim: (15.03.2016).

Bandırma Ticaret Borsası, "Rüzgâr Enerjisi", http://www.bantb.org.tr/upload/dosyalar/583_yenerji.pdf, Erişim: (05.06.2016).

Başçetinçelik, A., Öztürk, H., H. ve Karaca, C. (2009), "Türkiye'de Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretimi", TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 109.

Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H., H., Kaçıra, M., Ekinci, K. (2005), "Agricultural Biomass Potential in Turkey", *Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture,* İzmir, 195-199.

Bayar, R. ve Yılmaz, M. (2004), "Türkiye'de Soya Fasulyesi ve Önemi", *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, ISSN: 1303-5134.

Belarusian Web Portal on Renewable Energy, "Wind Energy Overview", http://re.energybel.by/en/renewable-energy-technologies/wind/, Erişim: (06.06.2016).

Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, Akaryakıt Seri No: 23, Resmi Gazete, Sayı: 28067, 27.09.2011.

Bergman, J. ve Hans, K. (2013), "Safflower Production", *North Dakota State University (NDSU) Extension Service,* A870.

Bertani, R. (2015), "Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-19.

Beşergil,B.,"HampetrolünKökeniveOluşumu"http://www.bayar.edu.tr/besergil/hampetrolun_kokeni_ve_olusumu.pdf, Erişim (27.02.2016).

Bilgin Enerji, "Pembelik Barajı ve Hidroelektrik Santrali", http://www.bilgin.com.tr/pembelik.asp?ide=pembelik, Erişim: (14.05.2016).

Bilim Teknoloji İnovasyon Politikaları Tartışma Platformu "Çevre Dostu ve Yenilenebilir Enerji ile İlgili Teknolojiler - Alt Grup Raporu: Biyokütle Enerjisi", http://www.inovasyon.org/pdf/cd.bolum6.pdf, Erişim: (11.03.2016).

Bina Enerji Performansı (BEP), "Binalarda Enerji Verimliliği: Binalarda Enerji Performansı", http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/#.Vs22upyLTIU, Erişim: (23.02.2016).

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, "GEF Küçük Destek Programı Türkiye", http://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/ourwork/partners/gef.html, Erişim: (30.05.2016).

Biyoenerji, "Biyokütle Potansiyeli Olarak Orman Atıkları", http://biyoder.org.tr/?page_id=4591, Erişim: (20.03.2016).

Bordo Enerji, "22 Mayıs 2015 Cuma Günü 232,3 MW Kapasite ile Türkiye'nin En Büyük ve Avrupa'nın İkinci Büyük Efeler Jeotermal Enerji Santrallerinden Efe-2 ve Efe-3 Santrallerinin Açılış Töreni, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanımız Sayın Taner Yıldız'ın Katılımlarıyla Gerçekleşti", http://www.bordoenerji.com.tr/yazdir?879D468EABF3B01FA8D00A1CBC0BF635, Erişim: (25.06.2016).

Boyd, T., L., Sifford, A. ve Lund, J., W. (2015), "The United States of America Country Update 2015", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-12.

Bölgesel Çevre Merkezi (2006), *Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü,* Ankara: 2. Basım.

British Petroleum (BP) (2015), *Statistical Review World Energy June 2015,* İngiltere.

British Petroleum (BP) (2015_a), *Energy Outlook 2035,* İngiltere.

Carey, B., Dunstall, M., Clintock, S., M., White, B., Bignall, G., Luketina, K., Robson, B., Zarrouk, S., ve Seward, A. (2015), "2015 New Zealand Country Update", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-18.

Ceylan, M. (2015), *Elektrik Enerjisi Santralleri ve Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtımı,* Ankara: Seçkin Yayıncılık 3. Basım.

Cezim, C. (2013), "Fotovoltaik Sistemler ve Uygulamaları", http://www.solar-academy.com/menuis/Fotovoltaik-Sistemler-ve-Uygulamalari.122101.pdf, Erişim: (27.04.2016).

CoğrafyaBilim,"GünlükRüzgârlar",https://cografyabilim.wordpress.com/tag/kara-ve-deniz-meltemi-nerelerde-gorulur/, Erişim: (03.06.2016).

CoğrafyaDünyası,"Hayvancılık",http://www.cografya.gen.tr/egitim/ekonomik/hayvancilik.htm, Erişim: (19.03.2016).

Coğrafya Eğitimi, "Türkiye'nin Su Havzaları Haritası", http://www.cografyaegitimi.biz/turkiyenin-su-havzalari-haritasi-t543.0.html, Erişim: (09.05.2016).

Çağlar, İ., Taymaz, T., Yolsal, S. ve Avşar, Ü. (2006), "Aktif Tektoniğin İkramı Sıfır Zararlı Jeotermal Enerji", *Bilim ve Teknik,* Sayı: 464, s. 50-52.

Çağlayan, A. (2006), "Zonguldak Karaelması", *Mavi Gezegen,* Sayı: 13, 4-8.

Çallı, B. (2012), "Atıklardan Biyogaz Üretimi", *Türkiye Kimya Derneği-GençKimyacılarPlatformu*,http://mebig.marmara.edu.tr/Presentations/BiyogazUretimi.pdf Erişim: (27.03.2016).

Çelenk, H. ve Gündoğan, G. (2007), "Hidroelektrik Enerji ve Kastamonu'nun Hidroelektrik Enerji Potansiyeli", *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İç Anadolu Bölgesi Enerji Forumu,* http://www.emo.org.tr/ekler/6d361782608fdbb_ek.pdf, Erişim: (14.05.2016).

Çelikdemir, S. ve Özdemir, M. (2014), "Rüzgar Türbin Sistemlerinin Karşılaştırılması", *URSI-TÜRKİYE 2014 VII. Bilimsel Kongresi*, s. 1-4.

Çetin, A. ve Paksoy, H. (2015), "Shallow Geothermal Application in Turkey", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-5.

Çevre Kanunu, 09.08.1983, Kanun No: 2872, Resmi Gazete, Sayı: 18132, 11.08.1983.

Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED), Resmi Gazete, Sayı: 29186, 25.11.2014.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007-2023) Belgesinin Güncellenmesi Başladı", AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES) (2007-2023) Belgesinin Güncellenmesi Projesi Başladı, http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=duyurudetay&Id=27066, Erişim: (12.12.2015).

Dağıstan, H., Kara, İ., Peker, B., Celmen, O. ve Karadağlar M. (2015), "Geothermal Explorations and Investigations by MTA in Turkey", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-8.

Darma, S. ve Gunawan R. (2015), "Country Update: Geothermal Energy Use and Development in Indonesia", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-14.

Demirtaş, İ. ve Sarısu, H., C. (2011), " Kiraz Yetiştiriciliği", *Meyvecilik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü*, Yayın No: 11.

Denge Müşavirlik, "İllere Göre Yatırım Teşvik Haritası", http://dengemusavirlik.com/illere-gore-turkiye-yatirim-tesvik-haritasi, Erişim: (08.06.2016).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), "Toprak Su Kaynakları", http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari, Erişim: (11.03.2016).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), "Hidroelektrik Santrallarının Su Kullanım Anlaşmaları", http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/hessu-kullanim-anlasmalari, Erişim: (05.05.2016).

Dickson, M. ve Fanelli, M. (2004), "What is Geotermal Energy?", *Istituto di GeoscienzeeGeorisorse*,s.1-33,http://users.metu.edu.tr/mahmut/pete450/Dickson.pdf, Erişim: (17.05.2016).

Digital Access to Scholarship at Harvard (DASH),"Global Potantial for WindGeneratedElectricity",https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/5029362/Lu_Wind_PNAS.pdf?sequence=2, Erişim: (03.06.2016).

Direktive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council, 05.06.2009, L140/63, Official Journal of the European Union.

Direktive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council, 05.06.2009, L140/16, Official Journal of the European Union.

Dizge N., Canlı, O. ve Karpuzcu, M. (2005), "Biyodizel Kullanımının Çevre İçin Önemi", *YEKSEM 2005 III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, http://www.emo.org.tr/ekler/5aa4bd09c07d8b2_ek.pdf, Erişim: (23.03.2016).

Document of The World Bank (2004), "Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount Of Us$202.03 Million to The Republic Of Turkey For ARenewableEnergyProject",http://wwwwds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/03/09/000090341_20040309095924/Rendered/PDF/254970TR.pdf, Erişim: (05.06.2016).

DOE Global Energy Storage Database, "Kyogoku Pumped Hydro Power Station (Unit 3), http://www.energystorageexchange.org/projects/828, Erişim: (14.06.2016).

DoğalJeotermalEnerjiSistemleri,"Referanslarımız",http://www.dogalenerji.com.tr/, Erişim: 25.06.2016).

Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı (DAKA), "Sektörel Analiz Raporu", http://www.daka.org.tr/panel/files/files/yayinlar/mikro_hes_sektorel.pdf, Erişim: 15.05.2016).

Dokuz Eylül Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, "TürkiyeJeotermalElektrikÜretimiKuruluGüç",http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/tr/2014-10-28-09-06-30/turkiye-de-jeotermal-enerji/uretim/turkiye-jeotermal-elektrik-uretimi-kurulu-guc, Erişim: (26.05.2016).

Durdyev, S. (2010), "Rüzgar Enerjisinde Uygun Türbin Seçimi", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Durmuş, E. ve Yiğit, A. (2003), "Türkiye'nin Meyve Üretim Yöreleri", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 13, Sayı: 2, s. 23-54.

Duygu, E. (2003), "AB'nin Enerji Bağımsızlığı ve Sürdürülebilir Kalkınma Politikalarında Biyokütle Enerjisinin Yeri: Üye, Aday Ülkelerdeki Araştırmalar ve Uygulamalar", *TMMOB Türkiye IV. Enerji Sempozyumu*, s. 451-480, Ankara

Dünya Bankası (2015), *Türkiye Cumhuriyeti: Enerji Verimliliği Kurumsal İncelemesi,* Rapor No: ACS12738.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2015), *Enerji Raporu 2014,* Ankara*:* DEK-TMK Yayın No*:* 0023/2015.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2014), *Enerji Raporu 2013,* Ankara*:* DEK-TMK Yayın No*:* 0022/2014.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2012), *Enerji Raporu 2012,* Ankara*:* DEK-TMK Yayın No*:* 0021/2012.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2011), *Enerji Raporu 2011,* Ankara.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2010), *Biyoyakıtlar,* Ankara.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2009), *Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi,* Ankara.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2007), *Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu,* Ankara.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK) (2007_a), *Hidrolik Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu,* Ankara.

Edirne Belediyesi, "Edirne'nin Tarihçesi ve Genel Bilgiler", http://www.edirne.bel.tr/s/genel-bilgi-8.html, Erişim: (02.07.2016).

Egeran, N. (1949), "Raman Petrolü", *Maden Tetkik Arama Dergisi*, Sayı: 39, s. 7-8.

Elektrik Piyasası Kanunu, Kanun No: 6446, Resmi Gazete, Sayı: 28603, 30.03.2013.

Elektirk Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 29662, 23.03.2016.

Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 25472, 25.05.2004.

Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 25150, 26.06.2003.

Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı: 24836, 04.08.2002.

Elektrik Piyasası Kanunu, Kanun No: 4628, Resmi Gazete, Sayı: 24335, 20.02.2001.

Elektrikport,"RüzgârTürbinleriNeden3Kanatlıdır?",http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/ruzgar-turbinleri-neden-3-kanatlidir/11802#ad-image-0, Erişim: (03.06.2016).

Elibüyük, U. ve Üçgül, İ. (2014), "Rüzgar Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgar Enerjisi Depolama Yöntemleri", *Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM e-Dergi*, Cilt: 2, Sayı: 3, s. 1-14.

Emniyetli, G. (2007), "Evsel Elektrik İhtiyacının Karşılanması İçin Rüzgâr Türbini Tasarımı", *Yüksek Lisas Tezi,* Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (ENAR) Dair Yönetmlelik, Resmi Gazete, Sayı: 27605, 08.06.2010.

Enerji Atlası, "Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri", http://www.enerjiatlasi.com/biyogaz/, Erişim: (31.03.2016).

EnerjiAtlası$_a$,"Bağıştaş1BarajıveHES",http://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/bagistas-baraji.html, Erişim: (14.06.2016).

EnerjiAtlası$_b$,"JeotermalEnerjiSantralleri",http://www.enerjiatlasi.com/jeotermal/, Erişim: (26.05.2016).

EnerjiAtlası$_c$,"RüzgârEnerjiSantralleri",http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/, Erişim: (05.06.2016).

EnYeşilAnkaraDerneği,"Ormanlarımız",http://www.enyesilankara.org/ormanlarimiz.html, Erişim: (20.03.2016).

Enerji Enstitüsü, "Enerji Kimlik Belgesi Konutların Değerini Belirleyecek", http://enerjienstitusu.com/2016/02/23/enerji-kimlik-belgesi-konutlarin-degerini-belirleyecek/, Erişim: (23.02.2016).

EnerjiİşleriGenelMüdürlüğü(EİGM),(2015),http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT/1/Documents/E%C4%B0GM%20Periyodik%20Rapor/MartNisan%20B%C3%BClteni_son.pdf, Erişim: (02.07.2016).

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü "Denge Tabloları" http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari, Erişim: (10.02.2016).

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü$_a$ "Elektrik Üretiminden Kaynaklanan EmisyonlarınYıllaraGöreDağılımı",http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fSayfalar%2f%C4%B0STAT%C4%B0ST%C4%B0K+(YILLARA+G%C3%96RE+EM%C4%B0SYON+M%C4%B0KTARLARI).pdf, Erişim: (03.01.2016).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), (2015), *2014 Petrol Piyasası Sektör Raporu,* Ankara.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), "Elektrik Piyasası Üretim Lisansları",http://lisans.epdk.org.tr/epvysweb/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml, Erişim: (05.05.2016).

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı: 28097, 27.10.2011.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2016), *Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*, Sayı 11, Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2015), *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşların Amaç ve Faaliyetleri,* Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2014), *2015-2019 Stratejik Planı,* Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2013), *Türkiye Yıllık Enerji İstatistikleri Raporu,* Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), (2013), *2013 Faaliyet Raporu,* Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2012), *Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu*, Ankara.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB$_a$), "Enerji Verimliliği Destekleri", http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliligi-Destekleri, Erişim: (24.02.2016).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB$_b$), "Biyoetanolün Çevreye Olan Faydaları",http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfa

lar%2fBiyoetanol%C3%BCn+%C3%87evresel+ve+Toplumsal+Etkileri.pdf, Erişim: (26.03.2016).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ($ETKB_c$), "Enerji Yatırımları", http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari, Erişim: (30.03.2016).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ($ETKB_d$) "Rüzgâr", http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar, Erişim: (05.06.2016).

Enerji Verimliliği Derneği (ENVER), "Enerji Verimliliğine Yatırım Yapanlara Teşvik Geliyor", http://www.enver.org.tr/tr/haber/enerji-verimliligine-yatirim-yapan-firmalara-5-bolge-tesvikleri-veriliyor/95, Erişim: (24.02.2016).

Enerji Verimliliği Kanunu, Kanun No: 5627, Resmi Gazete, Sayı: 56510, 02.05.2007.

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, Karar No: 2012/1, Resmi Gazete, Sayı: 28215, 25.02.2012.

EnerjiYönetimi,"JeotermalEnerji",http://enerjiyonetimi.com.tr/jeotermal.html, Erişim: (16.05.2016).

Eokul Haberleri, "Türkiye'de Kümes Hayvancılığı En Çok Hangi Bölgemizde Yapılır", http://www.eokul-meb.com/turkiyede-kumes-hayvanciligi-en-cok-hangi-bolgemizde-yapilir-37531/, Erişim: (19.03.2016).

Erdoğan, M. (2014), "Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Termodinamik Analiz Yöntemi ile İncelenerek, Yenilenebilir Enerji Kullanımının Gelecek Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EtaMühendislik,"GüneşEnerjisininTarihi",http://www.bodrumetamuhendislik.com/pdf/solarenerji.pdf, Erişim: (26.04.2016).

Eura Coal "Turkey", http://euracoal.eu/info/country-profiles/turkey/, Erişim (03.03.2016).

European Commission "Photovoltaic Georaphical Information System (PVGIS)", http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#, Erişim: (15.07.2016).

EuropeanCommission,"EnergyEfficiencyDirective",http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-, Erişim (13.01.2016).

EuropeanCommission,"EnergyEfficiency",http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency, Erişim: (13.01.2016).

European Environment Agency "If Bioenergy Goes Boom – the Switch from Oil to Bioenergy is not Risk Free", http://www.eea.europa.eu/articles/if-bioenergy-goes-boom, Erişim: (12.03.2016).

Erdener, H., Gür, N., Erkan, S., Şengül, E., Eroğlu, E., ve Baç, N. (2013), *Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen,* Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, 3. Basım.

Fina Enerji (2013), "Rüzgâr Enerji Santrallerinin Türkiye'nin Enerji ÇeşitliliğindekiYeri",http://www.tureb.com.tr/files/turek/2013/sunumlar/burhan_erdem.pdf, Erişim: (05.06.2016).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2015), *Food Outlook,* http://www.fao.org/3/a-i4581e.pdf, Erişim: (14.03.2016).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) "Statistics Division (FAOSTAT)", http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E, Erişim: (15.03.2016).

Fronda, A., D, Marasigan, M., C ve Lazaro, V., S. (2015), "Geothermal Development in the Philippines: The Country Update", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-8.

Gehlin, S., Andersson, O., Bjelm, L., Alm, P., G. ve Rosberg J., E. (2015), "Country Update for Sweden", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-6.

Gemco Energy "Wood Pellet Global Market Report 2014", http://www.biofuelmachines.com/wood-pellet-global-market-report-2014.html, Erişim: (28.06.2016).

Gençer, O., Özüdoğru, T., Kaynak, M., A., Yılmaz, A., ve Ören, N. (2005) "Türkiye'dePamukÜretimiveSorunları",http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/8d437661d952917_ek.pdf, Erişim: (15.03.2016).

GeotermalResourcesCouncil,"WhatisGeothermal?",https://www.geothermal.org/what.html, Erişim: (25.05.2016).

Gevrek, A., İ. (1991), "Gradyan Sondajları ve Yeraltı Sıcaklık Ölçümlerinin Jeotermal Enerji Araştırmalarında Yeri ve Önemi", *Jeoloji Mühendisliği Dergisi,* Sayı: 39, s. 51-54.

Gilbert, J. (2008) "International Safflower Production – an Overview", *7th International Safflower Conferance*, Wagga Wagga Australia.

Gizlenci, Ş. ve Acar, M. (2008), "Enerji Bitkileri Tarımı ve Biyoyakıtlar (Biyomotorin, Biyoetanol, Biyomas)", *Enerji Bitkileri ve Biyoyakıtlar Sektörel Rapor*, Samsun.

Global Wind Energy Council (GWEC) (2016), *Global Wind Report 2015*, Belçika.

Gökdemir, M., Kömürcü, M. İ., ve Evcimen T., U. (2012), Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış", *Türkiye Mühendislik Haberleri,* Cilt: 471, Sayı: 2012/1, s. 18-26.

Gökkaya, A., K. ve Yeşilbursa, C., C. (2014), *"Yeni ve Yakınçağ Tarihi"*, Ankara: Siyasal Kitabevi, 5. Basım.

Greenway CSP Solar Tower, "Field Applications", http://www.greenwaycsp.com/en/field-applications/mersin-5-mwth-solar-tower-plant.aspx, Erişim: (04.05.2016).

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı (GTB) Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2013), *2012 Yılı Soya Fasulyesi Raporu,* Ankara.

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı (GTB_a) Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2015), *2014 Yılı Ayçiçeği Raporu,* Ankara.

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı (GTB_b) Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü (2015), *2014 Yılı Pamuk Raporu,* Ankara.

Güneş Sistemleri, "Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli", http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php, Erişim: (04.05.2016).

Habitat Derneği, "Temiz Enerji Yayınları Jeotermal Enerji", http://habitatdernegi.org/tr/dl/yayin/TemizEnerjiYayinlari/Jeotermal_Enerji.pdf, Erişim: (26.05.2016).

Habitat Derneği$_a$, "Temiz Enerji Yayınları Rüzgâr Enerjisi", http://habitatdernegi.org/tr/dl/yayin/TemizEnerjiYayinlari/Ruzgar_Enerjisi.pdf, Erişim: (03.06.2016).

Haspolat, Y., K., (Ed.), (2013), *Diyarbakır'ın Yeraltı Kaynakları*, İstanbul: Uzman Matbaacılık, 1. Basım.

Hatunoğlu, E., E. (2010), "Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektöründe Etkileri" *Uzmanlık Alan Tezleri,* Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

Hazineye Ait Taşınmaz Malların Değerlendirilmesi ve Katma Değer Vergisi Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun, Kanun No: 4706, Resmi Gazete, Sayı: 24466, 29.06.2001.

HERDEM Avukatlık Bürosu, "Türkiye Yenilenebilir Enerji Sektöründeki Teşvikler", http://herdem.av.tr/tr/turkiye-yenilenebilir-enerji-sektorundeki-tesvikler/, Erişim: (07.05.2016).

Herrera, R., Montalvo, F. ve Herrera A. (2010), "El Salvador Country Update", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-6.

Hydro World, "Vietnam Opens 150-MW Dong Nai 5 Hydropower Plant", http://www.hydroworld.com/articles/2015/12/vietnam-opens-150-mw-dong-nai-5-hydropower-plant.html, Erişim: (14.06.2016).

Index Mundi, "Agricultural Production, Supply and Distribution", http://www.indexmundi.com/agriculture/, Erişim: (14.03.2016).

International Energy Agency (IEA), "Fotovoltaic Power Systems Programme, "4th Edition – 2016", http://www.iea-pvps.org/index.php?id=trends0, Erişim: (03.05.2016).

International Energy Agency (IEA_a), "IEA Report Sets a Course for Doubling HydroelectricityOutputby2050",https://www.iea.org/topics/renewables/subtopics/hydropower/, Erişim: (14.05.2016).

International Energy Agency (IEA), "Renewable Energy Essentials: ConcentratingSolarThermalPower",https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CSP_Essentials.pdf, Erişim: (02.03.2016).

International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook (WEO) (2015) "EnergyAccessDatabase",http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/, Erişim: 28.03.2016)

International Energy Agency (IEA) (2015), *Key World Energy Statistics*, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf, Erişim (15.02.2016).

International Energy Agency (IEA), (2016), *2015 Snapshot of Global Photovoltaic Markets.*

International Energy Agency (IEA) (2015_a), "*Energy Efficiency Market Report*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2014), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2013), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2012), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2011), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA_a) (2011), *Technology Roadmap Geothermal Heat and Power*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2010), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2010), *World Energy Outlook (WEO),* Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2009), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2008), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2007), *Key World Energy Statistics*, Fransa.

International Energy Agency (IEA) (2003), *Renewables for Power Generation*, Fransa.

International Hydropower Association (IHA) (2016), *Hydropower Status Report*, İngiltere.

International Hydropower Association, "Country Profiles", https://www.hydropower.org/country-profiles, Erişim: (12.05.2016).

Intergovernmental Panel on Climate Change ($IPCC_a$), "List of Annex I, AnnexII,andAnnexBCountries",http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=478, Erişim: (17.02.2016).

Intergovernmental Panel on Climate Change ($IPCC_b$), "Assesing and ManagingtheRisksofClimateChange",http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/docs/WGIIAR5_SPM_Top_Level_Findings.pdf Erişim: (19.02.2016).

İlbank,"HidroelektrikSantraller",http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=htmlsayfa&hid=2162, Erişim: (14.05.2016).

İlkılıç, C. ve Deviren, H. (2011), "Biyogazın Üretimi ve Üretimi Etkileyen Faktörler", *6 th International Advanced Technologies Symposium,* s.144-149.

İstanbul Politika Merkezi (İPM), "COP21 Ardından" http://ipc.sabanciuniv.edu/new/cop21-ardindan/, Erişim: (19.02.2016).

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (JEOMER), "Jeotermal Enerji Kullanımı", http://geocen.iyte.edu.tr/jeotermal-enerji-kullanimi/, Erişim: (17.05.2016).

Jackson Global, " Rushydro Launches 100 MW Gotsatlinskaya Hydro Power Plant in Russia", http://www.jacksongloballtd.com/news/news/renewable/rushydro-launches-100mw-gotsatlinskaya-hydro-power-plant-in-russia, Erişim: (14.06.2016).

JeotermalEnerji,"JeotermalSistemler",http://www.jeotermalenerji.org/iletkenligi_dusuk_katmanlarin_altinda_gizlenen_radyojenik_isi_kaynaklari.html, Erişim: (17.05.2016).

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, Kanun No: 5686, Resmi Gazete, Sayı: 26551, 13.06.2007.

KalehanEnerji,"BeyhanIBarajıveHES"http://www.kalehan.com.tr/tr/projelerimiz/beyhan-i-baraji-ve-hes.html, Erişim: (14.05.2016).

Kapluhan, E., (2014), "Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu", *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı: 30, s. 97-125.

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü "Mısır Tarımı", http://arastirma.tarim.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/M%C4%B1s%C4%B1r%20Tar%C4%B1m%C4%B1.pdf, Erişim: (14.03.2016).

Karadeniz, V., Akpınar, E. ve Başıbüyük, A. (2011), "Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller ve Çevresel Etkileri (Reşadiye Hidroelektrik Santralleri Örneği", *Doğu Coğrafya Dergisi*, Cilt: 16, Sayı: 26, s. 95-114.

Kavak, K. (2005), "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi", *Uzmanlık Tezi*, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Yayın No: DPT/2689, Ankara.

Kavcıoğlu, Ş. (2015), *Enerji Sektöründe Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi (Promethee Yöntemi ile)*, İstanbul: Türkmen Kitabevi, 2. Basım.

Kaya, E., T., Sezgin, A., Külekçi M. ve Kumbasaroğlu, H. (2010), "Dünyada ve Türkiye'de Ayçiçeği Üretimi ve Dış Ticaretteki Gelişmeler", *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi,* Cilt: 18, Sayı: 1 s. 28-33.

Kaymakçıoğlu, F. ve Kayabaşı, A. (2006), "Elektrik Üretiminde Jeotermal Kullanımı ve İleriye Dönük Perspektifler*", Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi,* s. 81-89.

Kılıç, F., Ç. (2011), "Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri", *Mühendis ve Makina*, Cilt: 52, Sayı: 617, s. 94-106.

Kısar, A., O. (2009), "Rüzgardan Enerji Üretimi ve Rüzgar Türbinlerinin Evrimi", http://www.emo.org.tr/ekler/86f1c29518c700e_ek.pdf?dergi=571, Erişim: (03.06.2016).

Kıvanç, A., H. ve Serpen, U. (2011), "Jeotermal Santrallerinin Karşılaştırılması", *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Jeotermal Semineri,* s. 111-128.

Konya Şeker "Bitkisel Üretim Çiftçi Rehberi – Şeker Pancarı", http://www.konyaseker.com.tr/Upload/pdf/seker-pancari.pdf, Erişim: (15.03.2016).

KonyaŞeker,"BiyoetanolÜretimTesisi",http://www.konyaseker.com.tr/biyoetanoluretimtesisi, Erişim: (01.04.2016).

Korkmaz, Y., Aykanat, S. ve Çil, A. (2012), "Organik Atıklardan Biyogaz ve Enerji Üretimi", *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi,* 2012-1, s. 489-497.

Kürklü, A. ve Bilgin, S. (2007), "Pamuk ve Susam Saplarının Briketlenmesi Üzerine Bir Çalışma", *Tarım Makinaları Dergisi,* Cilt: 3, Sayı: 3, 151-159.

Livatyalı, H. ve Yıldırım, T. (2012), "Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisindeki Gelişmeler", Mühendis ve Makine, Cilt: 53, Sayı: 633, s. 16-20.

Lokman, K. (1963), "Türkiye Petrol Sondajları", *Maden Tetkik Arama Dergisi,* Sayı: 61, s. 62-74.

Lovering, T., S. ve Goode, H., D. (1963), "Measuring Geothermal Gradients in Drill Holes Less than 60 Feet Deep, East Tintic District, Utah", *Geological Survey Bulletin 1172.*

Lund, J., W., Culver, G. ve Crosby, D. (1977), "Groundwater Characteristics and Corrosion Problems Associated with the Use of Geothermal Water in Klamath Falls, Oregon" Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls.

Lund, J., W. ve Boyd, T., L. (2015), "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review", *Proceedings World Geothermal Congress,* s. 1-31.

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), "Türkiye Kömür Sahaları ve PotansiyelKullanımAlanları",http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/images/siteharitalar/6.jpg Erişim: (05.02.2016).

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA_a), "Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli",http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/index.php?id=jeotermal_potansiyel, Erişim: (26.05.2016).

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA_b), "Enerji Haritaları", http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita, Erişim: (26.05.2016).

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), (2015), *2015 İlk Yarıyılı Faaliyet Raporu,* Ankara.

Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), (2016), *2015 Yılı Faaliyet Raporu,* Ankara.

Mahon T., Harvey, C. ve Crosby, D. (2000), "The Chemistry of Geothermal Fluids in Indonesia and Their Relationship to Water and Vapour Dominated Systems" *Proceeding World Geothermal Congress*, s.389-394.

Malkoç, Y. (2007), "Türkiye Elektrik İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri", http://www.emo.org.tr/ekler/259d9d7a8d528f5_ek.pdf?dergi=486, Erişim: (05.06.2016).

Mathew, S. (2006), *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics with 137 Figures and 31 Tables,* Hollanda: Springer.

Mertoğlu, O., Şimşek, Ş. ve Başarır, N. (2015), "Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2015), *Proceedings World Geothermal Congress 2015*, s.1-9.

Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) (2010), *Bahçecilik: Antep Fıstığı Yetiştiriciliği*, Ankara.

Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) (2011*), Çevre Sağlığı: Evsel ve Kentsel Atıklar,* Ankara.

Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, Akaryakıt Seri No: 22, Resmi Gazete, Sayı: 28067, 27.09.2011.

Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği (Akaryakıt Seri No: 15)'nde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, Akaryakıt Seri No: 26, Resmi Gazete, Sayı: 28688, 25.06.2013.

National Geographic Türkiye (2015), *Başka Dünya Yok!,* Doğuş Dergi Grubu, Kasım 2015.

National Sunflower Association "Sunflower Statistics", http://www.sunflowernsa.com/stats/world-supply/, Erişim: (14.03.2016).

Negrín-Gutiérrez, L., C., A, González-Maya, R. ve León-.Quijano J., L. (2015), "Present Situation and Perspectives of Geothermal in Mexico", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-10.

Nurbay, N. ve Çınar, A. (2005), "Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, s. 164-168.

Nükleer Teknoloji Bilgi Platformu, "Hidrolik (Su) Enerji", http://www.nukte.org/node/179, Erişim: (14.05.2016).

Observatiore Méditerrannéen I'Energie (OME) (2014), *Executive Summary Mediterranean Energy Perspectives (MEP) Turkey,* France.

Ocaklı, I., (2013), "Edirne İli Yatırım Ortamı Değerlendirilmesi", Trakya Kalkınma Ajansı.

Odyssee-Mure (2015), *Synthesis: Energy Efficiency Trends and Policies in the EU.*

Odyssee-Mure, "Energy Saving Facility" http://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-saving.html, Erişim: (14.02.2016).

Omenda, P. ve Simuyu, S. (2015), "Country Update Report for Kenya 2010-2014", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-11.

Orman Kanunu, Kanun No: 6831, Resmi Gazete, Sayı: 9402, 08.09.1956.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı XIV. Bölge Müdürlüğü Van Şube Müdürlüğü, "ÇevreNedir",http://vansube.ormansu.gov.tr/Van/AnaSayfa/CEDveCYSM/CedveCySubeMudurlugu.aspx?sflang=tr Erişim (14.10.2015).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (2015), "Orman GenelMüdürlüğü2014YılıİdareFaaliyetRaporu",http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%202014%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf, Erişim: (20.03.2016).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (2014), *Türkiye Orman Varlığı,* Ankara.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı (2012), *Ulusal Havza Yönetimi Stratejisi (2012-2023) (Taslak).*

Özel Tüketim Vergisi Genel Tebliği, Seri No: 29, Resmi Gazete, Sayı: 28868, 31.12.2013.

Özel Tüketim Vergisi Genel Tebliği, Seri No: 8, Resmi Gazete, Sayı: 25794, 22.04.2005.

Öner, T. (2006), *Soya Sektör Raporu*, İstanbul.

Özdemir, A. (2007), "Jeotermal Enerji ve Elektrik Üretimi", Jeofizik Bülteni, Cilt: 19, Sayı: 55, http://www.jeotermal.com/dokumanlar/dosyalar/3792175-60.pdf, Erişim: (17.05.2016).

Özgener, Ö. (2002), "Türkiye'de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Kullanımı", *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi,* Cilt: 4, Sayı: 3, s. 159-173.

Öztaşkan, G. (2011), "Avrupa Birliği Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelim ve Türkiye'nin Durumunun Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Öztürk, H. ve Kaya, D. (2015), *Jeotermal Enerji Uygulamaları,* Kocaeli: Umuttepe Yayınları 1. Basım.

Öztürk, H. (2013), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları,* İstanbul: Birsen Yayınevi, 1. Basım.

Öztürk, H. ve Kaya, D. (2013), *Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji,* Kocaeli, Umuttepe Yayınları, 1. Basım.

Öztürk, H. (2008), *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Ankara: Teknik Yayınevi, 1. Basım.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2015), *Trends in Global CO_2 Emissions: 2015 Report.*

Petform "Petrol Nedir?", http://www.petform.org.tr/?lang=tr&a=2&s=1 Erişim: (27.02.2016).

Petform$_a$"TürkiyeDoğalgazPiyasası",http://www.petform.org.tr/?lang=tr&a=3&s=1 Erişim: (01.02.2016).

Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, "*İstatistikler: Yıllar İtibariyle Ham Petrol ve Doğal Gaz Üretimi*", http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler Erişim:(01.02.2016).

Petrol Sanayi Derneği (PETDER), (2015), *2014 Sektör Raporu*, İstanbul.

Ragnarsson, A. (2015), "Geothermal Development in Iceland 2010-2014", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-15.

Razzano, F. ve Cei, M. (2015), "Geothermal Power Generation in Italy 2010-2014 Update Report", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-10.

Renewable Energy Policy Network for 21st Century (REN21) (2015), *Renewables 2015 Global Status Report*, Fransa.

Renewable Energy Policy Network for 21st Century (REN21) (2015), *Renewables 2014 Global Status Report*, Fransa.

Renewable Energy, "Geothermal Direckt Use", http://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech/geodirectuse.html, Erişim: (17.05.2016).

Report of the Conference of the Partıes on its Seventh Sessıon, Held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001, Conference of the Parties, FCCC/CP/2001/13/Add.4, Decision: 26, 21.01.2002.

Report of the Conference of the Parties on its seventeenth session, held in Durban from 28 November to 11 December 2011, Conference of the Parties, FCCC/CP/2011/9/Add.1, Decision: 2, 15.03.2012.

Report of the Conference of the Parties on its twentieth session, held in Lima from 1 to 14 December 2014, Conference of the Parties, FCCC/CP/2014/10/Add.3, Decision: 21, 02.02.2015.

Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015, Conference of the Parties, FCCC/CP/2015/10/Add.1, Decision: 1, 29.01.2016.

Res Haber "Rüzgar Türbini ve Fotovoltaik Sistemlerin Karşılaştırılması", http://www.reshaber.com/site/?sf=bldt&dl=&ky=272, Erişim: (25.06.2016).

Rus Hydro, "Rus Hydro has Refurbished and Modernized 14 Hydropower Units in 2015 as a Part of its Comprehensive Modernization Program", http://www.eng.rushydro.ru/press/news/99881.html, Erişim: (14.05.2016).

Rüzgârcı, "Rüzgâr", http://www.ruzgarci.com/index.php, Erişim: (03.06.2016)

Sabancı, A., Atal, M. ve Yaşar, A. (2006), "Türkiye'de Biyodizel Kullanım ve Olanakları", *Tarım Makinaları Dergisi*, Cilt: 2, Sayı: 1, 33-39.

Sánchez-Rivera, E. ve Ruíz-Vallejos, O. (2015), "Costa Rica Country Update Report", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-12.

Saraçoğlu, N. (2003), "Biyokütlenin Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi", *Türkiye IV. Enerji Sempozyumu*, s. 501-507 Ankara.

Satman, A. (2001), "Jeotermal Enerjinin Doğası", *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Jeotermal Enerji Semineri,* s. 3-17.

Savrul, M. (2010), "AB İlişkileri Çerçevesinde Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İktisadi Açıdan Değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi,* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.

SDS Enerji, "Kızgın Kuru Kaya (EDS), "http://www.sdsenerji.com/kizgin-kuru-kaya.php, Erişim: (17.05.2016).

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ, Resmi Gazete, 29068, 22.07.2014.

Sevim, C. (2015), *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik,* Ankara: Seçkin Yayıncılık, 3. Basım.

SGF Enerji Sistemleri, "Türkiye Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri – II. Bölüm", http://www.sgfenerji.com/turkiye_elektrik_enerjisi_2.html, Erişim: (05.06.2016).

Solar Heating & Cooling Programme (SHC), "A Fundamental Look At Supply Side Energy Reserves For The Planet", https://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/2015-11-A-Fundamental-Look-at-Supply-Side-Energy-Reserves-for-the-Planet.pdf, Erişim: (01.05.2016).

Sobutay, T. (2004), "Kanola Sektör Araştırması", *İstanbul Ticaret Odası,* İstanbul.

Solar Energy Industries Association (SEİA), "Million Solar Milestone", http://www.seia.org/sites/default/files/Million%20Solar%20Install%20Factbook%205.3.16.pdf, Erişim: (02.05.2016).

Solar PACES, Greenpeace ve Estela (2016), *Solar Thermal Electricity Global Outlook 2016.*

Sümer, H. ve Kuzgun, E. (2009), "Jeotermal Enerji Üretim ve Fonksiyonel Kullanım Proje Tanıtım Dosyası Çanakkale İli Ayvacık İlçesi Ar 17/47)" *Sepron Danışmanlık,* İstanbul.

Süzer, S. (2014), "Mısır Tarımı" *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü,* http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Misir-Tarimi.pdf, Erişim: (11.03.2016).

Süzer, S. (2001), "Kanola Tarımı" *Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü,* http://hayrabolutb.org.tr/media/ziraat/Kanola-Tarimi.pdf, Erişim: (11.03.2016).

Statista "Statistics and Facts on Farming", http://www.statista.com/markets/421/topic/495/farming/, Erişim: (15.03.2016).

Statkraft, "Hydropower", http://www.statkraft.com/energy-sources/hydropower/, Erişim: (14.06.2016).

Statkraft$_a$, "Kargı Kızılırmak Hidroelektrik Santrali", http://www.statkraft.com.tr/statkraft-hakkinda/tesisler/Turkiye/corum/, Erişim: (14.05.2016).

Svalova, V. ve Povarov, K. (2015), "Geothermal Energy Use in Russia. Country Update for 2010-2015", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-5.

Şahin, C. (Ed.), (2012), *Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya,* Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, 1. Basım.

Şenel, M., C. ve Koç, E. (2015), "Dünyada ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme", Mühendis ve Makina, Cilt: 56, Sayı: 663, s. 46-56.

Şener, M. (2005), "Küreselleşme Fosil Yakıtlar ve Jeotermal Enerji", *TMMOB Türkiye V. Enerji Sempozyumu*, s. 235-246.

Şimşek, Ş. (2015), "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Gelişmeler", *III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu,* s.1-17.

Tabak, C., Dinçer, H., Karayazı, K., Arslan, E., Yıldız, M., H., ve Karayazı, S. (2009), "Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri İle Elektrik Enerjisi Üretimi", *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, s. 318-322.

Tamzok, N. (2005), "Kömür Rezervlerine Sahip Ülkelerde Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Seçimi ve Türkiye'nin Konumu'', *TMMOB V. Enerji Sempozyumu,* s. 1-10.

Technology Student, "What is Geothermal Energy?", http://www.technologystudent.com/energy1/geo1.htm, Erişim: (16.05.2016).

Tıraş, M., (2009), "Türkiye'de Kanola Üretimi", *Eastern Geographical Review,* Sayı: 21, s. 159-172.

Topçu, Y. ve Uzundumlu, A., S. (2010), "Taze Kayısının Dünya ve Türkiye'deki Durumu", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi,* Cilt: 3, Sayı: 1, s. 43-53.

Toshiba, "Toshiba's Adjustable-Speed Pumped Storage Power System Has Started Commercial Operation (Hokkaio Electric Power Company 2nd Unit, Kyogoku Power Plant", https://www3.toshiba.co.jp/power/english/topics/20151207/index.htm, Erişim: (14.05.2016).

Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş (TREDAŞ), "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik Kapsamında Yapılan Başvuruların DeğerlendirmeSonuçları",http://www.tredas.com.tr/LisanssizUretim/Sayfalar/Degerlendirme.aspx, Erişim: (02.07.2016).

Trakya Kalkınma Ajansı (2014), "Enerji Yatırımlarında Yararlanılabilecek Finansal Kaynaklar" Yatırım Destek Ofisi, Edirne.

Türk-Alman Biyogaz Projesi, "Biyogaz Nedir?", http://www.biyogaz.web.tr/tr/biyogaz-nedir, Erişim: (27.03.2016).

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) (2004), *Vizyon 2023,* Ankara.

Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı "Türkiye Cumhuriyetinin Enerji Profili ve Stratejisi, http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa, Erişim (12.02.2016).

Türkiye Elektrik İşletmeleri (TEİAŞ), "Kurulu Güç", http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx, Erişim: (31.03.2016).

Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtımı ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun, Kanun No: 3096, Resmi Gazete, Sayı: 18610, 04.12.1984.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) (2016), "Basın Odası Haberleri", Sayı: 42, http://www.tuik.gov.tr/basinOdasi/haberler/2016_42_20160405.pdf, Erişim: (02.07.2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), "Tarım ve Orman Alanları 1988-2015" www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=53, Erişim: (11.03.2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), "Bitkisel Üretim İstatistikleri", https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul, Erişim: (11.03.2016).

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Sektörel Enerji Tüketim İstatistikleri 2014, Haber Bülteni, Sayı: 21587, 24.02.2016.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Sera Gazı Emisyon Envanteri 2013, Haber Bülteni, Sayı: 18744, 25.05.2015.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Sera Gazı Emisyon Envanteri 2012, Haber Bülteni, Sayı: 16174, 07.04.2014.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990 - 2011, Haber Bülteni, Sayı: 13482, 12.04.2013.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Sera Gazı Emisyon Envanteri 1990 - 2010, Haber Bülteni, Sayı: 10829, 01.06.2012.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), *Sera Gazı Emisyon Envanteri Raporu* 1990-2009, Yayın No: 3607, 2011.

Türkiye Jeotermal Derneği, "Türkiye'de Jeotermal", http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Turkiye-de-Jeotermal, Erişim: (25.05.2016).

Türkiye Kalkınma Bankası, "Diğer Başlıklar", http://www.kalkinma.com.tr/dunya_bankasi_kaynakli_jeotermal_enerji_gelistirme_kredisi.aspx, Erişim: (30.05.2016).

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) (2015), *2014 Kömür Sektör Raporu (Linyit).*

Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB), "Jeotermal Enerji", http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/20ad4d76fe97759_ek.pdf, Erişim: (16.05.2016)

Türkiye Maden Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) (2010), "Taşkömürü Raporu, *Maden Mühendisleri Odası,* Yayın No: 168, Ankara.

Türkiye Makina Mühendisleri Odası Birliği (TMMOB) (2012), "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği'' *Makina Mühendisleri Odası Oda Raporu*, Yayın No: MMO/589, Ankara.

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) (2013), *Türkiye Tarım Sektörü Raporu*, TOBB Yayın No: 2014/230, Ankara.

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), "Grup: 3115 Bitkisel ve HayvansalYağlar",http://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/KapasiteKriterleri/Bitkisel%20Hamya%C4%9Flar.pdf, Erişim: (11.03.2016).

Türkiye Petrolleri (TP) (2015), *Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*, Ankara.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, "Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Projelerine Kullandırılan Kaynaklar", http://www.tskb.com.tr/tr/surdurulebilir-bankacilik-surdurulebilirligin-finansmani/enerji-verimliligi-ve-tskb/finansman-kaynaklari-ve-kriterler/, Erişim: (30.05.2016).

Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı, "Kredi Türleri", http://www.turseff.org/tr/sayfa/uygunluk#1, Erişim: (30.05.2016).

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) (2015), *Taşkömürü Sektör Raporu,* Zonguldak.

Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası (ZMO), "Türkiye'de Şeker Pancarı ve NBŞÜretimi",http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23142&tipi=17&sube=0, Erişim: (15.03.2016).

Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu (TAPDK), "Alkol Piyasası Resmi İstatistikler", http://www.tapdk.gov.tr/tr/piyasa-duzenlemeleri/alkol-piyasasi/resmi-istatistikler.aspx, Erişim: (31.03.2016).

Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu (TAPDK), "Alkol Piyasası Resmi İstatistikler", http://www.tapdk.gov.tr/tr/piyasa-duzenlemeleri/alkol-piyasasi/resmi-istatistikler.aspx, Erişim: (02.04.2016).

United Nations Environment Programme (UNEP) (2015) "The Emissions GapReportExecutiveSummary,http://uneplive.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_ES_English_Embargoed.pdf, Erişim: (19.02.2016).

United Nations Framework Convention on Climate Change, "Cancun ClimateChangeConferenceNovember2010",http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/meeting/6266.php, Erişim: (17.12.2016).

United Nations Framework Convention on Climate Change, “Press Release”, http://unfccc.int/files/press/news_room/press_releases_and_advisories/application/pdf/131123_pr_closing_cop19.pdf, Erişim: (17.12.2016).

United Nations Conferecence on Climate Change, “What Was COP21?”, http://www.cop21.gouv.fr/en/learn/what-is-cop21/, Erişim: (19.02.2016).

Uğurlu, Ö. (2006), “Türkiye’de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları”, *Doktora Tezi,* Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Uluslararası 2023 Vizyon Derneği, “Rüzgâr Enerjisinin Tarihçesi”, http://2023vizyon.org.tr/ruzgar-enerjisi/, Erişim: (03.06.2016).

United States Geological Survey (USGS), “Ring of Fire”, http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/fire.html, Erişim: (26.05.2016).

Usta,Ö.(2014),YatırımProjelerininDeğerlendirilmesi”,http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8umhvFTS2MYJ:kisi.deu.edu.tr/aysegul.sahin/YATIRIM%2520%2520%2520PROJELER%25C4%25B0N%25C4%25B0N%2520DE%25C4%259EERLEND%25C4%25B0R%25C4%25B0LMES%25C4%25B0%2520%25C3%2596CAL%2520USTA.ppt+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr,Erişim: (28.07.2016).

Usta, R. (2015), “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Stratejisi ve Politikaları”, http://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/14274761750.Ramazan_Ustanin_Sunumu.pdf, Erişim: (23. 04.2016).

Üçgül, İ. ve Ergün, E. (2012), “Doğrusal Fresnel Güneş Güç Sistemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi YEKARUM e-DERGİ*, Cilt: 1, Sayı: 3, s. 11-17.

Ültanır, M., Ö. (1998), *TÜSİAD 21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi*, İstanbul: Lebib Yalkın Yayımları, 1. Basım.

Ünver, Ü., Bilgin, H. ve Güven, A. (2015), “Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller”, *Mühendis ve Makina*, Cilt: 56, Sayı: 663, s. 57-64.

Var, A., A. (2009), “Jeotermal Akışkanlarda Potansiyel Emprenye Maddelerinin Miktarı ve Bunların Ahşap Emprenye İşlemine Uygunluğu”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Sayı: 1, s. 184-197.

Varıncalı, K., B., ve Gönüllü, M., T. (2006), “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Çalışma”, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, s. 270-275.

Vet Energy, “Biyodizel”, http://vetenergy.com/tr/biyodizel, Erişim: (24.03.2016).

VetEnergy$_a$“Jeotermal”,http://www.vetenergy.com/tr/hizmetlerimiz/yenilenebilir-enerji-kaynaklari/jeotermal, Erişim: (17.05.2016).

World Bioenergy Association (WBA) “WBA Global Bioenergy Statistics 2015”, http://worldbioenergy.org/content/wba-launches-global-bioenergy-statistics-2015, Erişim: (28.03.2016).

World Bioenergy Association (WBA) (2014), *WBA Global Bioenergy Statistics 2014,* İsveç.

World Energy Council, “Primary Energy İntensity", https://www.wec-indicators.enerdata.eu/world-final-energy-intensity.html#/primary-energy-intensity.html Erişim: (15.02.2016).

World Energy Council, “Final Energy İntensity", https://www.wec-indicators.enerdata.eu/world-final-energy-intensity.html#/world-final-energy-intensity.html Erişim (15.02.2016).

WorldBank$_a$,“Population,Total”,http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL, Erişim: (12.02.2016).

World Bank, “CO_2 Emissions (Metric Tons Per Capita)”, http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC, Erişim: (15.02.2016).

World Wide Fund for Nature (WWF), “HES Nedir?”, http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/ayak_izinin_azaltilmasi/su/yenilenebilir_enerjinin_surdurulebilirligi/hes_nedir2/, Erişim: (14.05.2016).

Wood, H.,G., Kehn, T, M., Carter, M., D. ve Culbertson, W., C. (1983), “Coal Classification System of the U.S. Geological Survey”, *Geological Survey Circular 891*.

Yaman, Y. (2007), *Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları,* İstanbul: Birsen Yayınevi, 1. Basım.

Yasukawa, K. ve Sasada, M. (2015), “Country Update of Japan: Renewed Opportunities”, *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-6.

Yazar, Y. (2010), *Türkiye’nin Enerjideki Durumu ve Geleceği,* Ankara: Seta Siyaset Ekonomi ve Toplum Araştırmalar Vakfı.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) (2014), *Türkiye Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*, Ankara.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), “Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası (BEPA)”, http://bepa.yegm.gov.tr/, Erişim: (11.03.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_a$), “Biyoetanol Çalışmaları”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyoetanol.aspx, Erişim: (26.03.2016)

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_b$), “Güneş Enerjisi ve Teknolojileri”, http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/gunes.html, Erişim: (24.04.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_c$), “Isıl Güneş Teknolojileri”, http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/gunesisil.html,Erişim(26.04.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_d$), “Türkiye’de Güneş Enerjisi”, http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html, Erişim: (04.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_e$), “Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (GEPA)”, http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Erişim: (04.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_f$), “Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_turkiye_potansiyel.aspx, Erişim: (05.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_g$),”Jeotermal Enerji Doğası ve Dağılımı”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/jeo_dogasi_ve_kullanimi.aspx, Erişim: (16.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_h$), “Biyokütle Yetiştiriciği”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_yetistiriciligi.aspx,Erişim(18.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM$_j$), “Biyogaz”, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx, Erişim: (27.05.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_k$), "Rüzgâr Enerjisi ", http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html, Erişim: (03.06.2016).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ($YEGM_l$),"Rüzgâr Türbinin Kullanımı ve Gelişimi", http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_turbin.html, Erişim: (03.06.2016).

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Kanun No: 5346, Resmi Gazete, Sayı: 25819, 18.05.2005.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, Kanun No: 6094, Resmi Gazete, Sayı: 27809, 08.01.2011.

Yıldırım, M. ve Gökaşan, E. (2013), "Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri", İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2. Basım.

Yıldız Teknik Üniversitesi, "Rüzgâr Enerjisi I. Bölüm", http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol1.pdf, Erişim: (03.06.2016).

Yıldız Teknik Üniversitesi$_a$, "Rüzgâr Enerjisi III. Bölüm", http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol3.pdf, (03.06.2016).

Yılmaz, O. ve Hotunluoğlu, H. (2015), "Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye", *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl: 2, Sayı: 2, s. 74-97.

Yılmazer, S. (2009), "Batı Anadolu'nun Olası Jeotermal Potansiyelinin Belirlenmesi", *Türkiye 11. Enerji Kongresi*, 1-12.

Yiğitoğlu, M., İnal, M. ve Açıkgöz, M. (2012), "Alternatif Enerji Kaynağı OlarakBiyoetanol",http://dergipark.ulakbim.gov.tr/kkalebgd/article/download/5000068764/5000063820, Erişim: (24.03.2016).

Yücel Kesen Akademi, "Türkiye'de Ormanların Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı", http://akademi.yucelkesen.com/turkiyede-ormanlarin-cografi-bolgelere-gore-dagilimi/, Erişim: (20.03.2016).

Yücel, S. (2011), "Hidroelektrik Santrallerde Elektromekanik Teçhizat, Yardımcı Elektrik Sistemleri ve Hidromekanik Teçhizat", http://www2.ce.metu.edu.tr/~ce571/links/announcement/ELEKTROMEKANIKSUNUM_08.12.2011.pdf, Erişim: (14.05.2016).

Zheng, K., Dong, Y., Chen, Z., Tian, T. ve Wang, G. (2015), "Speeding up Industrialized Development of Geothermal Resources in China Country Update Report 2010-2014", *Proceedings World Geothermal Congress*, s. 1-9.

2015 Yılında Yapılacak Tarımsal Desteklemelere İlişkin Karar, Karar Sayısı: 2015/7495, Resmi Gazete, Sayı: 29320, 08.04.2015.

2014 Yılında Yapılacak Tarımsal Desteklemelere İlişkin Karar, Karar Sayısı: 2014/6091, Resmi Gazete, Sayı: 28970, 12.04.2014.