ENERJİ EKONOMİSİ: TÜRKİYE'NİN ENERJİ SEKTÖRÜ VE ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Burcu KILINÇ SAVRUL

DORA
Çanakkale, 2016

Enerji Ekonomisi: Türkiye'nin Enerji Sektörü ve Alternatif Enerji Kaynakları

Burcu KILINÇ SAVRUL
kilincburcu@hotmail.com

Sayfa Tasarımı : Nurhan ŞEKERYAKAN
Kapak Tasarımı : Önder AYDOĞMUŞ
Basım ve Cilt : Dekupe Yayıncılık
Sertifika No : 15556

1. Baskı, 2016

© DORA Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 2016
Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti

Tel : +90 (224) 221 38 39 - 225 37 46
Fax : +90 (224) 220 36 73
Altıparmak Mah. Bozkurt Cad.
Avdan Apt. 10/1 Osmangazi / BURSA
dorayayinevi@gmail.com
info@dorayayincilik.com.tr
www.dorakitap.com
www.dorayayincilik.com.tr

ISBN: 978-605-9666-

Her hakkı saklıdır. Bu kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre **DORA Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti.**'nin önceden iznini almaksızın elektronik, mekanik, fotokopi veya herhangi bir sistemle basılamaz, çoğaltılamaz ve bilgisayar ortamında tutulamaz. Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER ..... **iii**
TABLO, GRAFİK VE ŞEKİLLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **x**
ÖNSÖZ ..... **xi**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM
ENERJİ KAVRAMI VE KAYNAKLARI

1. ENERJİ KAVRAMI VE KAYNAKLARI **3**
1.1. Enerji Kavramı 3
1.2. Enerji Kaynakları 4
1.2.1. Birincil Enerji Kaynakları 7
1.2.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 7
1.2.1.1.1. Kömür Enerji Kaynağı 7
1.2.1.1.2. Petrol Enerji Kaynağı 8
1.2.1.1.3. Doğalgaz Enerji Kaynağı 9
1.2.1.1.4. Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları 9
1.2.1.1.5.Nükleer Enerjisi 14
1.2.1.2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları 15
1.2.1.2.1.Hidroelektrik Enerjisi 16
1.2.1.2.2. Rüzgar Enerjisi 18
1.2.1.2.3. Güneş Enerjisi 21
1.2.1.2.4. Jeotermal Enerji 23
1.2.1.2.5. Hidrojen Enerjisi 25
1.2.1.2.6. Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri 26
1.2.2. İkincil Enerji Kaynakları 28
1.2.2.1. Elektrik Enerjisi 28

2. DÜNYADA ENERJİ KAYNAKLARI 30
2.1. Dünyada Birincil Enerji Kaynakları 35
2.1.1. Dünyada Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 37
2.1.1.1.Dünyada Kömür Enerji Kaynakları 38
2.1.1.2. Dünyada Petrol Enerji Kaynakları 46
2.1.1.3. Dünyada Doğalgaz Enerji Kaynakları 51
2.1.1.4. Dünyada Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları 54
2.1.1.5. Dünyada Nükleer Enerji 55
2.1.2. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları 57
2.1.2.1. Dünyada Hidroelektrik Enerjisi 59
2.1.2.2. Dünyada Rüzgar Enerjisi 60
2.1.2.3. Dünyada Güneş Enerjisi 65
2.1.2.4. Dünyada Jeotermal Enerji 71
2.1.2.5. Dünyada Hidrojen Enerjisi 74
2.1.2.6.Dünyada Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri 74
2.2. Dünyada İkincil Enerji Kaynakları 75
2.2.1. Dünyada Elektrik Enerjisi 75

İKİNCİ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE ENERJİ KAYNAKLARI

1. TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ 81
1.1. Türkiye'de Birincil Enerji Kaynakları 84
1.1.1.Türkiye'de Yenilenemeyen Enerji Kaynakları 87
1.1.1.1.Türkiye'de Kömür Enerji Kaynakları 88
1.1.1.2.Türkiye'de Petrol Enerji Kaynakları 96
1.1.1.3.Türkiye'de Doğalgaz Enerji Kaynakları 100
1.1.1.4. Türkiye'de Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları 104
1.1.1.5. Türkiye'de Nükleer Enerji 106
1.1.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları 109
1.1.2.1.Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisi 112
1.1.2.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi 114
1.1.2.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi 119
1.1.2.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji 124
1.1.2.5. Türkiye'de Hidrojen Enerjisi 126
1.1.2.6. Türkiye'de Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri 127
1.2. Türkiye'de İkincil Enerji Kaynakları 127
1.2.1.Türkiye'de Elektrik Enerjisi 127

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞEN ENERJİ TÜKETİMİ

TABLO, GRAFİK ve ŞEKİLLER

Tablo 1: Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimi ve Metan Oranı 13
Tablo 2: Dünyada Birincil Enerji Talebinin Ülkelere Göre Dağılımı 35
Tablo 3: Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Milyon TEP) 37
Tablo 4: Dünya Kömür Üretimi (2010) 39
Tablo 5: Dünya Kömür Tüketimi (2010) 40
Tablo 6: Dünya Doğalgaz Tüketimi (2010) 52
Tablo 7: Dünyada Doğalgaz İthalatı 53
Tablo 8: Ülkelerin Rusya'dan Doğalgaz İthalatı 54
Tablo 9: Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (Terawatt-Saat) 56
Tablo 10: Hidroelektrik Enerji Tüketimi 59
Tablo 11: Dünya Rüzgar Enerjisi Kapasitesi (Megawatt) 64
Tablo 12: Dünya Güneş Enerjisi Kapasitesi (Megawatt) 69
Tablo 13: Dünya Jeotermal Enerji Kapasitesi (Megawatt) 73
Tablo 14: Dünya Elektrik Üretimi 76
Tablo 15: Türkiye'nin Toplam İthalatı, Enerji İthalatı ve Ulaştırma Sektörünün Payı 81
Tablo 16: Genel Enerji Dengesi (1990–2013) 86
Tablo 17: Türkiye'nin Enerji İthalatındaki Dünya Sıralaması 87
Tablo 18: İşletmedeki İthal Kömür Santralleri 92
Tablo 19: Türkiye'de Kurulu Biyogaz İşletmeleri Kapasite Bilgileri 105
Tablo 20: Rüzgar Enerji Santralleri 116
Tablo 21: Yıllara Göre Elektrik Enerjisi İthalat ve İhracatı (gWh) 130
Tablo 22: Yakıt Cinslerine Göre Elektrik Üretimi Kurulu Güçleri (mW) 133

Tablo 1: Kapetanios Birim Kök Testleri 151
Tablo 2: Maki Koentegrasyon Testi 152
Tablo 3: Enerji Tüketimin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi 152
Tablo 4: Ekonomik Büyümenin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi 153
Tablo 5: Hacker-Hatemi-J Nedensellik Testi Sonuçları 153
Tablo: 6 Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları 154

Grafik 1: Dünyada Kullanılan Enerji Kaynakları (Milyon TEP-Ton Eşdeğer Petrol) 31
Grafik 2: Bölgelere Göre Dünya Enerji Tüketimi (2010-Milyon TEP) 32
Grafik 3: Bölgelere Göre Dünya Enerji Üretimi (2010-Milyon TEP) 33
Grafik 4: Dünya Geneli Enerji Kaynakları Kullanımı 34
Grafik 5: Dünya Kömür Rezervlerinde Ülkelerin Payları 38
Grafik 6: Dünya Kömür Ticareti (Milyon Ton-2012) 41
Grafik 7: İhracatçı Ülkelere Göre Kömür İthalat Maliyetleri (USD/Ton) 42
Grafik 8: Dünya Linyit Rezervlerinde Ülkelerin Payları (2012) 43
Grafik 9: Dünya Linyit Üretimi (Milyon Ton) 44
Grafik 10: Ülkelere Göre Dünya Linyit Üretimleri (2012) 45
Grafik 11: Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketimi (1990- 2013) 48
Grafik 12: Dünya Petrol Fiyatları 49
Grafik 13: Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasiteleri 58
Grafik 14: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç (gW) (2000-2013) 63
Grafik 15: Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü İlk 10 Ülke (gW) 63
Grafik 16: Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Gücü 2004-2013 (gW) 67
Grafik 17: Güneş Fotovoltaikleri Küresel Kapasitesi, Lider 10 Ülkenin Payları 68
Grafik 18: Dünya Jeotermal Enerji İlk 10 Ülke Kurulu Güçler 72
Grafik 19: 2020-2030 Dönemi Tahmini Dünya Elektrik Üretimi (milyar KWh) 77
Grafik 20: Dünya Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Payı (Trilyon KWh; 2020-2030 Dönemi Tahmini) 80
Grafik 21: Enerji Tüketiminde Kaynak Payları 82
Grafik 22 : Enerji Üretiminde Kaynak Payları 83
Grafik 23: Sektörlere Göre Enerji Tüketimi 83
Grafik 24: Birincil Enerji Kaynakları Talebi (Milyon TEP) 85
Grafik 25: Türkiye Taşkömürü Üretimi 88
Grafik 26: Türkiye Kömür İthalatı (Ton) 89
Grafik 27: Kömür İthalatında Ülke Payları (2013) 90
Grafik 28: Kullanım Yerlerine Göre Taşkömürü Tüketimi (Ton) 91
Grafik 29: Kömür Arzının Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı (Bin Ton-2012) 94
Grafik 30: Linyit Satış Miktarı (Ton) 95
Grafik 31: Türkiye'de Petrol İthalatı (2011) 96
Grafik 32: Türkiye'de Petrol İhracatı (2011) 97
Grafik 33: Akaryakıt Günlük Tüketim Miktarı (Litre) 99
Grafik 34: Sektörlere Göre Doğal Gaz Tüketimi (2007-2011) 100
Grafik 35: Doğal Gaz Tüketim Oranı (2015- %) 101

Grafik 36: Doğal Gaz İthalatı (%; 2005-2011) 102
Grafik 37: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı 111
Grafik 38: Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü (2002-2013) 115
Grafik 39: Güneş Enerjisiyle Su Isıtma Kapasitesi Sıralaması, Lider 10 Ülke-2014 120
Grafik 40: Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkeleri Güneşlenme Süreleri (Saat) 122
Grafik 41: Elektrik Üretiminde Kaynak Payları (2000-2013 Karşılaştırması) 130
Grafik 42: Elektrik Enerjisi Üretimi-gWh (Termik, Hidrolik, Rüzgar Jeotermal) (2003-2013) 131
Grafik 43: Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2015 Ocak) 132
Grafik 44: Yurtiçi Kurulu Güç (Bin Mw) 134
Grafik 45: Kurulu Gücün Üreticilere Göre Dağılımı (Ekim 2014) 135
Grafik 46: Elektrik Üretiminde Kamu ve Özel Sektör Payları 136
Grafik 47: Elektrik Piyasası Lisans Durumu (2011) 137
Grafik 48: Yurtiçi Toplam Elektrik Tüketimi (GWh)..... 138
Grafik 49: Elektrik Enerjisi Talebi ve Büyüme İlişkisi..... 140

Şekil 1: 2030 Yılı Dünya Birincil Enerji Talebi 36
Şekil 2: Bölgelere Göre Dünyada Petrol Rezervleri (Milyar Varil Petrol Eşdeğeri-2014) 47
Şekil 3: Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı (2014) 51
Şekil 4 : Dünyada Güneş Işınımının Yüksek Olduğu Bölgeler 66
Şekil 5: Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli 70
Şekil 6: Türkiye'de Kurulu Biyogaz Santralleri..... 104
Şekil 7: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası 123
Şekil 8: Türkiye Jeotermal Enerji Kaynakları Haritaları..... 125
Şekil 9: Elektrik Dağıtım Özelleştirmeleri 141

KISALTMALAR

AB : Avrupa Birliği
CO^2 : Karbondioksit (Carbondioxide)
EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
GW : Gigawatt
GWs : Gigawatt saat
IEA : Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
kW : Kilowatt
kWs : Kilowatt saat
MTOE : Milyon Ton Eşdeğer Petrol (Million Tons of Oil Equivalent)
MW : Megawatt
MWs : Megawatt saat
OPEC : Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
TEP : Ton Eşdeğer Petrol (Tons of Oil Equivalent)
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TW : Terawatt
TWs : Terawatt saat

ÖNSÖZ

Enerji, bir mal üretiminde kullanılan zorunlu bir girdi olduğu için, ülkelerin ekonomi politikalarında önem verdikleri bir husustur. Enerji, ülkelerin ekonomik kalkınma düzeylerini belirleyen önemli bir değişkendir. Fosil yakıtların, çevresel sorunlara yol açarak; suyun ve havanın kirlenmesine sebebiyet vermesinin belirginleşmesiyle, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına vermiş olduğu önem daha da artmıştır.

Ülkelerin ekonomik büyümelerini arttırma eğilimleri, sanayileşme ile birlikte enerjiye olan ihtiyaçlarını arttırmaktadır. Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar, atık gazlar, nükleer enerji kullanımının riskleri, ithal enerji maliyetlerin artması, ülkeleri güvenilir, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir.

Bu nedenle çalışmanın amacı Türkiye'de enerji kaynaklarının ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ortaya çıkarıp, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasına ilişkin alternatif çözüm önerileri sunmaktır. Aynı zamanda çalışmanın sonunda Türkiye'de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla, nedensellik analizi gerçekleştirilmiştir.

Bu kitabın hazırlanma sürecindeki her aşamasında değerli önerileriyle bana yol gösteren, yardım ve her türlü desteğini benden esirgemeyen eşim Mesut SAVRUL'a ve varlıklarından güç aldığım çok değerli kardeşim Buket KILINÇ, annem Ayşe KILINÇ ve babam Şenol KILINÇ'a, bana kattıkları değerler için teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

BURCU KILINÇ SAVRUL

GİRİŞ

Enerji, ülkelerin özellikle ekonomik ve sosyal olarak gelişimlerinde, çok büyük bir öneme sahiptir. Bu nedenle özellikle gelişmiş ülkelerin ekonomi politikalarında üzerinde durulan bir husustur. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile enerji tüketimlerinin pozitif yönde değişimi bir çok çalışmanın konusu olmuştur. Ülkeler ekonomileri geliştikçe, enerji tüketimlerini arttırmaktadırlar. Ancak eğer ülkelerin yeteri kadar enerji kaynağı bulunmuyorsa, bu ülkelerin enerji ithalatı da yüksek oranlara çıkabilmektedir.

Gelişmiş ülkeler, enerji verimliliğini arttırmak, enerji tasarrufuna özen gösterebilmek için, enerjiyi en verimli biçimde kullanabilecek sistemler geliştirmeye çabalamaktadırlar.

Gelişmekte olan ülkelerde ise büyüme oranları arttırılmaya çalışıldığı için, büyüme için gerekli olan enerji kullanımındaki artış, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının tüketimini artırmaktadır. Bu da beraberinde yoğun enerji ithalatını getirmektedir. Bu ülkelerde yeterli döviz girdisi olmadığı için, ithalattaki artış, cari açıkların artmasına neden olmaktadır.

Bu nedenle Türkiye de enerji sektöründe rekabete dayalı piyasaların oluşturulmasını amaçlamaktadır. Yine son yıllarda elektrik, doğalgaz ve petrol sektörlerinde, sürdürülebilir büyümeyi sağlayacak yatırım ortamlarının oluşturulmasına vurgu yapılmaktadır.

Ekonomik büyüme ile enerji kaynakları ve uygulanan politikalar arasında bir ilişki söz konusudur. Enerji kaynaklarına sahip ya da verimli politikalar düzenleyen ve uygulamaya geçien ülkeler, daha hızlı gelişebilmektedir. Enerji, ekonomik büyümenin özellikle sanayi ve hizmet sektörünün önemli girdilerinden birisidir. Üretim için enerji gereklidir. Üretimi gerçekleştiren sanayi sektörünün de en temel girdisi enerjidir.

Üç bölümden oluşan çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizini yapmak amacıyla, birinci bölümde enerji kavramı, türleri ve dünyadaki enerji kaynakları potansiyeli tanıtılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynakları potansiyeli ele alınmıştır. Son bölümde ise çalışmada kullanılan ekonomektrik yöntemlerin teorik açıklamaları yapılmış, veri seti ortaya koyulduktan sonra ekonometrik analiz gerçekleştirilmiştir ve Türkiye'de enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur. Ekonometrik analizden elde edilen sonuçlar yine bu bölüm içerisinde ayrı ayrı açıklanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular sonuç kısmında değerlendirilmiş ve bu doğrultuda oluşturulan politika önerilerine yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM
ENERJİ KAVRAMI VE KAYNAKLARI

1. ENERJİ KAVRAMI VE KAYNAKLARI

1.1. Enerji Kavramı

Enerji kelimesi Yunanca energon sözcüğünden türemiştir. En iç, ergon ise iş anlamına gelmektedir. Enerji, bir cisim ya da sistemin iş yapabilme yeteneğidir. Yani enerji herhangi bir sistem içinde olusan iştir. Ölçülebilir bir fiziksel nicelik olan enerji, fizik bilim dalının temel kavramlarından biridir. Enerjinin bulunmadığı bir coğrafyada üretimden, tüketimden, ekonomiden söz edilemez[1].

Bir ülkenin yaşam standardı, o ülkedeki kişi başına tüketilen enerji miktarı ile orantılıdır. Yaratılan güç anlamındadır. Dünyada enerji kimyasal enerji, elektrik enerjisi, ısı (termal enerji), ışık, mekanik enerji[2] ve nükleer enerji[3] şeklinde adlandırılmaktadır[4].

Enerji odaklı ilişkilerin uluslararası politikada her zaman bir yeri olmuştur. Rezervlerin dünyadaki dağılımına bakıldığında, ağırlık Ortadoğu, Hazar çevresi ve Sibirya bölgesindedir. Türkiye'nin bu kaynaklara yakınlığı, onu jeopolitik yönden önemli bir konuma getirmektedir. Gelişmiş ülkeler arasında ABD bir tarafa burakılırsa, kendi

---

1 Ozan Bahar, "Türkiye'de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme", **Muğla Üniversitesi SBE Dergisi,** Bahar 2005, Sayı 14, s.35.

2 Mekanik enerji, mekanik bir sistemin bileşenlerinde yer alan potansiyel ve kinetik enerjinin toplamı olarak ifade edilir. Bu enerji cismin hareketi ve konumu ile ilişkilidir.

3 Nükleer enerji, atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji türüdür. Kütlenin enerjiye dönüşümünü ifade eder.

4 ETİMENKUL, **Enerji Sektörü Raporu**, Eti Menkul Kıymetler A.Ş. Araştırma Bölümü, s.5.

topraklarındaki rezervleri itibariyle kendine yeterli ülke neredeyse yoktur. Japonya, enerji kaynakları bakımından bağımlılığı en yük ülkedir[5].

1.2. Enerji Kaynakları

Enerji sektörünün ekonominin diğer sektörleriyle olan bağlılığı çok yüksektir. Bu nedenle sektör, ülkenin ekonomik büyümesi üzerinde büyük rol oynar. Özellikle elektrik enerjisi, hemen hemen bütün mal ve hizmetlerin üretiminde girdi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca ev, işyeri ve fabrikalarda çıktı olarak tüketilmektedir. Bu nedenle artan nüfus ve ekonomik gelişmeye paralel olarak enerji gereksiniminin verimli ve düşük maliyetlerle sağlanması büyük önem taşımaktadır[6].

Enerji kaynaklarının farklılığı kadar verdiği randımanlar da farklıdır. Karşılaştırma yapabilmek için eşdeğerlik birimleri seçilmistir. Eskiden kömür kullanımı çok yaygın olduğu için kıyaslama birimi olarak önce kömür eşdeğeri, sonra ise petrol eşdeğeri kabul edilmistir[7];

- TEP (Ton Petrol Eşdeğeri) : 10^7 Kcal
- KEP (Kilogram Petrol Eşdeğeri) : 10.000 Kcal

Enerji piyasasında fiyat, enerji arzı ve talebi tarafından oluşturulmaktadır. Enerji talebini belirleyen faktörler; ekonomik büyüme, yaşam tarzı, toplumun kalkınmışlık düzeyi, teknolojik gelişim ve enerji fiyatlarıdır. Enerji arzı ise; rezervler, üretim ve yatırım maliyetleri, dönüşüm teknolojileri ile ülkeler ve bölgeler arası ekonomik ve siyasal ilişkiler tarafından belirlenmektedir[8].

---

5 Yusuf Yazar, **Enerji İlişkileri Bağlamında Türkiye ve Orta Asya Ülkeleri**, Ahmet Yesevi Üniversiesi, Ankara, 2011, s.16.

6 Burcu Güvenek, Volkan Alptekin, "Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi", **Enerji, Piyasa ve Düzenleme**, Cilt:1, Sayı:2, 2010, Sayfa 172-193, s.174.

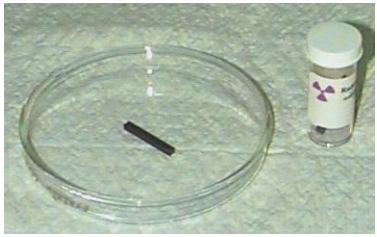
7 Ozan, **a.g.e.** s.36.

8 H. Naci Bayraç, "Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 10(1), s.118.

Enerji Kaynakları

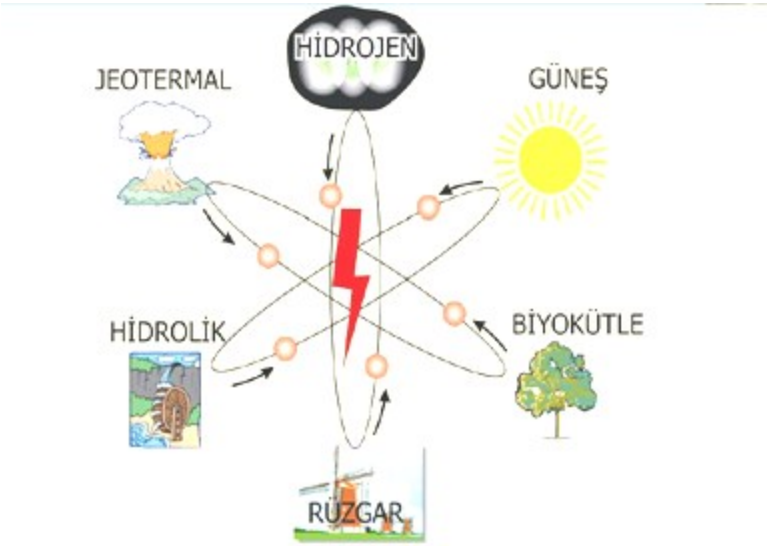
Kullanışlarına Göre	**Dönüştürülebilirliklerine Göre**
A.Yenilenemez (Tükenir)	**A.Birincil**
a.Fosil Kaynaklı	-Kömür
-Kömür	-Petrol
-Petrol	-Doğalgaz
-Doğalgaz	-Nükleer
b.Çekirdek Kaynaklı	-Biyokütle
-Uranyum*	-Hidrolik
-Toryum**	-Güneş
B.Yenilenebilinir (Tükenmez)	-Rüzgar
-Hidrolik	-Dalga-Gel Git
-Güneş	**B.İkincil**
-Biyokütle	-Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin
-Rüzgar	-İkincil Kömür
-Jeotermal	-Kok, Petrokok
-Dalga-Gel git	-Hava Gazı
-Hidrojen	-Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Kaynak: Erdem Koç, Mahmut Can Şenel, "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme", **Mühendis ve Makina Dergisi**, Sayı: 639, Cilt: 54, s. 33.



*Uranyum, radyoaktif bir kimyasal elementtir. Simgesi U'dur. 1789 yılında Martin Heinrich Klaaproth tarafından keşfedilmiştir. Uranyum ilk zamanda radyoaktivite ile ilgili fazla bilgi sahibi olunmadığından diğer elementler gibi zannedilmiştir. Ancak 1896 yılında bilim tarihinin önemli isimlerinden olan Mendeleyev'in çalışmalarıyla radyoaktif bir element olduğu ispatlanmıştır. Uranyum, cama katıldığı zaman ilginç sarı-yeşil bir renk verir. Çelikten daha yumuşaktır. Kurşundan % 65 daha yoğundur. Isıtıldığında yanar.

**Toryum, kurşun renginde, havada bozulmaz, atom enerjisi kaynağı olarak kullanılan radyoaktif bir elementtir. Toryum, nükleer santrallerin en temiz yakıtı olarak kabul edilir. Çevreye daha az zarar verdiği için ileride nükleer reaktörlerde uranyum yerine kullanılması düşünülmektedir. Toryumun nükleer yakıt olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar halen devam etmektedir. Ancak günümüzde toryumla çalışan ticari ölçekli bir nükleer reaktör bulunmamaktadır.



Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenebileceği öngörülen enerji kaynaklarıdır. Fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir. Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış şekline birincil enerji denilmektedir. Birincil enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgardır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerji de ikincil enerji şeklinde tanımlanmaktadır. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok[9], hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarındandır[10].

9 Petrokok, bıraktığı kül miktarı düşük ve ısıl değeri yüksek olan, bazı durumlarda doğal gaz veya yakıt yağı ile aynı derecede verim sağlaan, petrol rafinasyonu ürünü, katı bir yakıttır. Koyu gri veya siyah renklidir.

10 Koç, Şenel, **a.g.e.** s.33.

1.2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil kaynaklardan yenilenemeyen kaynaklar, karbon[11] bazlı olarak adlandırabilecek kaynaklardır. Bu grup içinde petrol, kömür ve doğalgaz gibi kaynaklar bulunmaktadır. Bu kaynakların meydana gelişleri itibariyle yenilenmeleri çok uzun süre alır. Bu nedenle bu kaynaklar yenilenmeyen kaynaklar olarak da adlandırılmaktadır. Bu grup içinde 19.yy sonlarında radyoaktivitenin[12] keşfinden sonra nükleer enerji de yer almaya başlamıştır[13];

Birincil enerji kaynakları ihraç potansiyeli, sahip oldukları çevresel etkiler, nihai kullanım esnekliği ve ikame potansiyeli vb. açılardan birbirlerinden önemli farklılıklar göstermektedirler[14].

1.2.1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenienemeyen enerji kaynakları kömür, petrol, doğalgaz, Biyokütle (bitki ve hayvan atıkları) kaynakları ve nükleer enerjidir. Bu kaynaklar hem sınırlıdır, hem de rezervleri azaldıkça fiyatları yükselmektedir. Ayrıca üretildiklerinde çevreye zarar vermektedirler[15].

1.2.1.1.1. Kömür Enerji Kaynağı

Kömür, yeraltı madenciliği veya açık işletme metodları kullanılarak çıkarılan fosil kaynaklı yakıttır. Genellikle bitki fosillerinden oluşmaktadır. Fabrikalarda kullanılan taş kömürü, ısı değeri en yüksek olan antrasit, Türkiye'de çok fazla bulunan linyit başlıca kömür çeşitleridir[16].

Kömürler homojen bir yapıda olmayıp, organik ve inorganik maddelerden oluşurlar. Katı inorganik maddeler kömürün kullanımı sırasında çevreye olumsuz etki yaparlar. Kömürün nem, yoğunluk, gözeneklilik, sertlik, tane boyut dağılımı, öğütülebilirlik, ufalanabi-

---

11 Karbon, doğada yaygın bulunan ametal kimyasal elementtir.

12 Radyoaktivite, bazı maddelerin atomlarının bozunarak parçacık veya enerji yaymasıdır. Radyoaktiviteyi 1896 yılında Fransız fizikçi H. Becquerel keşfetmiştir.

13 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.5-6.

14 Aydın, **a.g.e.** s.319.

15 Koray Başol, Mustafa Durman, Hüseyin Önder, **Doğal Kaynakların ve Çevrenin Ekonomik Analizi**, Alfa Aktüel Yayıncılık, Bursa, 2007, s.25.

16 Hayati Doğanay, **Ekonomik Coğrafya 2 Enerji Kaynakları**, Şafak Yayınevi, Erzurum, 1998, s.10-11.

lirlik ve manyetik duyarlılık gibi özellikleri kullanım alanlarının belirlenmesinde etkilidir[17].

Dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmı taşkömürü ve linyit gibi katı yakıtlarla giderilmektedir. Köken olarak bu iki yakıt da bitkilerden oluşmaktadır[18].

Linyit kömürünün yakılması ile elektrik enerjisinin üretildiği termik santrallerin verimliliği, ortalama % 30 seviyesindedir. Bu oran ayrıca kömürün yakılması sonucu ortaya çıkan ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüşme yüzdesi olarak da ifade edilebilir. Ancak termik santrallerinin düşük kaliteli linyit kömürü yakması sonucunda, çevrede karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit, baca tozları ve kül gibi gazlar ve elementler ortaya çıkabilmektedir[19].

1.2.1.1.2. Petrol Enerji Kaynağı

Petrol sözcüğü Latince kökenli olup Petro (Taş) ve Oleum (Yağ) sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Taşyağı anlamına gelen petrolün içerisinde hidrojen, karbon, nitrojen, oksijen ve kükürt vardır. Milattan önce petrolün kullanımı inşaat, gemicilikte yalıtım, mumyalama, aydınlanma alanlarıdır. Diğer yandan petrolün kolay yanıcı özelliğinin farkına varılması ile silah olarak kullanılmaya başlanmıştır[20].

Petrol milyonlarca yıldan bu yana denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının uygun şartlar altında (sıcaklık, basınç ve mikro organizmaların etkisiyle), toprağın altında başkalaşmasıyla oluşmaktadır. Petrol bir takım hidrokarbonların[21] karışımından meydana gelir. Bir kimyevi bileşimi yoktur. Değişik kimyevi bileşimleri değişik petrol tiplerini meydana getirir. Örneğin pa-

---

17 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.113.

18 Ekrem Göksu, **Enerji Kaynakları I**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları No: 21, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Ofset Matbaası, İstanbul, 1986, s.17.

19 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.113.

20 Aybüke İnan, "Kerkük-Yumurtalık Petrol Boru Hattı ve Türkiye-Irak İlişkileri (1973-2011)", **Ortadoğu Analiz,** Ağustos 2013, Cilt: 5, Sayı: 56, ss. 68-855, s.69.

21 Hidrokarbon, karbon ve hidrojenin uygun bileşimleriyle meydana gelir.

rafin[22] bazlı, asfalt[23] bazlı petroller gibi. Petrol az bulunan bir yakıttır, bu nedenle değeri çok yüksektir[24].

1.2.1.1.3. Doğalgaz Enerji Kaynağı

Doğada oluşan bataklık gazı (metan), kükürtdioksit gazı, karbondioksit gazı, hidrojenli kükürt gazı ve petrol gazı gibi gazların tümüne verilen bir addır. Genellikle doğal gaz denildiğinde, petrol veya gaz yakıtlardan elde edilen gazlar akla gelir. Doğal gaz evlerde ve endüstrilerde yakıt veya hammadde olarak kullanılır[25].

Yerin derinliklerinden yeryüzüne çıkarıldıklarında, atmosferik basınç ve sıcaklık koşullarında sıvı halde bulunan hidrokarbonlar ham petrol olarak adlandırılır. Katı halde bulunan hidrokarbonlar ise bileşimlerine göre asfalt, parafin; gaz halinde bulunan hidrokarbonlar ise doğal gaz adını almaktadırlar[26].

1.2.1.1.4. Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları

Biyokütle[27] enerjisi, organik maddelerden enerji kaynağı olarak yararlanılmasıdır. Bilinen bitki yakma ve hayvan atıklarından yararlanma yöntemleri geleneksel biyokütle olarak adlandırılmaktadır.

---

22 Parafin, mum kıvamında katı bir maddedir. Karbon bakımından çok zengin olan bir yağlı doymuş hidrokarbonlar karışımıdır. Petrollerin çoğu, ayırımlı damıtmayla elde edilen parafin içerirler.

23 Asfalt, dayanımlı akmaz halden katı hale kadar değişkenlik gösteren siyah ve kahverengi organik bir maddedir. Temel olarak bir hidrokarbondur. Asfaltın, kimyasal bileşimi oldukça karışık ve değişkendir. Bugün yaygın olarak kullanılan asfalt, petrolün rafinasyonundan elde edilen yan üründür.

24 Doğanay, **a.g.e.** s.158.

25 Göksu, **a.g.e.** s.13.

26 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.113.

27 Biyokütle, yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Biyokütle, bir enerji kaynağıdır ve endüstriyel anlamda biyokütle, bu biyolojik maddelerden yakıt elde edilmesi ya da diğer endüstriyel amaçlarla kullanılması ile ilgilidir. Yaygın olarak, biyoyakıt elde etmek amacı ile yetiştirilen bitkiler ile lif, ısı ve kimyasal elde etmek üzere kullanılan hayvansal ve bitkisel ürünleri ifade eder.

Modern yöntemlerde bitkilerden biyodizel[28], biyoetanol[29] elde etme gibi yeni uygulamalar ise, modern biyokütle olarak adlandırılmakta ve yenilenebilir enerji kaynağı türleri arasında yer almaktadır. Biyokütle tükenmez bir kaynak olması, her yerde yetiştirilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle önemli bir enerji kaynağıdır[30].

Biyokütle enerji kaynakları kullanılarak, biyoetanol, biyodizel ve biyogaz olmak üzere üç temel yakıt elde edilebilmektedir. Biokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağıdır. Organik atıkların enerji üretim sistemlerinde kullanılmasının avantajları aşağıda belirtildiği gibidir[31];

- Ucuz ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlamaktadır.
- Biyogaz üretimi sonucu, hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmektedir.
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu yok olmaktadır.
- İnsan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden, hayvan gübrelerinden kaynaklanan hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta, üstelik çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.

Diğer yandan biyoyakıt kullanımının faydaları ise aşağıda belirtildiği gibidir[32];

---

28 Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür.

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

30 Murat Topal, E.Işıl Arslan, Biyokütle Enerjisi ve Türkiye, **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, UTES, 17-19 Aralık, 2008, İstanbul, ss.241-248, s.242.

31 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.116.

32 **A.e**. s.116.

- Petrol ithalatını azaltmaktadır.
- Çevrenin ve doğal enerji kaynaklarının korunmasına yardımcı olmaktadır.
- Enerji tarımının gelişmesine olanak sağlamaktadır.
- Yerel iş imkanı sağlamakta ve yerli imalat sanayiinin gelişmesine katkıda bulunmaktadır.
- Yağlayıcı özelliğinden dolayı araçların motorlarını korumaktadır.

Biyogaz, organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri ile elde edilen bir gaz karışımıdır[33].

Biyogazın içeriği % 60-75 metan gazı ve % 25-40 miktarı ise CO_2 gazıdır. Biyogaz içeriğindeki metan gazından dolayı yanıcı özelliğe sahiptir. Biyogaz temel olarak oksijensiz ortamda mikrobiyolojik floranın etkisi altında, organik maddenin karbondioksit ve metan gazına dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Biyogaz elde edinimi temel olarak organik maddelerin ayrıştırılmasına dayandığı için temel madde olarak bitkisel atıklar ya da hayvansal gübreler kullanılabilmektedir[34].

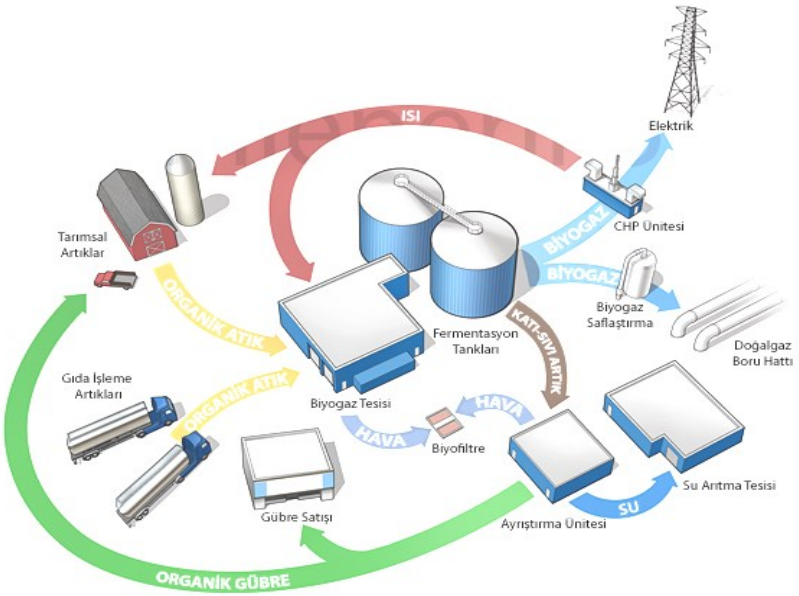
Biyogaz ısıtmada, enerji üretiminde, araçlarda yakıt olarak kullanılırken; üretim sonucu oluşan organik gübre tarım alanlarında kullanılmaktadır. Biyogazın enerji değerleri incelendiğinde 1 m^3 biyogazın sağladığı ısı miktarı 4700-5700 kcal/m^3 olup 0,62 litre gazyağı, 1,46 kg odun kömürü, 3,47 kg odun, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek ve 4,70 kWh elektrik enerjisi eşdeğerindedir. Ayrıca, 1 m^3 biyogaza 0,66 litre motorin, 0,75 litre benzin ve 0,25 m^3 propan eşdeğer yakıt miktarlarıdır. Biokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biokütle için mısır, buğday gibi özel

---

33 Tolga Yarman, **Enerji ve Türkiye**, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:89, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları No:21, Eskişehir, 1985, s.30.

34 Muhammed Alperen Yeşil, **Serhat Kalkınma Ajansı TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu**, Kars, Ocak 2015, s.55.

olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Biyogaz üretiminde kullanılabilecek hammadde kaynaklarından mısır silajı[35], algler, atık su çamurları ve tavuk gübresinin enerji verimliliği oldukça yüksektir[36].



Günümüzde bazı biyo-kütle enerji türleri, sanayide etkin biçimde kullanılmaktadır.

---

35 Silaj yeşil sulu bitkilerin havasız ortamlarda turşulaştırılması ile elde edilen hayvan yemlerine denir. Bu yöntemle elde edilen yemler sayesinde, özellikle yeşil bitki bulunmayan yaz ve kış aylarında hayvanlar sağlıklı bir şekilde beslenebilmektedir. Her yeşil bitki silaj yapımına uygun değildir. Ancak silaj yapımı için en uygun bitki mısır bitkisidir.

35 Algler, halk arasında daha çok su yosunu olarak tanınır. Algler, asıl olarak sulu alanlarda yaşamlarını devam ettirirlerken, aynı zamanda karlı ve buzlu alanlarda da yaşamlarını sürdürebilmektedirler.

36 Yeşil, **a.g.e.** s.55.

Tablo 1: Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimi ve Metan Oranı

	Biyogaz Verimi (Litre/kg)	Metan Oranı (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Sapları ve Artıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat Artıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı Kabuğu	365	…
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx.

Yenilenebilir enerjilerin bir türü olan biogaz, biyoyakıtların içerisinde yer almaktadır. 1990'larda biyogazdan elektrik enerjisi üretimi dünyada yaklaşık 5000 GWh iken, 2000'li yıllarda bu rakam 12048 GWh seviyesine ulaşmıştır. Bu rakamlar sırasıyla ABD'de 4984 GWh, İngiltere'de 2556 GWh, Almanya'da 1683 GWh, İtalya'da 566 GWh, Fransa'da 346 GWh, olarak tespit edilmiþtir. Biyogazın yaygın olarak üretilmesinde en büyük etken, biyogazdan elektrik enerjisi üretiminin yapıldığı ülkelerde bu enerjinin en az uygulanan perakende tarifeye yakın bir fiyatla satın alınması ve organik atıkların işlenmesinin yasal bir zorunluluk haline getirilmesidir. Ayrıca, gaz motorlarında biyogaz kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi, biyogazın önemini arttırmıştır. Günümüzde yapılan biyogaz üretimiyle organik atıklar değerlendirilmekte ve bunlar sterilize edilerek çevreye olabilecek zararları önlenmektedir. Böylece, toprak ve su temizliği sağlanmakta, doğal denge korunurken, temiz enerji üretimi gerçekleştirilmek-

tedir. Üstelik üretim sonrası çıkan atıklar, bitkisel üretimde toprağı zenginleştirici bir gübre olarak kullanılmaktadır[37].

Biyogaz denilince akla ilk olarak büyükbaş hayvan atıklarıyla çalışan bir sistem gelir. Ancak bitkisel atıklardan, atık su çamurlarına kadar farklı pek çok kaynaktan da metan gazı elde edilebilmektedir. Bunlar arasında kanatlı gübresi, mısır artıkları ve atık su çamurları en büyük potansiyele sahip kaynakları oluşturmaktadır. Organik atıkların enerji üretiminde kullanılması bazı faydalar sağlamaktadır. Bu faydalar aşağıda belirtildiği gibidir [38];

- Ucuz ve çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır.
- Atık geri kazanımı sağlamaktadır.
- Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu yok olmaktadır.
- İnsan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden, hayvan gübrelerinden kaynaklanan hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır.
- Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta, çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.

1.2.1.1.5.Nükleer Enerjisi

Nükleer enerji, atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji türüdür. Enerjiyi zorlanmış olarak ortaya çıkarmak ve diğer enerji tiplerine dönüştürmek için nükleer reaktörler kullanılmaktadır. Nükleer enerji tüketimi sonucu karbondioksit üretilmez. Bu nedenle bu enerji türü kömür yakan termik enerjiye göre daha çevreci bir seçenek olarak görülür[39].

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması sağlanabilir. Bu tepkimeye fisyon adı verilmektedir. Bunun haricinde hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri de büyük bir enerjinin açığa çıkma-

---

37 Fatma Çanka Kılıç, "Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri", **Mühendis ve Makine Dergisi**, Cilt: 52, Sayı: 617, ss. 94-106, s. 96.

38 Yeşil, **a.g.e.,** s. 56.

39 Doğanay, **a.g.e.** s. 456-457.

sına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesine füzyon adı verilmektedir. Bu tepkimenin sağlanabilmesi için, atom çekirdeğinde bulunan artı yüklerin birbirini itmesinden kaynaklanan kuvvetin yenilmesi gereklidir. Bu nedenle çok yüksek sıcaklığa çıkılan sistemler kullanılmaktadır. Çok yüksek sıcaklıkta yüksek enerjiye ulaşan atom çekirdeklerinin çarpışması ile füzyon tepkimesi sağlanabilmektedir. Fisyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye çekirdek enerjisi veya nükleer enerji adı verilmektedir[40].

1.2.1.2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş, rüzgar, hidrojen, hidroelektrik ve jeotermal gibi kaynaklardır. Bu kaynaklar doğada sürekli var olan faktörlere dayalıdırlar. Bu nedenle yenilenebilirdirler ve doğaya zarar vermezler[41].

Yenilenebilir enerjilerin başlıca avantajı karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardım etmeleridir. Bunlar yerli oldukları için enerji ithalatına bağımlılığı azaltırlar. İstihdamın gelişmesine katkıda bulunabilirler[42].

Doğal enerji kaynaklarından meydana geldikleri için, ithal enerjilere ödeme yapılmasını engellemekte, dış borçları azaltmaktadırlar. Bunlardan yararlanmak için gerekli olan enerjilerin işletilmesi kolaydır[43].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının başlangıç yatırımları, diğer kaynaklara göre pahalı olabilir. Ancak bu kaynaklar uzun vadede ekonomi açısından çok fazla kazanç sağlamaktadırlar. Bu nedenle başlangıç için maliyetler devlet desteği ile azaltılabilir. Yerli ve yabancı yatırımcılar için cazip teşvikler verilebilir[44].

Yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarında en önemli nokta yatırımı yapılan yerin seçimidir. Yatırım yapılmadan önce yatırımın

---

40 ETİMENKUL, **a.g.e.** s. 42.

41 Çanka Kılıç, **a.g.e.** s. 97.

42 Aydın, **a.g.e.** s. 319.

43 Ahmet Mutlu, "Nükleer Demodelik mi, Sürdürülebilir Enerji mi", **Standart**, Temmuz, 2002, s. 66

44 Kamil Kaygusuz, Ahmet, Sarı, "Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu, Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", **Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, TMMOB, 3-4 Ekim 2003, Kayseri, ss.347-356, s.355.

yapılacağı kaynağın tüm performans ve fizibilite[45] testleri yapılmalıdır[46].

1.2.1.2.1.Hidroelektrik Enerjisi

Hemen hemen bütün enerji kaynakları, güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal tesirinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji de güneş ışınımından dolaylı olarak oluşan bir enerji kaynağıdır[47].

Hidroelektrik santrali, suyun yer çekimine bağlı potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü elektrik santralidir. Yapımı ve çalışmasına göre baraj santralı ve akarsu santralı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Deniz, göl veya nehirlerdeki sular güneş enerjisi ile buharlaşmaktadır. Oluşan su buharı rüzgarın etkisiyle de sürükle-

45 Fizibilite, düşünülen yatırımın ekonomik, teknik, finansal ve hukuki yönlerden etkinliğini belirlemek için yapılan bir araştırmadır.

46 Ömer Faruk Ertuğrul, M. Bahattin Kurt, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, ss.37-41, s.41.

47 Doğanay, **a.g.e.** s.371.

nerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yer yüzüne ulaşmakta, nehirleri beslemektedir. Böylelikle hidrolik enerji kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağı haline dönüşmektedir. Enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır[48].

Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi, dünyada toplam elektrik üretimine yaklaşık % 23 oranında katkıda bulunmaktadır. Hidroelektrik santralleri ile enerji üretimi için uygun coğrafi koşulların sağlanması gerekmektedir[49].

Hidroelektrik santrallerinin avantajları aşağıda belirtildiği gibidir[50];

- Sudan enerji elde etmeleri ve suyun yenilenebilir bir kaynak olması,
- Sera gazı salınımına yol açmamaları,
- İnşaatın yerli imkanlarla yapılabilmesi,
- Teknik ömrünün uzun olması ve yakıt giderlerinin olmaması,
- İşletme bakım giderlerinin düşük olması,
- Enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları[51],
- İstihdam imkanı yaratmalarıdır.

Hidroelektrik sistemlerde su, kanallar yardımıyla yüksek bir yerden alınarak türbine verilmektedir. Türbinlere bağlı jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir Üretilen elektrik enerjisi direkt olarak kullanılabildiği gibi bataryalarda da depo edilebilir.

---

48 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.39.

49 Mehmet Berkün, Egemen Aras, Tuğçe Koç, "Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler", **TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri,** Sayı: 452, 2008/6, 2008, ss.41-48, s.41.

50 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.116.

51 Doğan Aydal, Yelda Cumalıoğlu, **Enerjiye Açılan Karanlık Kapılar**, Destek Yayınevi:145, İstanbul, 2011, s.15.

1.2.1.2.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, güneşin yarattığı başka bir enerji türüdür. Güneşin etkisiyle gündüz atmosferin ısınması ve gece ise soğumasıdır. Sıcak, yüksek basınç; soğuk ise alçak basınç yaratır. Bu yolla rüzgar oluşur. Rüzgarın ne zaman başlayıp ne zaman biteceğinin bilinmemesi rüzgar enerjisinin olumsuz yönü olarak söylenebilir[52].

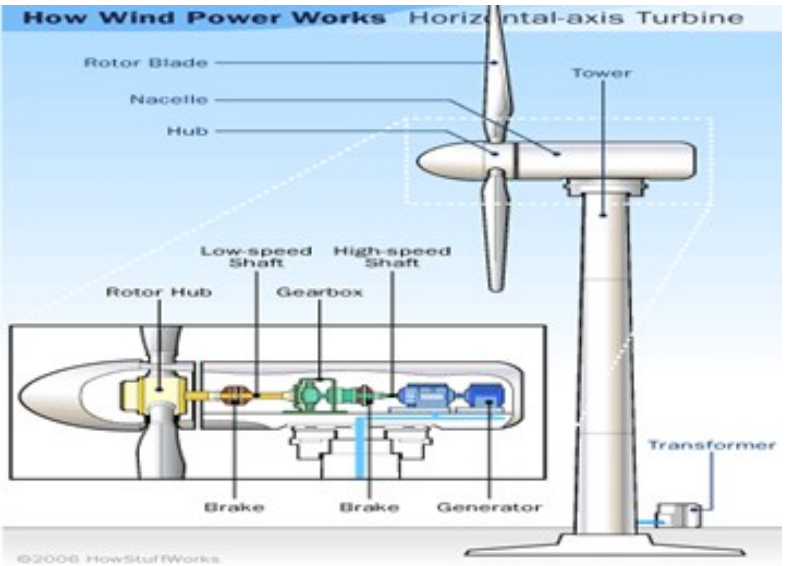
Ancak rüzgar enerjisi temiz, bol, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç da havanın hareketine neden olmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık % 2'si rüzgar enerjisine çevrilmektedir. Basınç değişiminin fazla olduğu yerler, yüksek ve engebesiz tepe ve vadiler, güçlü jeostrofik rüzgarların etkisi altında kalan bölgeler, kıyı şeritleri, kanal etkisi oluşturan dağlar arasında kalan bölgeler vb. yerlerde rüzgar oluşmaktadır. Buna göre bulunulan yerin ortalama rüzgar hızı 6.5 m/s rüzgar hızı enerji açısından orta düzey, 7.5 m/s iyi, 8.5 m/s ve yukarısı hızlar çok iyi olarak değerlendirilmektedir[53].

---

52 Göksu, **a.g.e.** s.48.

53 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ,http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf= webpages&b=ruzgar &bn=231&hn=&nm=384&id=40696# (2)

500 kW'lık bir rüzgar türbini 57.000 ağacın yaptığı CO_2 temizleme işine eşdeğer bir iş yapmaktadır. Dünya genelindeki elektrik enerjisi ihtiyacının sadece % 10'luk kısmının 2025 yılına kadar rüzgar enerjisinden sağlanması durumunda, atmosfere salınan CO_2 emisyonunun yılda 1.41 Gton azalacağı öngörülmektedir. Rüzgar türbin teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyeti giderek düşmektedir. Böylece rüzgar türbinleri, termik ve hidrolik gibi diğer enerji santralleriyle ekonomik açıdan rekabet edecek düzeye gelmiştir. Rüzgar türbinlerinin bakım ve işletme maliyetleri, hammaddeye ihtiyaç duyulmadığından dolayı düşüktür. Kuruldukları bölgelerde istihdam yaratırlar. Hammaddesi tamamıyla yerli olduğundan, enerji üretimindeki dışa bağımlılık azalmaktadır. Rüzgar türbinleri kurulum aşamasından sonra kısa zaman içerisinde işletmeye alınabilir[54].



Güneş yeryüzüne saatte 100.000.000.000.000 KW enerji gönderir. Güneşten gelen enerjinin % 1-2'si rüzgar enerjisine dönüşür. Bu, yeryüzündeki tüm bitkilerin biyolojik kütleye dönüştürdüğü enerjinin

---

54 Sezen Karadayı, Zafer Hüseyin Ergan, "Geleneksel/ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Arttırılması İçin Öneriler", **EJOIR**, Aralık 2015, IWCEA Özel Sayısı Cilt 2, ss.111-122, s.114-115.

50-100 katıdır. Rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Rüzgarın enerji içeriği, ortalama rüzgar hızının küpü oranında değişir. Rüzgar hızı 2 katına çıkarsa, 8 kat enerji içerir. Ortalama bir rüzgar türbini 43 metrelik bir pervane çapına ve 600 KW gücünde bir generatöre ulaşmaktadır. Yılda 1 ile 2 milyon KW/saat enerji üretmektedir. Son nesil rüzgar türbinlerinin 1.000-1.500 kW generatörü ve 50-60 metrelik pervane çapı bulunmaktadır. Bir rüzgar türbini kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri, elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur[55].

Yel değirmenler uzun süre tarım ürünlerinin öğütülmesinde kullanılmıştır. 19.yy'ın sonlarında ve 20.yy'da yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek, elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır. Rüzgar enerjisini mekanik güç olarak kullanan tesis ve donanımlara Rüzgar Değirmenleri adı verilir. Rüzgar gücünü dönüştürerek, elektrik enerjisi üreten tesis ve donanımlara ise Rüzgar Türbini denmektedir. Rüzgar türbinlerinin çalışma prensipleri, rüzgar değirmenlerine benzemekte, fakat çok daha teknik detaylar içermektedir[56].

Rüzgar türbinlerinden herhangi bir çevre kirliliği oluşmamaktadır. Modern bir 600 KW gücündeki rüzgar türbini, bir yılda genellikle kömürle iletilen diğer elektrik santrallerinin 1.200 ton karbondioksidinin yerine geçecektir. Rüzgar türbinleri, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürür[57].

Rüzgar enerjisinin üstünlükleri atmosferi kirletici etkiye sahip gazların salınmaması (karbondioksit emisyonuna neden olmayışları), kaynağının tükenmemesi (güneş ve atmosfer), rüzgar tesislerinin kurulumunun, işletilmesinin diğer tesislere göre daha kolay olması, enerji üretim maliyetlerinin düşük olması şeklindedir. Sakıncaları ise

---

55 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.43-44.

56 Selçuk Hayli, Rüzgar Enerjisinin Önemi, Dünyada ve Türkiye'deki Durumu", **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 2001, ss.1-30, s.3-4.

57 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.44.

rüzgarın sürekliliği olmadığı için enerji üretim değerinin sabit olmaması, fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilen enerjiye oranla enerji üretiminin düşük olması ve yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır[58].

İlk kez Danimarka'da yel değirmenlerinin dönmesi amacıyla kullanılan rüzgar enerjisi, türbinin şaft gücünden yararlanılarak su pompalama, çeşitli ürünleri kesme, biçme, öğütme, sıkıştırma, yağ çıkarma gibi mekanik enerjiye gerek duyulan yerlerde de kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisi mekanik uygulamalar ile su pompalama sistemlerinde, elektriksel uygulama olarak şebeke bağlantısıyla elektrik enerjisi elde edilmesinde ve ısı enerjisi üretimi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Rüzgar santralleri elektrik enerjisinin şebekeye verilmesi dışında su depolama, tahıl öğütme sistemleri, soğutma sistemleri, bahçe aydınlatması, sulama sistemleri gibi pek çok farklı alanda da kullanılabilmektedir. Enerjinin güneş enerjisiyle birlikte tarımsal faaliyetlerde kullanım alanı da genişlemeye başlamıştır[59].

1.2.1.2.3. Güneş Enerjisi

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ısınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkilemektedir. Rüzgar, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisindeki değişimler sonucunda oluşur. Fosil yakıtlarda, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir[60].

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti yaklaşık olarak 1370 W/m² değerindedir. Ancak güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı 0-1100 W/m^2 değerleri arasındadır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü, mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar, özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri teknolo-

---

58 Doğanay, **a.g.e.** s.440-442.

59 Yeşil, **a.g.e.** 46.

60 Kamil B. Varınca, M. Talha Gönüllü, "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", **UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi**, 21-23Haziran, ESOGÜ, Eskişehir, 2006, s. 273.

jik olarak ilerlemiş ve maliyet bakımından düşmüştür. Ayrıca çevresel olarak temiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi önceleri ısı enerjisi olarak kullanılırken, fotovoltaik paneller aracılığıyla güneş enerjisinin elektrik üretiminde kullanımı yaygınlaşmıştır. Güneş otomobilleri, güneş ocakları, sıcak su elde edilmesi, güneş bataryaları, tarımsal sulama, su arıtma sistemleri, seracılık vb. alanlarında güneş enerjisi kullanılmaktadır[61].

Yere göre 3-6 metre yükseklikte yerleştirilmiş aynalar bulunur. Bu geniş aynalar, güneşi izleyecek şekilde yönlendirilmişlerdir. Güneş ışmları aynalara çarparak bir dizi fotovoltaik panele yansır[62].

Isıtma sistemlerinde güneşten elde edilen ısı enerjisi ile su ısıtılmakta ve kullanılmaktadır. Yarı iletken teknolojideki gelişmelere paralel olarak son yıllarda üretilen güneş panelleri ise güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu amaca yönelik olarak üretilen güneş panellerinin verimleri % 18 seviyelerine ulaşmaktadır[63].

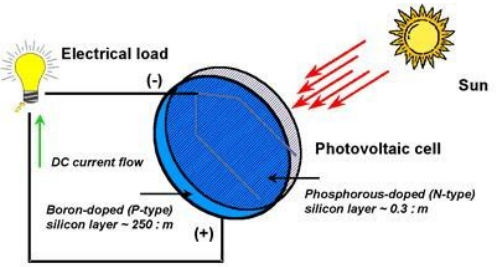
---

61 Yeşil, **a.g.e.** 23.

62 John O'M. Bockrıs, T.Nejat Veziroğlu, Debbı Smıth, **Güneş Enerjisi**, İletişim Yayınları, İstanbul, s.57.

63 Mehmet Demirtaş, İbrahim Sefa, Erdal Irmak ve İlhami Çolak, "Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı DA/DA Yükselten Dönüştürücü", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 23, No 3, 2008, ss.719-728, s.720.

Güneş enerjisi güneşin yaydığı ve güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Güneş ışınlarından yararlanmak için teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin bir kısmı güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direkt olarak kullanır. Diğer teknolojiler ise güneş enerjisinden elektrik elde ederler. Güneş enerjili sıcak su sistemleri, suyu ısıtmak için güneş ışınlarından yararlanmaktadır. Bu sistemler evsel sıcak su ya da bir alanı ısıtmak için kullanılabildiği gibi, havuzları ısıtmak için de kullanılabilmektedir. Bu sistemler çoğunlukla bir termal güneş paneli ve bir depodan oluşur[64].



Bir Fotovoltaik Hücre Diyagramı

Dünyaya güneşten 150 milyon km kat ederek gelen günlük enerji, dünyada yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 1,5 katıdır. Güneş ışınımının yaklaşık % 30'u dünyaya ulaşamayarak geri yansıtılmaktadır, % 50'si ise atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşmaktadır. Kalan % 20'lik ışıma ise atmosferde ve bulutlarda tutulmaktadır. Meydana gelen ısınma rüzgarlara ve okyanus dalgalarının oluşmasına sebep olmaktadır[65].

1.2.1.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yeryüzünün kabuğunda bulunan ısıdır. Bu enerjiden, yer yüzeyine çıkan sıcak sular aracılığıyla yararlanılmaktadır. Kaynağın sıcaklığına bağlı olarak ısıtma uygulamalarında ya da elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Jeotermal enerji; kullanılan sıcak suyun reenjeksiyon[66] ile tekrar yer altına verilmesi koşuluyla yenilenebilir enerjiler arasında sayılmaktadır. Bu yolla elektrik ener-

---

64 Doğanay, **a.g.e.** s.449-453.

65 Yeşil, **a.g.e.** 23.

66 Suyun etken olduğu jeotermal depolarında çok yüksek miktarlarda sıcak su üretimi yapılır. Üretilen sıcak suyun bir kısmı sıcak su olarak doğrudan kullanılır. Geri kalan önemli bir kısmı ise merkezi jeotermal ısıtma sistemlerinde ısısı alındıktan sonra, artık su olarak kalır. Artık su deniz, göl ve akarsu gibi yerlere verilebilir. Ancak doğru olan, suyu geldiği yere veya uygun yeraltı bölgesine basmaktır. Suyu yeraltına tekrar geri basmak için açılan kuyulara reenjeksiyon (Tekrar-Basma) kuyusu denir.

jisi üretimi amaçlı santraller kurulmaya başlanmıştır. Yerkabuğundaki ısı kaynağı magmadır. Magmanın derinliklerinden büyük kitleler halinde yukarı gelen erimiş, kayaçlar ısı akışını yerel olarak arttırırlar[67].

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki kayaçlar içinde birikmiş olan ısının, akışkanlarca taşınarak rezervuar[68]larda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Jeotermal kaynaklar aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır.

Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO_2, NOx (azot oksit), SOx (kükürt) gazlarının salınımı çok düşük olduğundan temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Düşük (20-70°C) sıcaklıklı sahalar, başta ısıtma olmak üzere, endüstride, kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Orta sıcaklıklı (70-150°C) ve yüksek sıcaklıklı (150°C'den yüksek) sahalar ise, elektrik üretiminin yanı sıra reenjeksiyon[69] koşullarına bağlı olarak entegre şekilde ısıtma uygulamalarında da kullanılabilmektedir[70].

Jeotermal kaynaklar, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, kimyasallar içeren sıcak su, buhar ve gazlardır. Jeotermal enerji jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Jeotermal kaynaklar ile elektrik enerjisi üretimi; merkezi ısıtma, soğutma, sera ısıtması; kimyasal madde ve mineral üretimi, gübre, lityum, hidrojen v.b; kaplıca amaçlı kullanım (termal turizm), düşük sıcaklıklarda (30 °c) kültür balıkçılığı, mineralli su olarak içilerek kullanımı vb. gerçekleştirilmektedir. Türkiye termal alanda Avrupa'da birinci, dünyada ise

---

67 İhsan Ketin, **Türkiye Jeolojisine Genel Bakış**, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı, Kitap Yayın No:32, İstanbul, 1983, s.257.

68 Rezervuar; içme veya kullanma suyu temin edilen, doğal veya yapay su kütlesidir.

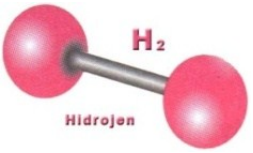
69 Reenjeksiyon, suyu yeraltına tekrar geri basma eylemidir.

70 Yeşil, **a.g.e.** 67.

yedinci ülke konumundadır. Yer altı kaynaklarına yapılacak yatırımlarda sondaj çalışmalarının yüksek maliyetli olması, özel sektörün bu alana olan ilgisini düşürmektedir[71].

Jeotermal enerji diğer enerji kaynaklarına göre avantajlı bir enerjidir. Çünkü tükenmez bir enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarına göre maliyeti daha ucuzdur. Fosil ve nükleer kaynaklı enerji üretimleriyle kıyaslandığında, çok az çevre sorunlarına neden olmaktadır. Çeşitli hastalıkları giderdiğinden, tedavi amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Tesislerin kurulması ve işlemeye başlama süresi, diğer enerji tesislerine göre daha kısa sürmektedir[72].

1.2.1.2.5. Hidrojen Enerjisi



Hidrojen birincil enerji kaynaklarından üretilen bir yakıttır. Doğada bileşikler halinde bulunur. En bilinen bileşiği sudur. Ayrıca temiz bir enerji kaynağıdır. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip yakıt kaynağıdır. Hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde atık ürün, sadece su veya su buharıdır. Bu nedenle hidrojenden enerji elde edilmesi sürecinde çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı gaz salınımı ve zararlı kimyasalların üretimi söz konusu olmamaktadır. Hidrojen, petrol yakıtlara oranla ortalama 1,33 kat daha fazla verimli bir yakıttır. Hidrojenin en önemli özelliği depolanabilir olmasıdır. Hidrojen, teknolojik gelişmelere bağlı olarak yakıt pillerinde enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Yakıt pilleri son derece yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Hidrojenin birim enerji başına hacmi yüksek olduğundan, depolanması ve nakli küçük miktarları için bile oldukça büyük tanklar gerektirmektedir. Bu nedenle genellikle uzay uçuşları gibi ileri uygulamalarda kullanılmaktadır[73].

Hidrojen dünyada tek başına bulunmadığından, önce üretilmesi gerekir. Bu üretim süreci oldukça pahalıya gelmektedir. Su ve doğalgaz gibi elementlerdeki hidrojenin ayrıştırılmasıyla yapılmaktadır.

---

71 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.43.

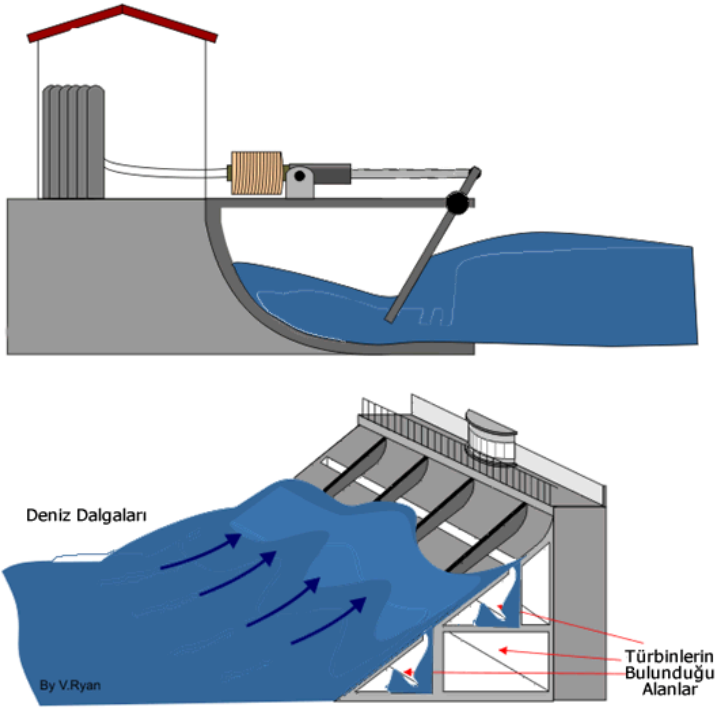
72 Baki Canik, Mehmet Çelik, Zafer Arıgün, "Jeotermal Enerji", **Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Yayınları**, No:59, 2000, s.8.

73 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s.115-116.

Hidrojen yakıtı konusunda elde edilen en önemli ilerleme İzlanda'da yaşanmakta ve bu ülkede elde edilecek bir başarı, hidrojenli otomobillerde seri üretime geçilmesini hızlandıracaktır[74].

1.2.1.2.6. Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri

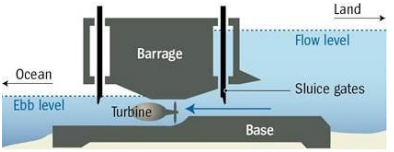
Dalga enerjisi, okyanus ve deniz gibi büyük su kütlelerinde meydana gelen dalgaların enerjisinden yararlanabilmektir. Sahilleri güçlü rüzgarlara maruz kalan ülkeler, enerji ihtiyaçlarının % 5 veya daha fazlasını dalga enerjisinden karşılayabilmektedirler[75].

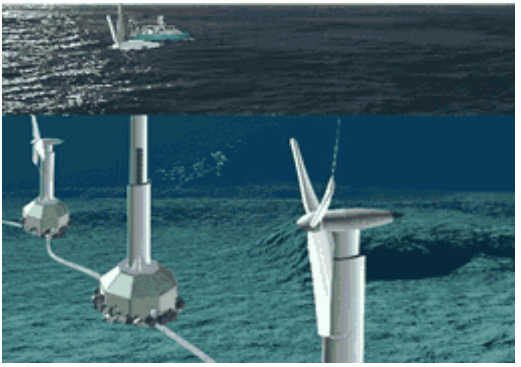


74 Ezgi Bayrakdar, Mehmet Ali Faruk Öksüzömer, Tuba Gürkaynak Altınçekiç, "Nikel Esaslı Katalizörlerin Poliol Yöntemiyle Hazırlanması ve Karakterizasyonu", **Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi**, 3-6 Eylül 2012, Koç Üniversitesi, İstanbul, 2012, ss.1-6, s.1.

75 Mustafa Sağlam, Tanay Sıdkı Uyar, "Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli", **Elektrik Mühendisleri Odası**, Ankara, 2005, s.1-2.

Gel-git enerjisi, okyanus akıntısı nedeniyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik veya potansiyel enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Uygun bulunan koyların ağzı bir barajla kapatılır. Gelen suyun tutulması ile çekilmesi sonrasında yükseklik farkından yararlanılarak türbinler aracılığı ile elektrik üretilir. Deniz ve okyanuslardaki düzenli akıntıların kinetik enerjisinin, deniz tabanına yerleştirilen türbinler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi de akıntı enerjisi olarak anılmaktadır[76].





Deniz ve okyanuslardaki düzenli akıntıların kinetik enerjisinin, deniz tabanına yerleştirilen türbinler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülmesi akıntı enerjisi olarak tanımlanır[77].

---

76 Mustafa Şekkeli, Ö. Fatih Keçecioğlu, "Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması", **KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 14(2), 2011, ss.19-26, s.19-20.

77 Mehrübe Mehrübeoğlu, Lifford McLauchlan, David Nicholas Patterson, "Deniz Dalgalarından Elekrik Üretimi: Küçük Çapta Bir Uygulama", **EMOBİLİM**, 2009, ss.32-41, s.32.

1.2.2. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji kaynağı elektriktir. Elektrik, durağan ya da devingen yüklü parçacıkların yol açtığı fiziksel bir olgudur. Elektrik yükü, maddenin ana niteliklerinden biridir ve temel parçacıklardan kaynaklanmaktadır. Elektrik olgusunda rol oynayan iki parçacık yükünden biri negatif işaretli olan elektron, diğeri ise pozitif işaretli olan protondur. Elektriksel olgular çok sayıda elektronun bir yerde birikmesiyle ya da bir yerden başka yere hareket etmesiyle ortaya çıkmaktadır[78].

1.2.2.1. Elektrik Enerjisi

Su ile çalışan hidrolik santrallerde, yakıt ile çalışan termik santrallerde elde edilen elektrik enerjisi, ikincil bir kaynağı oluşturmaktadır[79].

Elektrik normal bir ticari mal değildir. İkame edilmesi güçtür. Elektriğin çok yüksek maliyetli olması ve fiziki olarak çok büyük mekanlar gerektirmesi nedeniyle yüksek oranlı stoklama olanağı bulunmamaktadır. Bu nedenle üretim yöntemi ne olursa olsun, tüm elektrik santrallerinin kurulu gücünün en yüksek talebi karşılayabilecek bir kapasiteye sahip olması gerekmektedir. Elektrik enerjisinin bir diğer özelliği de üretimin kesintisiz devam etmesinin zorunlu oluşudur. Bunun için üretimde daima belirli bir yedek kapasitenin hazır bulundurulması gerekmektedir. Bununla beraber, sadece kablolarla iletilebilir ve dağıtılabilir olması nedeniyle rekabetçi uygulama sağlanabilmesi en zor sektörlerden biridir. Elektrik sektörü, ülkelere göre değişmekle birlikte, genellikle rekabet gücünden yoksun, aşırı istihdama sahip, yüksek oranda merkezi düzenlemenin bulunduğu ve politik etkinin önemli oranda hissedildiği bir sektördür. Sektörün hemen hemen bütün aşamaları sermaye yoğun yatırımlar gerektirmektedir. Tesislerin kurulmasının uzun zaman aldığı sektörde finansman ihtiyacı ve bu ihtiyacın karşılanması en önemli sorunlardan birisidir[80].

---

78 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.8.
79 Göksu, **a.g.e.** s.30.
80 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.11.

Elektrik enerjisi nihai mal ve ara mal özelliği taşıyabilmektedir. Elektrik enerjisinin ara mal olarak önemi ekonomik hayattaki etkilerinde kendisini göstermektedir. Elektrik enerjisi sektörü, ekonomideki bütün kesimlere girdi veren, ancak bütün kesimlerden girdi almayan bir sektördür. Bu nedenle elektrik sektöründeki darboğazlar bütün kesimleri etkilemektedir. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerinden farklı olarak tüketilmeden üretilemeyen bir enerjidir. Elektriğin üretimi ile tüketimi birlikte gerçekleşir. Bu ise, sözkonusu sektörün girdi verdiği kesimlerden etkilenmesi anlamına gelir. Ekonomik yapıda ortaya çıkacak üretim azalmaları ya da artışları, bu bağımlılık gereğince elektrik enerjisi üretiminin azalmasına ya da artmasına neden olmaktadır[81].

Enerji bileşenlerine ayrılarak incelendiğinde elektriğin en kaliteli enerji bileşeni olduğu belirlenmiştir. Elektriğin enerji tüketimi içindeki payı hızla artmaktadır. Elektriği sırasıyla doğalgaz, petrol, kömür ve bio-yakıtlar takip etmektedir. Ayrıca elektrik tüketimi sosyo-ekonomik kalkınma için kullanılan göstergeler arasında önemli bir yer tutmaktadır[82].

Elektrik üretimi başka formdaki enerjinin elektriğe çevrilmesi işlemidir. Elektrik çoğu zaman tüketicilerin bulunduğu yerlerden uzakta kurulan büyük ölçekli santrallerde üretilmektedir. Bu nedenle, üretilen enerjinin iletim hatlarıyla dağıtım merkezlerine ulaştırılması gerekmektedir. İletim hatlarındaki elektrik doğrudan tüketime uygun değildir. Maliyetleri düşürmek amacıyla bu hatlarda yüksek voltaj kullanılmaktadır. Tüketicilere ulaştırılmadan önce yüksek voltajlı elektrik, trafo merkezlerinde düşük voltaja çevrilmektedir. Elektrik enerjisi santralları kullanılan ilk enerji tipine göre sınıflandırılırlar. Termik santraller, nükleer santraller ve hidrolik santraller gibi. Elektrik enerjisi üretiminde, termik santrallerde, kimyasal yakıtlardaki (kömür, doğal gaz, fuel oil) ısı enerjisi; hidrolik santrallerde, sudaki potansiyel enerji ve nükleer santrallerde ise, nükleer fizyondan elde edilen ısı enerjisi kullanılmaktadır[83].

---

81 **A.e.** s.11.

82 Erdal Karagöl, Erman Erbaykal, H. Murat Ertuğrul, "Türkiye'de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı", **Doğuş Üniversitesi Dergisi,** 8 (1) 2007, ss.72-80, s.72.

83 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.11-12.

2. DÜNYADA ENERJİ KAYNAKLARI

Gelişen sanayiyle artan enerji talebi daha çok fosil yakıtlarla sağlanmaktadır. Enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtlar çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden birisidir. Endüstriyel faaliyetler sonucunda her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınmaktadır[84].

Ancak özellikle 2008 yılından itibaren etkileri dünyada hissedilen küresel ekonomik kriz[85] sonrasında, ekonomik canlanmanın yeniden sağlanabilmesi için, çevreye duyarlı yeni teknoloji, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi önemsenmeye başlanmıştır. Son yıllarda, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması, iklim değişikliği, küresel ısınma ve çevre tahribatı gibi konular dünya gündeminin üst sıralarında yer almaktadır. Bu nedenle yaşanan ekonomik sıkıntıların olumsuz sonuçlarının telafi edilmesi ve sürdürülebilir bir ekonomik kalkınmanın gerçekleştirilebilmesi için yeşil büyüme (green growth) kavramı ortaya çıkmıştır. Kısacası çevre dostu büyüme olarak tanımlanan yeşil büyüme, ekonomik kalkınmanın çevresel riskleri ve doğal kaynakların devamlılığını dikkate alan bir büyüme anlayışıdır. Yeşil büyüme sayesinde doğal kaynakların daha etkin kullanılması, kaynak darboğazlarının ortadan kaldırılması ve çevresel dengesizliklerin önlenmesi amaçlanmaktadır[86].

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için, ülke kaynaklarının verimli ve planlı bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu kapsamda öncelikle iller ve bölgeler bazında, doğal kaynaklar potansi-

---

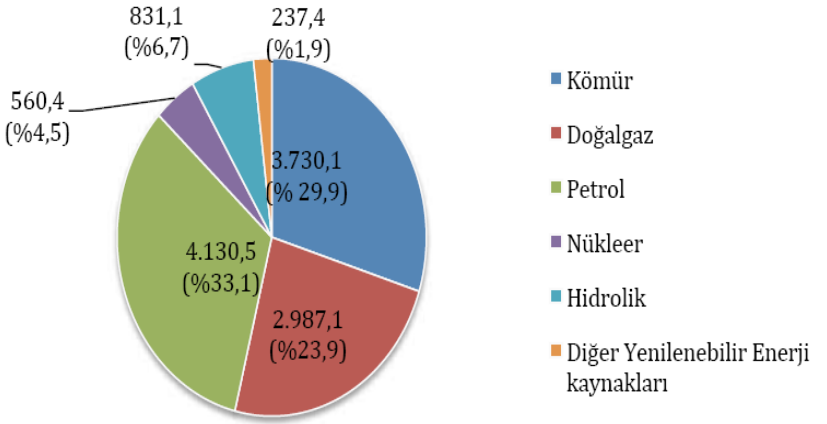
84 Sedat Kadıoğlu, Zarife Tellioğlu; Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkiler; TMMOB Enerji Sempozyumu 2013; http://www.emo.org.tr/ekler/63ea51eeb9eb4b9_ek.pdf.

85 2008 yılında Amerika Birleşik Devletlerindeki taşınmaz mal piyasasında (özellikle konut fiyatlarında) büyük bir düşüş yaşanmıştır. Bankalar düşük gelirli ailelere konut alabilmeleri için kolayca kredi sağlamaya başlamışlardır. Ancak düşük gelirli aileler kredi faizlerini ödeyememiş, bankacılık sektörü de bu durumdan olumsuz etkilenmeye başlamıştır. Bu olumsuz durumdan reel sektör de etkilenmiştir. ABD'deki kriz kısa zamanda Avrupa'ya da sıçramıştır.

86 Burak Karagöl, **Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı**, Kalkınma Bakanlığı Bilgi Toplumu Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 2850, Mayıs, Ankara, 2013, s.2.

yellerinin ortaya konulması şarttır. Mevcut kaynakların kullanılabilme olanaklarının araştırılması da oldukça önemlidir[87].

Grafik 1: Dünyada Kullanılan Enerji Kaynakları (Milyon TEP-Ton Eşdeğer Petrol)

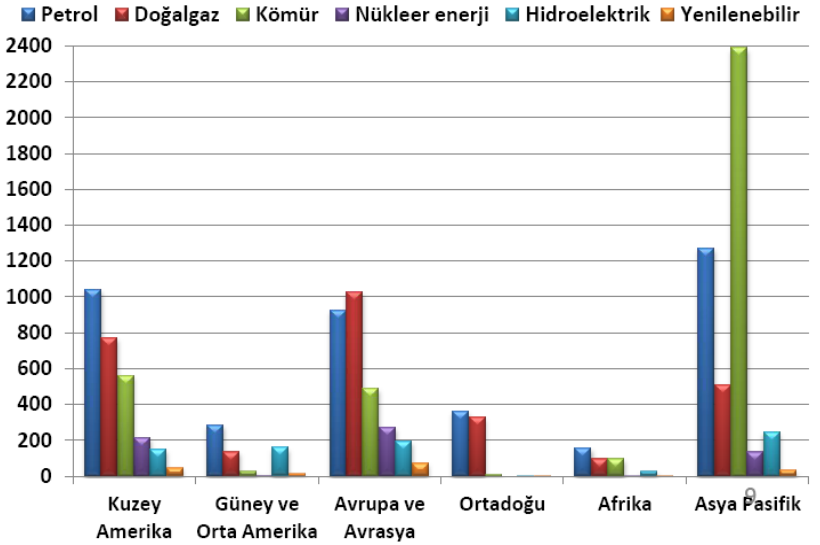


Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi: http://www2.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji.

Dünyada en fazla kullanılan enerji kaynağı % 33 oranla petrol-dür. Ham petrol işlendikten sonra benzin, fuel oil, motorin, Lipit Petrol Gazı (LPG) ve asfalt gibi ürünlere dönüşmektedir. Günümüzde petrolün işlenmesiyle birlikte petrol en çok ulaşım ve enerji alanla-rında kullanılmaktadır. Dünyada ikinci sırada kullanılan enerji kayna-ğı ise % 29'luk pay ile kömürdür.

87 M.Emrah Ayaz, Müberra Şahin, Sedat İnal, **Çorum İlinin Doğal Kaynaklar Potansiyeli**, MTA Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü, Çorum, 2010, s.1.

Grafik 2: Bölgelere Göre Dünya Enerji Tüketimi (2010-Milyon TEP)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015**, 2015, s.9.

Dünyada petrolün % 31'i Asya Pasifik'de, doğalgazın % 36'sı Avrupa ve Avrasya'da, kömürün % 67'si Asya Pasifik'de, nükleer enerjinin % 44'ü Avrupa ve Avrasya'da, hidroelektriğin % 32'si Asya Pasifik'de, yenilenebilir enerjinin % 44'ü Avrupa ve Avrasya'da tüketilmektedir[88].

Dünyada tüm ülkelerin ekonomik gelişmelerine paralel olarak enerji tüketimi hızla artmaktadır. Ülkelerin ekonomik gelişmelerini sürdürebilmeleri için enerji arzlarını arttırmaları gerekmektedir. Bu durum, enerji sektörünün ekonomik gelişmeye uyum sağlaması gerekliliğini de ortaya koymaktadır[89].

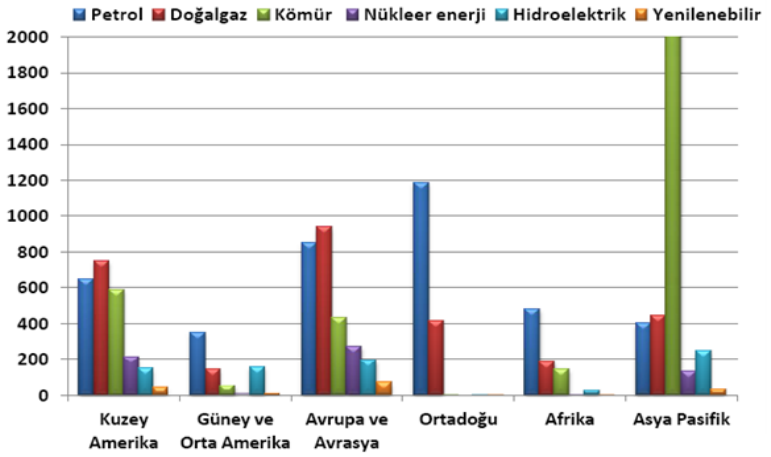
2016 yılı için Çin'in büyümesinde görülen yavaşlamaya rağmen enerji talebindeki artış, dünya ekonomisindeki büyümeye paralel olarak, gelecek 20 yılda ve sonrasında da devam edecektir. Global enerji talebinin 2014 ile 2035 yılları arasında yılda ortalama % 1,4

88 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü..**, s.9.
89 Güvenek, Alptekin, **a.g.e.** s.174.

artış ile, toplamda % 34 büyümesi beklenmektedir. Artan enerji talebinin arkasındaki nedenler gelir ve nüfustur. 2035 yılına kadar, dünya nüfusunun yaklaşık 8,8 milyara ulaşarak, enerjiye ihtiyaç duyan insan sayısına 1,5 milyar kişi daha ekleneceği öngörülmektedir. Aynı dönemde, GSYİH'nın iki kattan fazla artması, öngörülen artışın yarısının ise Çin ve Hindistan'dan kaynaklanması beklenmektedir. Dünyada global enerjideki artışın yarısından fazlası elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Bu talep artışının çoğu, nüfusun büyük kısmının elektriğe erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde gerçekleşmektedir. Yükselen ekonomilerdeki güçlü büyüme petrol talebini de arttırmaktadır[90].

Enerji tüketim alışkanlığı, enerji fiyatlarının gelişimi ile yakından ilişkilidir. Buna karşılık, ülkenin coğrafik özellikleri enerji tüketimini, nüfus yoğunluğu, nüfusun kırsal kesim ve şehirlerarasındaki dağılımı ve iklim koşulları aracılığıyla etkilemektedir. Enerji talebini belirleyen bu değişkenlerden en önemlisi gelir düzeyidir[91].

Grafik 3: Bölgelere Göre Dünya Enerji Üretimi (2010-Milyon TEP)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s.9.

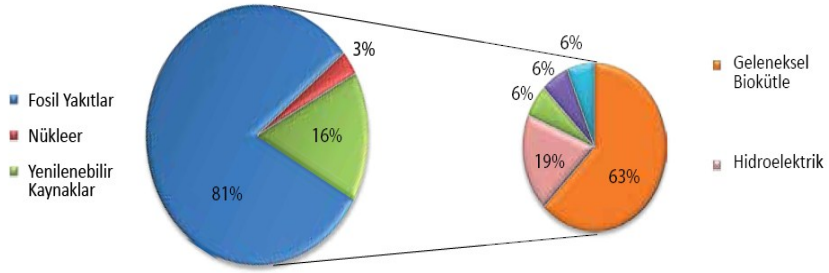
90 http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html.

91 Fatma Fehime Aydın, "Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 35, Ocak-Temmuz 2010, ss.317-340, s.326.

Dünyada petrolün % 30'u Ortadoğu'da, doğalgazın % 33'ü Avrupa ve Avrasya'da, kömürün % 67'si Asya Pasifik'de, nükleer enerjinin % 44'ü Avrupa ve Avrasya'da, hidroelektriğin % 32'si Asya Pasifik'de, yenilenebilir enerjinin % 44'ü Avrupa ve Avrasya'da üretilmektedir[92].

2050 yılı itibariyle, fosil kökenli enerjinin sadece % 10'unun nükleer enerjiden sağlanması durumunda bile, yaklaşık 1000 tane yeni nükleer santralin kurulması gerekmektedir. Oysa bugün dünya genelinde 436 nükleer santral bulunmaktadır. 1000 yeni santralin kurulması mümkün olsa dahi, inşa edilmesi onlarca yıl sürecektir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğini durdurmak için, müdahale etmek gerekmektedir. Fakat nükleer enerjinin bu hızla yaygınlaştırılmasının imkanı yoktur. Bir nükleer santralin kurulması ve ilk elektriği üretmeye başlaması en az 10 yıl sürmektedir[93].

Grafik 4: Dünya Geneli Enerji Kaynakları Kullanımı



Kaynak: REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21 st Century), **Renewables Global Status Report**, 2011 ve **Renewables Global Status Report**, 2014
(REN21: Pek çok ülkedeki kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve enerji yatırımcılarının üyesi olduğu bir dernektir).

Dünya nihai enerji üretiminde % 81'lik pay ile fosil yakıtlar ilk sırayı almaktadır. Yenilenebilir enerji kanaklarının payı ise % 16'dır. Bu payı %3 ile nükleer enerji izlemektedir. Yenilenebilir enerji kay-

92 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü..**, s.9.

93 Hakan Kum, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar", **Erciyes Üniversitesi ktisadi ve dari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 33, Temmuz-Aralık 2009, ss.207-223, s.209.

naklarının büyük bölümünü geleneksel biokütle oluştururken onu sırasıyla hidrolik, sıcak su, ısıtma, güç üretimi ve bioyakıtlar izlemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, su ısıtma, seraların ısıtılması, kurutma, aydınlatma, ısınma gibi çok sayıda alanda faydalanılmaktadır. Ancak bu kaynakların özellikle elektrik üretimindeki kullanımı oldukça önemlidir. Dünyada yenilenebilir enerji alanında kurulu güç bakımından ilk iki sırayı Çin ve ABD ülkeleri almaktadır. Avrupa ülkeleri arasında Almanya yenilenebilir enerji kaynakları kurulu güçleri bakımından ilk sırada gelmektedir[94].

2.1. Dünyada Birincil Enerji Kaynakları

Enerji ile gelişmişlik düzeyi arasında pozitif bir ilişki vardır. Bu nedenle dünyada yaşanan sıcak ve soğuk savaşların temelinde, enerji kaynaklarına sahip olma ve enerji kaynaklarını kontrol altında tutma çabaları yatmaktadır. Bu çerçevede enerji talebindeki artışın ekonomik büyümenin nedeni olduğu da söylenebilmektedir[95].

Tablo 2: Dünyada Birincil Enerji Talebinin Ülkelere Göre Dağılımı

Milyon TEP (Ton Eşdeğer Petrol)	**2012**	**2013**	**Değişim (%)**
Kuzey Amerika	2723,4	2786,7	2,3
Güney Amerika	656,9	673,5	2,5
Avrupa ve Avrasya	2942,6	2925,3	-0,6
Ortadoğu	764,4	785,3	2,7
Afrika	402,4	408,1	1,4
Asya Pasifik	4993,5	5151,5	3,2
Dünya Toplamı	12483,2	12730,4	2

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, Haziran 2014

Gelir ve nüfus artışına paralel olarak dünyada özellikle OECD dışı ülkelerde, birincil enerji talebi yükselmektedir. 2012 yılında 12,4

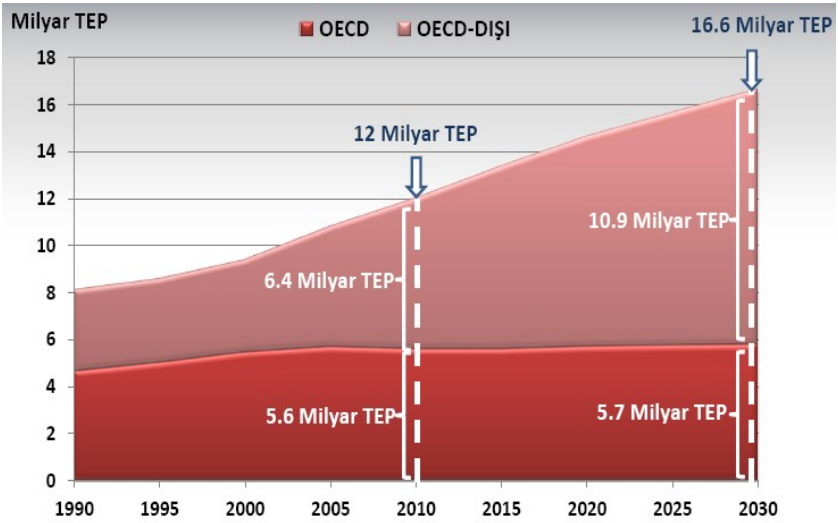
94 Yeşil, **a.g.e.** 13.

95 Özge Korkmaz, Abdülkadir Develi, "Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki", **Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:27, Sayı:2, Yıl:2012, ss.1-25, s.2.

milyar TEP (ton eşdeğer petrol) olan dünya birincil enerji talebi, 2013 yılında % 2 oranında artışla 12,7 milyar TEP'e yükselmiştir. 2013 yılında Avrupa ve Avrasya'da birincil enerji talebi % 0,6 düşerken, en fazla artış %3,2 ile Asya Pasifik Bölgesi'nde gerçekleşmiştir.

2012 yılında birincil enerji talebinin %56'sini OECD dışı ülkeler oluştururken, 2014 yılında bu oran %57'ye yükselmiştir[96].

Şekil 1: 2030 Yılı Dünya Birincil Enerji Talebi



Kaynak: BP Energy Outlook 2030, Ocak 2012.

2030 yılı için OECD ülkelerinin birincil enerji talebi 5.7 milyar TEP (ton eşdeğer petrol) olarak tamin edilirken, bu miktar OECD dışı ülkeler için 10.9 milyar TEP kadardır. 2010 yılına göre OECD ülkeleri için 0.1 milyar TEP artış öngörülmektedir. 2010 yılına göre artş oranı OECD dışı ülkeler için daha fazladır ve 4.5 milyar TEP civarındadır.

96 ATIG FOREX, **Dünyada Enerji Görünümü**, 22 Ocak, 2015, s.1.

Tablo 3: Dünya Birincil Enerji Tüketimi (Milyon TEP)

Ülkeler	2008	2009	2010	Dünya Toplamındaki payı (%) (2010)	Sıralama
Çin	2079,9	2187,7	2432,2	20,3	1
ABD	2320,2	2204,1	2285,7	19,0	2
Rusya	691,0	654,7	690,9	5,8	3
Hindistan	444,6	480,0	524,2	4,4	4
Japonya	516,2	473,0	500,9	4,2	5
Almanya	326,8	307,4	319,5	2,7	6
Kanada	326,6	312,5	316,7	2,6	7
Güney Kore	235,3	236,7	255,0	2,1	8
Brezilya	235,1	234,1	253,9	2,1	9
Fransa	257,8	244,0	252,4	2,1	10
İran	197,4	205,9	212,5	1,8	11
Büyük Britanya	214,9	203,6	209,1	1,7	12
Suudi Arabistan	179,6	187,8	201,0	1,7	13
İtalya	180,7	168,3	172,0	1,4	14
Meksika	171,2	167,1	169,1	1,4	15
İspanya	157,1	146,1	149,7	1,2	16
Endonezya	123,6	132,2	140,0	1,2	17
Güney Afrika	116,3	118,8	120,9	1,0	18
Avustralya	124,3	125,6	118,2	1,0	19
Ukrayna	131,9	112,0	118,0	1,0	20
Türkiye	**103,8**	**101,0**	**110,9**	**0,9**	**21**
Toplam Dünya	11536	11363	12002	100,0	-

Kaynak: **BP Statistical Review of World Energy-June 2011**, 2010 yılı verileridir.

Dünya birincil enerji tüketiminde en üst sıralamada fazla nüfusu ile Çin yer almaktadır. Çin'in yüzdesi 20,3'dür. İkinci sırada ise % 19'luk oran ile ABD bulunmaktadır. Türkiye ise % 0.9'luk oran ile 21. sıradadır.

2.1.1. Dünyada Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

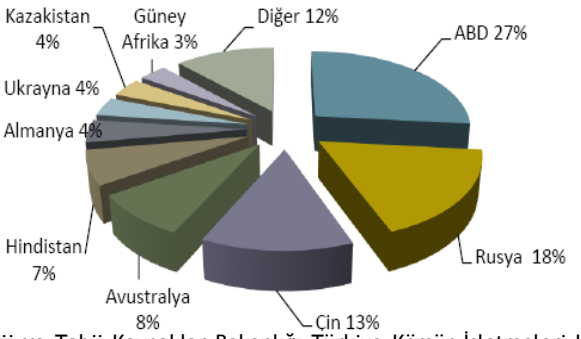
Bazı enerji kaynaklarının meydana gelişlerinin bir sebebi olarak yenilenmeleri çok uzun süre almaktadır. Bu nedenle doğalgaz, kömür, petrol gibi bu kaynaklar yenilenemez enerji kaynakları olarak adlandırılmıştır. Dünyada yenilenemez enerji kaynaklarının kullanım oranı çok fazladır.

Dünyada fosil yakıtlar 2035 yılına kadar hakim enerji çeşidi olmaya devam edecektir. Fosil yakıtların talepte yaşanması beklenen artışın % 60'ını ve 2035 yılındaki toplam enerji arzının % 80'ini oluşturacağı öngörülmektedir. Gaz, yılda % 1,8 artış ile en hızlı büyüyen fosil yakıt olacaktır[97].

2.1.1.1.Dünyada Kömür Enerji Kaynakları

Kömür, fosil kaynaklı yakıt olarak, yüzlerce yıldır enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Roma İmparatorluğu döneminde uluslararası kömür ticaretinin yapıldığı bilinmektedir. 1960'lı yıllara kadar kömür dünyanın birincil enerji kaynağı olarak önemini korumuş, 1960'lı yılların sonuna doğru yerini petrole bırakmıştır. Ancak kömürün elektrik üretmindeki önemi anlaşılınca, tekrar dünya enerji gündeminde önemli bir yere gelmeye başlamıştır. Diğer taraftan petrol, doğal gaz gibi diğer fosil yakıtların, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi diğer alternatif kaynakların önemi de ihmal edilemez. Ancak artan dünya nüfusu ve yaşam standartlarının yükselmesi enerjiye olan talebi de arttırmaktadır. Kömürün dünya genelinde yaygın ve büyük miktarlarda bulunması, artan enerji talebini karşılamada kömürün uluslararası piyasada önemini arttırmaktadır[98].

Grafik 5: Dünya Kömür Rezervlerinde Ülkelerin Payları



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2013**, Haziran 2014, Ankara, s.14.

97 http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html.

98 Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü, **Taşkömürü Sektör Raporu Mayıs 2015**, 2015, Ankara, s.3.

Dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı (237,3 milyar ton) ABD'de yer almaktadır. ABD'yi 157 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 114,5 milyar ton ile Çin izlemektedir. Diğer kömür zengini ülkeler arasında Avustralya (76,4 milyar ton), Hindistan (60,6 milyar ton), Almanya (40,5 milyar ton), Ukrayna (33,9 milyar ton), Kazakistan (33,6 milyar ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti (30,2 milyar ton) bulunmaktadır. Dünya kömür rezervlerinin % 90'a yakını bu dokuz ülkenin elindedir[99].

Tablo 4: Dünya Kömür Üretimi (2010)

Ülkeler	Miktar (Milyon Ton)	Miktar (Milyon TEP)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
Çin	3240,0	1800,4	48,3	1
ABD	984,6	552,2	14,8	2
Hindistan	569,9	216,1	5,8	3
Avustralya	423,9	235,4	6,3	4
Rusya	316,9	148,8	4,0	5
Endonezya	305,9	188,1	5,0	6
Güney Afrika	253,8	143,0	3,8	7
Almanya	182,3	43,7	1,2	8
Polonya	133,2	55,5	1,5	9
Kazakistan	110,8	56,2	1,5	10
Türkiye	**85,3**	**17,4**	**0,5**	**11**
Kolombiya	74,4	48,3	1,3	12
Ukrayna	73,3	38,1	1,0	13
Yunanistan	68,5	8,8	0,2	14
Kanada	67,9	34,9	0,9	15
Çek Cumhuriyeti	50,6	19,4	0,5	16
Dünya Toplam	7273,3	3731,4	-	-

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy-June 2011.

Dünyada en fazla kömür üreten ülke Çin'dir. Çin'in dünya toplamındaki payı % 48,3'dür. İkinci sırada kömür üreten ülke ise

99 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2013**, Haziran 2014, Ankara, s.13-14.

ABD'dir. Türkiye dünyada en fazla kömür üreten 11. ülkedir. Türkiye'nin kömür üretimi % 0,5'dir.

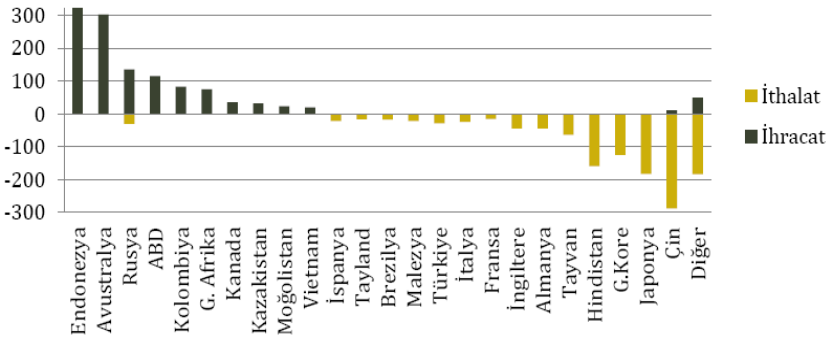
Tablo 5: Dünya Kömür Tüketimi (2010)

Ülkeler	Miktar (Milyon TEP)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
Çin	1713,5	48,2	1
ABD	524,6	14,8	2
Hindistan	277,6	7,8	3
Japonya	123,7	3,5	4
Rusya	93,8	2,6	5
Güney Afrika	88,7	2,5	6
Almanya	76,5	2,2	7
Güney Kore	76,0	2,1	8
Polonya	54,0	1,5	9
Avustralya	43,4	1,2	10
Tayvan	40,3	1,1	11
Endonezya	39,4	1,1	12
Ukrayna	36,4	1	13
Kazakistan	36,1	1	14
Türkiye	**34,4**	**1**	**15**
Büyük Britanya	31,2	0,9	16
Kanada	23,4	0,7	17
Çek Cumhuriyeti	16,0	0,5	18

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy-June 2011.

Dünyada en fazla kömür tüketimi yapan ülke ise yine Çin'dir. Çin'in dünya toplamındaki payı % 48,2'dir. İkinci sırada kömür tüketimi yapan ülke ise ABD'dir. Türkiye dünyada en fazla kömür tüketimi yapan 15. ülkedir. Türkiye'nin kömür tüketimi % 1'dir.

Grafik 6: Dünya Kömür Ticareti (Milyon Ton-2012)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.11.

Dünya kömür ticaretinin yaklaşık tamamı taşkömürüne ilişkindir. Linyit[100] kömürünün ülkeler arasında taşınması yani ticareti günümüzde ekonomik olmamaktadır. Ticareti yapılan taşkömürü elektrik üretiminde (buhar kömürü) ve demir çelik endüstrisinin kullanımı için kok üretiminde kullanılmaktadır (koklaşabilir kömür). Dünya kömür ticaret hacmi 2011 ılına göre % 9,7 oranında artarak, 1.255 milyon tona ulaşmıştır. Söz konusu ticaretin 963 milyon tonluk kısmı (% 76,7) buhar kömürü, 290 milyon tonluk kısmı (% 23,1) kok kömürü ve 2,5 milyon tonluk kısmı ise linyite ilişkindir. Son yıllarda buhar kömürünün payı giderek yükselmektedir[101].

2012 yılı dünya kömür ihracatında ilk sıra, 2011 yılında olduğu gibi Endonezya'nındır. Bu ülkenin 2012 yılı ihracatı bir önceki yıla göre % 27,2 oranında artış göstererek, 382,6 milyon ton düzeyine yükselmiştir. Avustralya, 301,5 milyon ton ile ikinci sıradadır. Diğer önemli kömür ihracatçılar sırasıyla Rusya (134,2 milyon ton), ABD (114,1 milyon ton), Kolombiya (82,2 milyon ton) ve Güney Afrika Cumhuriyeti'dir (74,3 milyon ton). Elektrik üretiminde kömür kullanımına ilişkin ABD'nin (Barack Obama yönetiminin) son dönemlerde

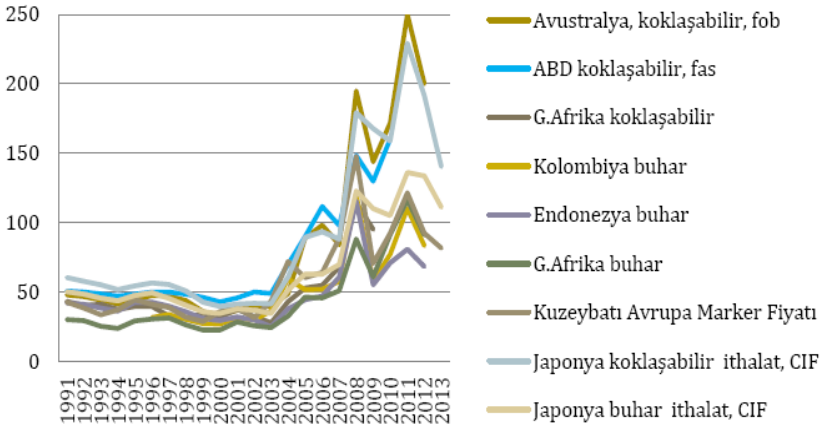
---

100 Linyit, kahverengi kömür de denilen ve tamamına yakını termik santrallerde yakıt olarak kullanılan kömür sıralamasında en alt sırada yer alan bir kömür çeşitidir. Linyitin ısıl değeri (kalorifik değer) düşük, barındırdığı kül ve nem miktarı fazladır.

101 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.10.

getirmiş olduğu ciddi kısıtlamalar nedeniyle, ülkenin kömür ihracatı sadece son iki yılda % 54 oranında artış göstermiştir. 2012 yılı kömür ithalatının birincisi, 2011 yılında olduğu gibi Çin'dir. Bu ülkenin ithalatı, bir önceki yıla göre% 59 oranında artarak 288,8 milyon ton düzeyine yükselmiştir. İkinci sırada 183,8 milyon ton ile Japonya bulunmaktadır. Diğer önemli ithalatçı ülkeler sırasıyla Hindistan (159,6 milyon ton), Güney Kore (125,5 milyon ton), Tayvan (64,5 milyon ton) ve Almanya'dır (45,2 milyon ton)[102].

Grafik 7: İhracatçı Ülkelere Göre Kömür İthalat Maliyetleri (USD/Ton)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.12.

Dünya kömür fiyatları, özellikle 2003 sonrası yükselmiştir. 2011 yılı itibariyle koklaşabilir kömür[103] fiyatları ton başına 200 doların ve buhar kömürü[104] fiyatları ise 120 doların üzerine çıkmıştır. Son on yıldaki artış oranı buhar kömüründe % 300'leri ve koklaşabilir kömürde % 450'leri bulmaktadır. Bununla beraber, ABD'deki Shale Gas[105]

---

102 **A.e.** s.10.

103 Yüksek fırınlarda kullanılabilir kalitede koklaşma özelliğine sahip kömür çeşitidir.

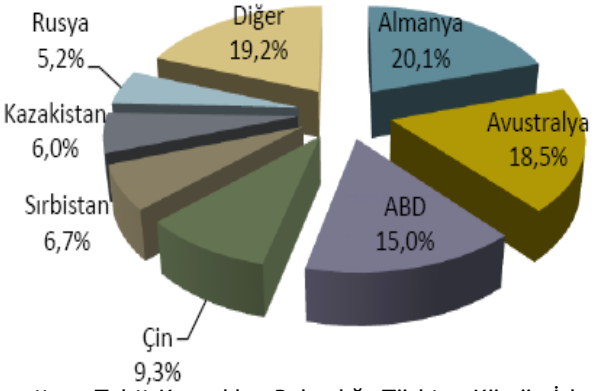
104 Koklaşabilir kömür olarak sınıflandırılmayan taş kömürüdür.

105 Yeterince derine gömülerek gaz oluşturma olgunluğuna ulaşmış bazı kayaların bünyesinde hapsolmuş çok miktarda petrol ve doğal gaz olabilmektedir. Bu gazı çıkarmak için önce kaya tabakası delinir. Sondaj kuyusu toprağa sıvı karışmasın diye betonla çevrilir. Kuyuda ve

devriminin kömür fiyatları üzerindeki etkisi, 2011 yılı sonunda ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle Kuzeybatı Avrupa'da buhar kömürü fiyatları 2011 yılı sonunda düşme eğilimine girmiştir. ABD Shale Gas üretimindeki artış, doğal gaz fiyatlarını önemli ölçüde düşürmüştür. Bu ülkenin elektrik üretiminde kömürden doğal gaza dönüşüm süreci hızlanmıştır. Bunun üzerine, ABD kömür üreticileri yeni pazar arayışlarına girmişlerdir. Bunun sonucunda Avrupa kömür fiyatları 2011 yılındaki 130 USD/ton seviyesinden, 2012 yılına 85 USD/ton düzeylerine kadar gerilemiştir. Bunun üzerine Avrupa elektrik üreticileri ABD'den gelen bu bol ve ucuz kömür nedeniyle elektrik üretiminde doğal gazdan kömüre dönüşümü tercih etmişlerdir[106].

Linyit aramalarında geniş kapsamlı ve ayrıntılı ilk araştırmalar 1963-1970 yılları arasında bir Alman şirketi tarafından gerçekleştirilmiştir[107].

Grafik 8: Dünya Linyit Rezervlerinde Ülkelerin Payları (2012)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.14.

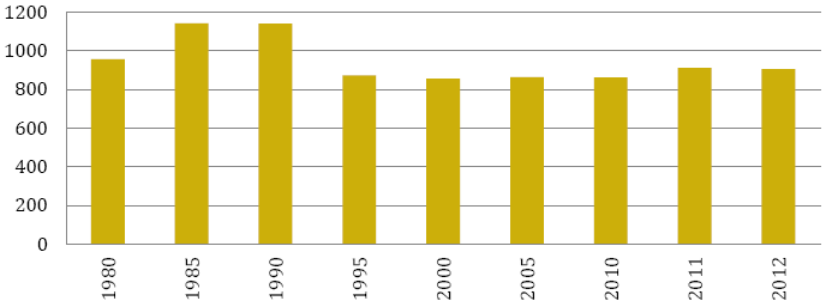
kayada elektrik akımıyla delikler oluşturulur. Sondaj kuyusundan deliklere doğru yüksek basınçlı kum ve su karışımı yollanır. Kaya çatlatılır. Basınç düşürülerek serbest kalan doğalgaz kuyuya geçirilir. Yani Shale Gas kısaca organik yönden zengin, tortulu bir kayanın katmanlarının arasındaki gazdır.

106 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.,** s. 11-12.

107 İlker Şengüler, Sürdürülebilir Enerjive Linyit Kaynaklarımız, **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. EnerjiKongresi**,Ankara, 2012, ss. 25-31, s .27.

Dünyada linyit rezervleri toplam 201 milyar ton büyüklüğündedir. Bu rezervlerin en büyük bölümü 40,5 milyar ton ile Almanya'da bulunmaktadır. Bu ülkeyi 37,2 milyar ton ile Avustralya ve 30,2 milyar ton ile ABD izlemektedir. Çin (18,6 milyar ton), Sırbistan (13,4 milyar ton), Kazakistan (12,1 milyar ton) ve Rusya (10,5 milyar ton) geniş linyit rezervlerine sahip diğer ülkeler arasındadır. 2011 yılı için Türkiye'nin kanıtlanmış işletilebilir linyit rezervi 8,4 milyar tondur[108].

Grafik 9: Dünya Linyit Üretimi (Milyon Ton)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.7.

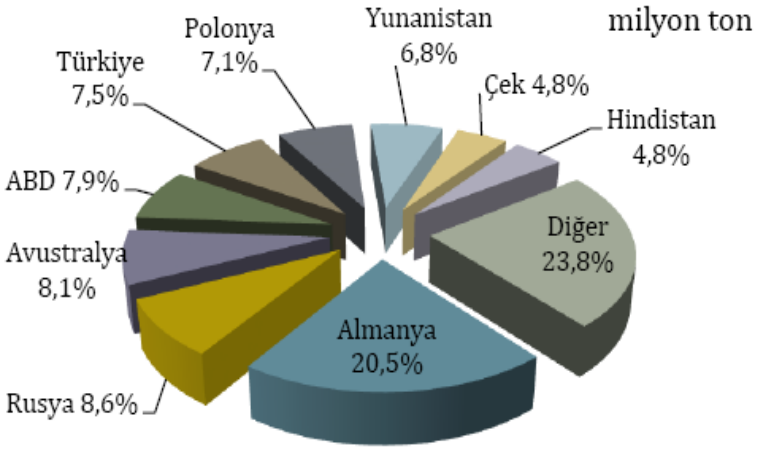
Dünya linyit üretimi bir önceki yıla göre % 0,7 oranında azalarak 2012 yılında 905 milyon ton olmuştur. Bu sınıftaki kömürlerin üretimi gelişmiş ülkelerde hızla düşerken gelişmekte olan ülkelerde çok yüksek oranlarda artmaktadır[109].

Kömürün ucuzluğu, çıkarılma, taşınma ve yakma kolaylıkları kendisini küresel boyutta her ülke tarafından kabul edilen cazip bir fosil yakıt kılmaktadır. İngiliz enerji devi British Petroleum BP, günümüz tüketimlerini göz önüne alarak küresel kömür ve linyit rezervleri miktarlarını 109 yıl yetecek düzeyde hesaplamaktadır. Global kömür ve linyit yatakları politik olarak stabil ülkelerde bulunmaktadır. Öte yandan, diğer fosil yakıtlar devlet müdahalesi ve karteller

[108] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s. 14.
[109] **A.e.**, s. 7.

tarafından işletilmektedir. Kömür sanayi ise endüstrinin ısınma, elektrik üretiminde düşük küresel fiyatlar ile önemli global yakıt arzı sağlamaktadır. Kömür, çözüm bekleyen dünyayı tahrip edici çevre kirliliği oluşturması hariç tutulduğunda uzun yıllardır endüstriyel rahatlık olarak görülmüştür[110].

Grafik 10: Ülkelere Göre Dünya Linyit Üretimleri (2012)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.7.

2012 yılında dünya linyit üretiminde en büyük pay Almanya'nındır. Almanya'nın linyit üretimi 185,4 milyon ton (% 20,5) düzeyindedir. Almanya'yı 77,9 milyon ton ile Rusya Federasyonu, 73,5 milyon ton ile Avustralya, 71,6 milyon ton ile ABD ve 68 milyon ton ile Türkiye izlemektedir. 2012 yılı dünya linyit üretiminde Türkiye beşinci büyük üretici konumundadır. Polonya, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti ve Hindistan da önemli linyit üreticileri arasındadır[111].

---

110 Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Yüksek Mühendisi, "Afrika, Asya ve Avrupa Ülkelerinde Baz Yük Kaynağı Küresel Kömür ve Düşük Kalorili Linyit Tüketen Elektrik Santralleri Önlenemeyen Yükselişi", **Fizik Mühendisleri Odası**, ss.1-8, s.1-2.

111 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.7.

Zengin kömür rezervlerine sahip ülkelerin davranışlarına bakıldığında, bu ülkelerin, eğer bir diğer yerli kaynağın ağırlıklı kullanımı söz konusu değilse, kömür rezervlerini elektrik üretimlerinde kullanmakta oldukları anlaşılmaktadır. Türkiye'nin ise, özellikle son yıllarda, elektrik üretiminde yerli kömür kaynaklarının kullanımı bakımından, söz konusu ülkelerden çok daha farklı davrandığı gözlenmektedir. Bu durum, Türkiye'nin enerji arz güvenliğinden tamamen vazgeçmesine ve elektrik maliyetlerinin artmasına yol açmaktadır[112].

2.1.1.2. Dünyada Petrol Enerji Kaynakları

Petrol, özellikle ulaştırma sektörünün temel enerji kaynağı olarak, dünyada birincil enerji tüketimi içinde en büyük paya sahiptir. Petrolü takip eden doğal gaz ve kömür ise büyük ölçüde elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Petrol, 2013 yılı sonu itibari ile dünya enerji talebinin % 33'ünü karşılamıştır. Petrol daha çok, dünya petrol tüketiminin % 52,8'i oranında, taşıma sektörü tarafından talep edilmektedir. 2035 yılına kadar petrol talebinin % 21 oranında yükselmesi, ulaşımda petrol kullanım oranının % 94'ten % 89,4'e düşmesi, ulaşım için kullanılan enerji oranının ise % 18'den % 17'ye düşmesi beklenmektedir[113].

Günümüzde küresel enerji politikaları, ağırlıklı olarak petrol ve doğal gaz tarafından belirlenmektedir. Bu politikaların temelini şekillendiren bölgeler ise, rezervler açısından en büyük pay sahip olan Orta Doğu, Orta Asya ve Hazar bölgeleridir. Petrol ve doğal gazın aranması, üretimi ve uluslararası pazarlara ulaştırılmasında, önemli bir rekabet söz konusudur[114].

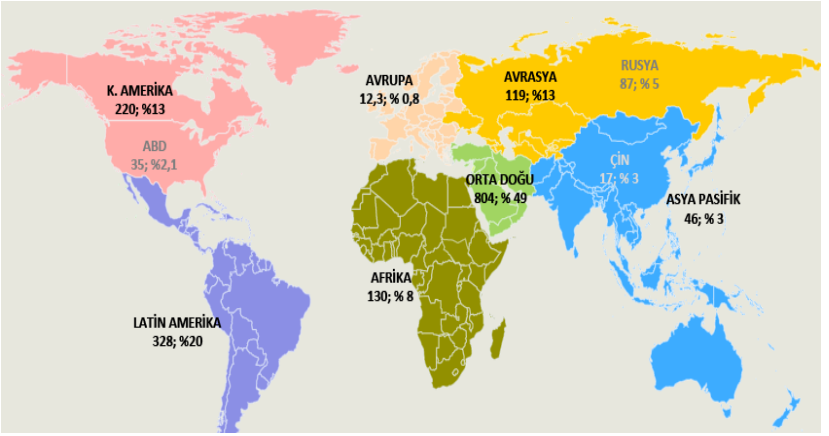
---

112 Nejat Tamzok, "Kömür Rezervlerine Sahip Ülkelerde Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Seçimi Ve Türkiye'nin Konumu", **TMMOB Maden Mühendisleri Odası**, Ankara, ss. 279-291, s.279.

113 Türkiye Petrolleri, **Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu Mayıs 2015**, 2015, s.4-5.

114 Bayraç, **a.g.e.** s.115.

Şekil 2: Bölgelere Göre Dünyada Petrol Rezervleri
(Milyar Varil Petrol Eşdeğeri-2014)



Kaynak: Türkiye Petrolleri, **Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu Mayıs 2015**, 2015, s.4-5.

Ham petrol ilk kez 19. yüzyılda ABD tarafından piyasaya sürülmüştür. O dönemde petrol varillerde depolandığından, varil ile ölçülmektedir. 1 varil 159 litre, 1 ton ise 7,33 varile denk gelmektedir[115].

2014 yılında dünya petrol rezerv miktarı 1,65 trilyon varil olarak kaydedilmiştir. Petrol fiyatlarının düşük seyretmesi, özellikle derin deniz çalışmalarını ve ağır petrol üretimini olumsuz yönde etkilemektedir. Endüstrinin en hareketli olduğu bölge halen Kuzey Amerika'dır. ABD'de petrol rezervleri artmaya devam etmektedir. Küresel petrol rezervleri değerlendirildiğinde Orta Doğu bölgesinin dünya petrol rezervlerinin % 48,5'lik bölümüne sahip olduğu görülmektedir. Orta Doğu'yu, % 19,8'lik rezerv miktarı ile Orta ve Güney Amerika, % 13,3'lük rezerv ile Kuzey Amerika takip etmektedir. Buna ek olarak küresel petrol rezervlerinde Afrika % 7,6, Avrasya % 7,2 Asya ve Okyanusya % 2,8 ve Avrupa % 0,8'lik pay sahibidir[116].

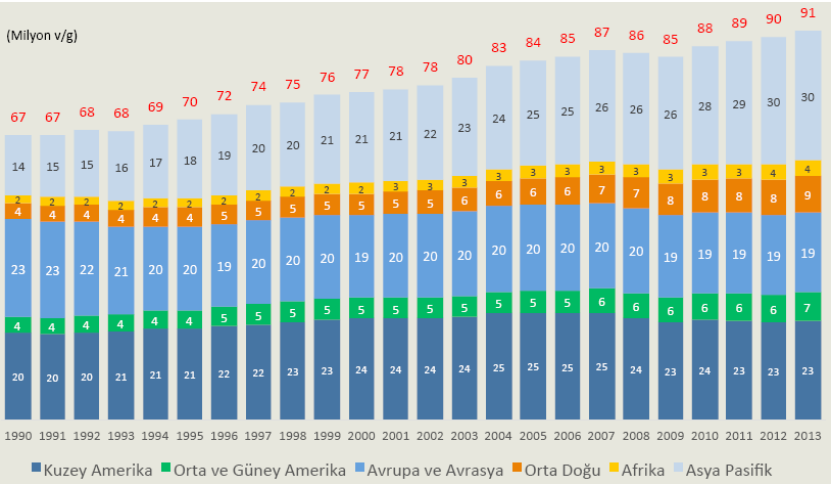
Petrol tüketimi ile petrol fiyatları arasında büyük ve negatif bir ilişki vardır. Petrol fiyatları artığında, petrol tüketimi azalmaktadır.

---

115 İnan, **a.g.e.** s.69.
116 Türkiye Petrolleri, **a.g.e.** s.6.

Ayrıca yükselen petrol fiyatları sonucunda üretim maliyetlerindeki yükseliş, verimliliği ve çıktının büyümesini azaltır. Petrol fiyatlarındaki yükseliş, petrol ithal eden ülkelerin dış ticaret dengesini bozar. Petrol fiyatlarındaki yükseliş petrol ithal eden ülkelerden petrol ihraç eden ülkelere doğru servet transferine neden olur. Bu durum da firmaların ve hanehalkının alım gücünü düşürür. Petrol fiyatlarındaki yükseliş para talebinde yükselişe neden olacaktır. Para otoritesinin para talebindeki artışı karşılayamaması sonucunda, faiz oranları artacaktır. Petrol fiyatlarındaki artış, enflasyon yaratacaktır. Enflasyon artışı ise, fiyat-ücret artışları sarmalının başlamasına neden olacaktır. Petrol fiyatındaki artış tüketim, yatırım ve hisse senedi fiyatları üzerinde negatif bir etkiye neden olabilecektir. Tüketim, harcanabilir gelirin düşmesi ve yatırımlar maliyetlerin yükselmesi nedeniyle azalabilmektedir. Petrol fiyat artışlarındaki yükselişin kalıcı olması, istihdamın azalmasına yol açacaktır. Petrol fiyatları bu mekanizmalar vasıtasıyla ekonomi üzerinde olumsuz etkilerini gösterebilmektedir[117].

Grafik 11: Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketimi (1990- 2013)

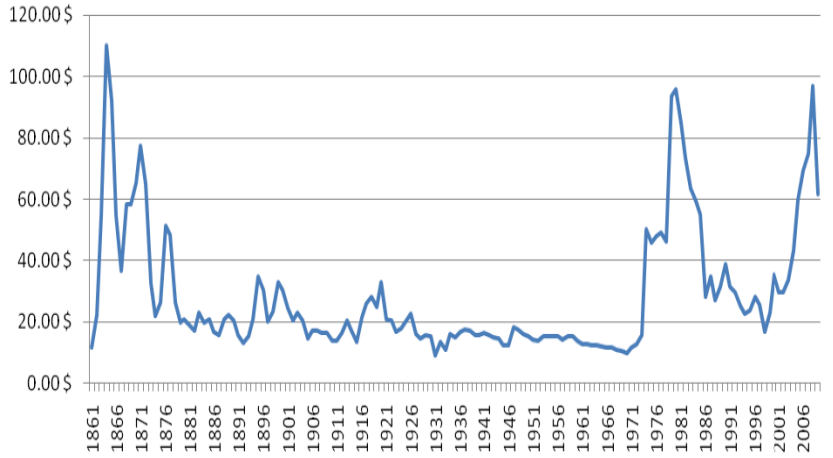


Kaynak: BP Statistical Review, 2014.

117 Erhan İşcan, "Petrol Fiyatının Hisse Senedi Piyasası Üzerindeki Etkisi", **Maliye Dergisi**, Sayı 158, Ocak-Haziran, 2010, s.611.

2012 yılında 89,9 milyon v/g olan dünya petrol tüketimi % 1,5'lik artış ile 2013 yılında 91,3 milyon v/g olarak kaydedilmiştir. Bu dönem içinde ABD'de petrol tüketiminde % 2 ve Çin petrol tüketiminde % 3,7'lik artışlar gerçekleşmiştir. 2014 yılı petrol tüketimi değerlendirildiğinde, özellikle küresel finans krizi ve devamında Avrupa ekonomilerinde görülen borç krizinin petrol tüketimine etkileri devam etmiştir. Bunun neticesinde petrol arzı kadar hızlı artmayan petrol talebi, 2014 yılında fiyatların düşmesine neden olmuştur. 2014 yılı petrol talebi 92,4 milyon v/g olarak belirlenmiştir. Petrol talebi büyük ölçüde OECD ekonomilerinden OECD dışı ekonomilere doğru kaymaktadır. 2015 yılı ve sonrasında petrol talebinin OECD dışı ülkelerde yükselirken, OECD ülkelerinde düşeceği tahmin edilmektedir. Bu durum üzerinde büyük ölçüde ekonomik büyüme oranları ve enerji belirleyici olacaktır. Buna ek olarak Rusya ve çevre ekonomilerde daralma, üretici Orta Doğu ve Kuzey Afrika'daki jeopolitik krizler, petrol talebi ve fiyatlar üzerinde doğrudan etkili olabilecek diğer hususlardır[118].

Grafik 12: Dünya Petrol Fiyatları



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2010, http://www.bp.com

[118] Türkiye Petrolleri, **a.g.e.** s. 12-13.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra dünyada üç ana petrol fiyat şoku yaşanmıştır. 1973-1974 yılında çıkan ilk petrol krizi, Arap-İsrail savaşı nedeniyle OPEC ülkelerinin petrol arzını kısması sonucu ortaya çıkmıştır. OPEC ülkeleri fiyatı arttırmak için petrol arzını kısmışlardır. Dört aylık dönemde petrol fiyatı varil başına 3 Amerikan dolarından 13 Amerikan dolarına yükselmiştir. OPEC'in uyguladığı arz politikası sonucunda oluşan fiyat yükselişi petrol ithal eden ülkeleri çok kötü bir şekilde etkilemiştir. Dünya Bankası ve IMF gibi uluslararası kredi kuruluşları özellikle gelişmekte olan ülkelere kredi sağlamıştır. Batı ülkeleri de resesyon yaşamışlardır. İkinci petrol krizi ise 1979 yılında ortaya çıkmıştır. İran devriminin ardından yaşanan İran-Irak savaşı ile Ortadoğu'da yaşanan uluslararası anlaşmazlıklar petrol fiyatlarında sert yükselişe neden olmuştur. Özellikle Batı ekonomileri başta olmak üzere dünya ekonomisi yine resesyona girmiştir. 1990 Körfez krizi petrol fiyatlarında çok sert bir sıçramaya neden olmuştur. Körfez Krizi nedeniyle petrol fiyatlarında % 120 civarlarında artış yaşanmıştır. Petrol fiyatlarındaki sert sıçrama, batı ekonomilerini ve petrol bağımlısı gelişmekte olan ülkeleri olumsuz etkilemiştir[119].

Petrol fiyatlarının 2014 yılının sonlarına doğru düşüşünde temel etken, petrol talebinin ivme kaybetmesi, buna karşılık petrol arzının talep artışından çok daha fazla yükselmesidir. 2010 yılından bu yana, petrol üretiminin merkezi sayılan Orta Doğu ve Kuzey Afrika'daki yüksek siyasi gerilim, petrol arzını her an sekteye uğrayabileceği endişesine neden olmuştur. Risk algısı yüksek olunca, en ufak bir siyasi gelişme, piyasalarda tedirginliğe yol açmıştır. Fiyatların 100 $/v seviyesinin üstünde kalmasına neden olmuştur. Ancak, 2014 yılının başından itibaren ABD'nin büyük katkı sağladığı küresel petrol üretiminde yaşanan artış, siyasi açıdan risk arz eden bölgelerde yaşanması muhtemel üretim kesintilerini rahatlıkla ikame edebilecek seviyeye ulaşmıştır. Bununla birlikte özellikle Asya'da görülen büyümedeki yavaşlama nedeniyle küresel petrol talebi, 2014 yılında yavaşlamıştır[120].

---

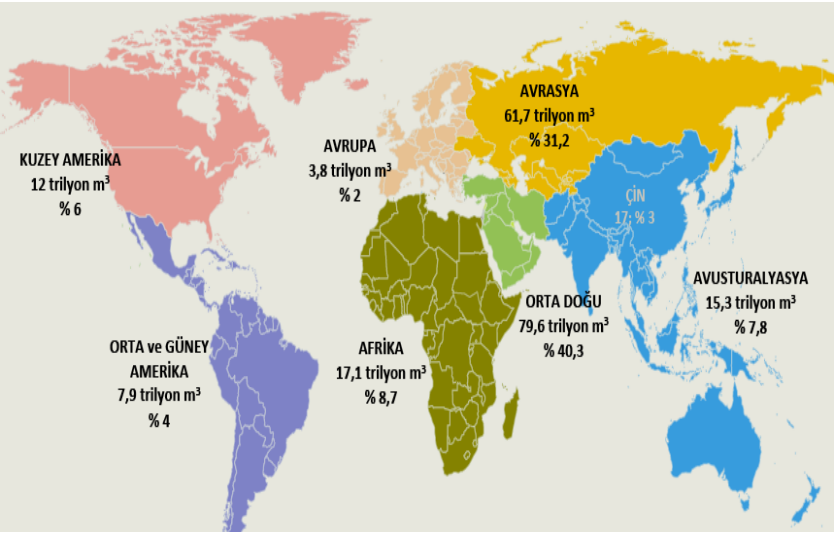
119 İşcan, **a.g.e.** s.609.

120 Türkiye Petrolleri, **a.g.e.** s.17.

2.1.1.3. Dünyada Doğalgaz Enerji Kaynakları

Doğalgaz ilk kez M.Ö.900'lerde Çin'de kullanılmıştır. Doğalgazın yaygın kullanımına 1790 yılında İngiltere'de başlanmıştır. Boru hattı taşımacılığıyla birlikte 1920'lerde artan doğalgaz kullanımı, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra hızla artmıştır. Enerji sektöründe ilk kez ABD'de kullanılmaya başlanan doğalgazın, dünya enerji tüketimindeki payı 1950'li yıllarda % 10'u geçmemiştir. Geçmişte petrol üretimi esnasında ortaya çıkan yararsız bir atık olarak görülen ve üretim tesislerinde yakılarak uzaklaştırılan doğalgaz, günümüzde stratejik bir enerji kaynağı olarak evlerde ve endüstride kullanılmaktadır[121].

Şekil 3: Dünya Doğal Gaz Rezervleri Dağılımı (2014)



Kaynak: Türkiye Petrolleri, **a.g.e.** s.18.

Dünya doğal gaz rezervlerinin % 40,3'ü Orta Doğu'da, % 31,2'si Avrasya'da, % 8,7'si Afrika ülkelerinde, % 6'sı Kuzey Amerika'da bulunmaktadır. Avrupa'da doğal gaz rezervi ise 3,8 trilyon m^3 olup, toplam rezervin % 2'sini oluşturmaktadır.

121 http://www.petform.org.tr/?lang=tr&a=2&s=4.

Tablo 6: Dünya Doğalgaz Tüketimi (2010)

Ülkeler	Miktar (Milyar m^3)	Miktar (Milyon TEP)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
ABD	683,4	621	21,7	1
Rusya	414,1	372,7	13	2
İran	136,9	123,2	4,3	3
Çin	109	98,1	3,4	4
Japonya	94,5	85,1	3	5
Büyük Britanya	93,8	84,5	3	6
Kanada	93,8	84,5	3	7
Suudi Arabistan	83,9	75,5	2,6	8
Almanya	81,3	73,2	2,6	9
İtalya	76,1	68,5	2,4	10
Meksika	68,9	62	2,2	11
Hindistan	61,9	55,7	1,9	12
Birleşik Arap Emirlikleri	60,5	54,5	1,9	13
Ukrayna	52,1	46,9	1,6	14
Fransa	46,9	42,2	1,5	15
Özbekistan	45,5	41,0	1,4	16
Mısır	45,1	40,6	1,4	17
Tayland	45,1	40,6	1,4	18
Hollanda	43,6	39,2	1,4	19
Arjantin	43,3	39,0	1,4	20
Güney Kore	42,9	38,6	1,4	21
Endonezya	40,3	36,3	1,3	22
Pakistan	39,5	35,5	1,2	23
Türkiye	**39,0**	**35,1**	**1,2**	**24**
Malezya	35,7	32,2	1,1	25
İspanya	34,4	31,0	1,1	26
Dünya Toplam	3169	2858,1		

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy–June 2011.

Dünya doğal gaz tüketiminde en üst sıralamada ABD yer almaktadır. ABD'nin yüzdesi 21,7'dir. İkinci sırada ise % 13'lük oran ile Rusya bulunmaktadır. Türkiye ise % 1,2'lik oran ile 24. sıradadır.

Tablo 7: Dünyada Doğalgaz İthalatı

Ülkeler	Boruhattı (Milyar m^3)	LNG (Milyar m^3)	Toplam (Milyar m^3)	Rusya'dan İthalat (Milyar m^3)	Rusya'dan İthalat (%)
ABD	93,25	12,23	105,48	-	-
Japonya	-	93,48	93,48	8,23	8,80
Almanya	92,82	-	92,82	34,43	37,09
İtalya	66,26	9,08	75,34	14,20	18,85
Büyük Britanya	34,96	18,67	53,63	-	-
Fransa	34,95	13,94	48,89	8,05	16,47
Güney Kore	-	44,44	44,44	3,90	8,78
Türkiye	**28,76**	**7,92**	**36,68**	**16,64**	**45,37**
İspanya	8,86	27,54	36,40	-	-
Ukrayna	33,03	-	33,03	33,03	100,00
Rusya	32,67	-	32,67	-	-
Belçika	18,13	6,43	24,56	-	-
Kanada	20,91	2,00	22,91	-	-
Beyaz Rusya	19,52	-	19,52	19,52	100,00
Birleşik Arap Emirlikleri	17,25	0,16	17,41	-	-

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s. 47.

Dünya doğalgaz ithalatında en üst sıralamada ABD yer almaktadır. ABD 105,48 milyar m^3 doğalgaz ithalatında bulunmaktadır. İkinci olarak 93,48 milyar m^3 ile Japonya sıralamada yer almaktadır.

Türkiye'nin ithalatı ise 36,68 milyar m^3'dür. Türkiye bu ithalatın % 45,37'sini Rusya'dan yapmaktadır. Ülke en fazla doğalgaz ithalatı yapan konum olarak 8. sıralamadadır.

Almanya, en fazla Rusya'dan doğalgaz ithalatında bulunan ülkedir. Toplam ithalatı içindeki Rusya'dan yapmış olduğu ithalatın payı % 17,23'dür. İkinci olarak Rusya'dan doğalgaz ithalatında bulunan ülke Ukrayna'dır. Türkiye ise sıralamada 4'de yer almaktadır. Türkiye'nin toplam ithalatı içindeki Rusya'dan yapmış olduğu ithalatın payı ise % 8,33'dür.

Tablo 8: Ülkelerin Rusya'dan Doğalgaz İthalatı

Ülkeler	Rusya'dan İthalat (Milyar m^3)	Rusya'nın Toplam İthalatı İçindeki Payı (%)	Sıralama
Almanya	34,43	17,23	1
Ukrayna	33,03	16,53	2
Beyaz Rusya	19,52	9,77	3
Türkiye	**16,64**	**8,33**	**4**
İtalya	14,20	7,11	5
Polonya	9,08	4,54	6
Çek Cumhuriyeti	8,44	4,22	7
Japonya	8,23	4,12	8
Fransa	8,05	4,03	9
Macaristan	6,47	3,24	10
Slovakya	5,47	2,74	11
Avusturya	5,25	2,63	12
Finlandiya	4,50	2,25	13
Hollanda	4,03	2,02	14
Güney Kore	3,90	1,95	15
Litvanya	2,63	1,32	16
Bulgaristan	2,16	1,08	17
Romanya	2,15	1,08	18
Yunanistan	2,05	1,03	19
Sırbistan	1,91	0,96	20
Rusya Toplam İthalat	199,85	-	-

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s.48.

2.1.1.4. Dünyada Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları

Dünyada hayvan gübresiyle çalışan tesislerin % 80'i Çin Halk Cumhuriyeti'nde % 10'u Hindistan'da, Nepal ve Tayland'da kalan %10'u da başta Almanya olmak üzere diğer ülkelerdedir. Avrupa'nın hayvan gübresi ile elde ettiği biyogaza ve tesis sayısına bakıldığında, Almanya'nın 2,200 tesis ile en fazla üretim yapan ülke olduğu belirlenmiştir. Bu ülkeyi 70 tesis ile İtalya takip etmektedir. Almanya'da

biyogaz tesislerinin sayısı 1993 yılında 139 iken, 2000'li yıllarda 2,200 tesise ulaşmıştır[122].

Çin ve Hindistan'da biyogaz üretimi oldukça önemlidir. Çin'de hayvan ve insan atıklarının kullanıldığı yedi milyon biyogaz üretim ünitesi bulunmaktadır. Brezilya'da mısır ve şeker kamışından alkol elde edilmekte, bu alkol da motor yakıtı olarak kullanılmakta ve % 20 oranında da petrole katılabilmektedir[123].

2.1.1.5. Dünyada Nükleer Enerji

1896'da Henry Bequerel tarafından keşfedilen uranyumdaki radyoaktivite, nükleer enerjinin kullanılmasına giden yolun ilk başlangıcı sayılır. 1939-1945 yılları arasında da nükleer gücün bilimsel ve teknik olarak geliştirilmesi düşüncesi ön plana çıkmıştır[124]. Yani nükleer reaksiyon, nükleer enerji, atomik enerji kavramlarını ilk defa dünya, İkinci Dünya Savaşı sırasında duymuştur. Nükleer hammaddelerden enerji üretimine yönelik ilk bilimsel çalışmalar 20. yüzyılın başına kadar inmektedir. Bu konu üzerinde Rotherford, Hans, Strasman, Oppenheimer ve Eistein ilk çalışan bilim insanlarıdır. Başta Amerika Birleşik Devletleri ve Fransa olmak üzere nükleer enerji kullanımının yaygın olduğu pek çok ülkenin eğitim programında nükleer enerji konusuna yer verilmektedir[125].

20. yüzyılın ortalarına doğru 2000 yıldır kabul gören, her maddenin atom adı verilen ve bölünemeyen parçacıklardan oluştuğu kabulü yıkılmıştır. 1938'de Otto Hahn, Fritz Strassman, Lise Meitnerve, Otto Frisch adlı Alman fizikçiler Uranyum üzerinde yaptıkları denemelerle, atom çekirdeğini parçalamayı başarmışlardır. 1942 yılında İtalyan asıllı Amerikan fizikçi Enrico Fermi, zincirleme reaksiyonu kontrol altına almayı başararak nükleer enerjinin üretilmesine olanak sağlamıştır. Ağır radyoaktif (uranyum gibi) atomların bir nötronun

---

122 Biyogaz Derneği, http://www.biyogazder.org/biyogaz_enerjisi.htm.

123 Yeşil, **a.g.e.** 57.

124 Namık K. Aras, **Nükleer Gücün Gelişimi**, TÜBA Türkiye Bilimler Akademisi, Akademi Forumu: 56, s.9-10.

125 Nevin Özdemir, E. Omca Çobanoğlu, "Türkiye'de Nükleer Santrallerin Kurulması Ve Nükleer Enerji Kullanımı Konusundaki Öğretmen Adaylarının Tutumları", **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi** (H. U. Journal of Education) 34: ss. 218-232, 2008, s. 218-219.

çarpması ile daha küçük atomlara bölünmesi (fisyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları oluşturması (füzyon) sonucu çok büyük bir miktarda eneji açığa çıkar. Bu enerji nükleer enerjidir. Atom çekirdeğinin parçalanması sırasında açığa çıkan bu enerji çok büyüktür[126].

Tablo 9: Dünya Nükleer Enerji Tüketimi (Terawatt-Saat)

Ülkeler	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ABD	823,1	828,7	848,9	848,6	840,9	849,4
Fransa	452,6	451,3	440,6	440,3	410,1	428,3
Japonya	293,0	305,0	279,0	251,7	287,4	292,4
Rusya	147,6	156,5	160,1	163,1	163,6	170,3
Güney Kore	146,9	148,7	142,9	151,0	147,8	147,8
Almanya	163,0	167,4	140,5	148,8	134,9	140,5
Kanada	91,4	97,3	92,8	93,3	89,5	89,7
Ukrayna	88,8	90,2	92,5	89,8	82,9	89,2
Çin	53,1	54,8	62,1	68,4	70,1	73,9
Büyük Britanya	81,6	75,5	63,0	52,5	69,1	62,1
İspanya	57,5	60,1	55,1	59,0	52,8	61,6
İsveç	72,4	67,0	67,0	64,3	52,7	58,6
Belçika-Lüksemburg	47,6	46,6	48,2	45,6	47,2	48,2
Tayvan	40,0	39,9	40,5	40,8	41,6	41,6
Çek Cumhuriyeti	24,7	26,0	26,1	26,5	27,2	28,0
İsviçre	23,2	27,6	27,8	27,5	27,5	26,5
Hindistan	17,8	17,6	17,8	15,2	16,8	23,1
Finlandiya	24,1	23,9	24,6	24,0	23,6	23,0
Macaristan	13,8	13,5	14,7	14,8	15,4	15,8
Bulgaristan	18,5	19,5	14,6	15,8	15,2	15,2
Slovakya	17,7	18,0	15,3	16,7	14,1	14,6
Brezilya	9,9	13,8	12,3	14,0	13,0	14,5
Güney Afrika	12,9	11,9	12,4	11,9	13,7	13,5
Romanya	5,6	5,6	7,7	11,2	11,8	11,6
Arjantin	6,9	7,5	7,1	7,2	8,0	7,0
Meksika	10,8	10,9	10,4	9,8	10,5	5,9
Hollanda	4,0	3,5	4,2	4,2	4,2	4,0
Pakistan	2,6	2,7	2,5	1,9	2,9	2,8

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s. 55.

[126] http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/nukleer-enerji-dosyasi-1-bolum/8888#ad-image-0.

Dünyada 30 ülkede 435 nükleer santral üretimde, 60 santral inşa halindedir. Kurulu santralların yaklaşık yarısı ABD, Japonya, Fransa gibi gelişmiş ülkelerdedir. Dünya elektrik üretiminin % 13.8'i ve Fransa elektriğinin % 75'ini nükleerden karşılamaktadır[127].

2.1.2. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Enerji kavramı dünyanın en önemli konularından biri olmuştur. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, petrol, kömür, nükleer enerji gibi kendini yenileme durumu olmayan kaynakların bilinçsizce kullanılması, bu kaynakların çevreye ve atmosfere verdiği kirlilik gibi etkenler, ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir[128].

Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde genellikle herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı (kömür, petrol ve karbon türevi) olmayan, elektrik enerjisi üretilirken CO_2 (Karbondioksit) emisyonu az bir seviyede gerçekleşen, çevreye zararı diğer enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen, hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git, hidrojen gibi enerji kaynaklarını ifade etmektedir[129].

Yenilenebilir enerji kaynakları geleneksel yakıtlarla güç üretimi, sıcak su sağlama, mekan ısıtma, araç yakıtları gibi farklı pazarlarda rekabet etmektedir. Yenilenebilir enerji güç üretim kapasitesinin yaklaşık % 4'ünü oluşturmaktadır. Hidroelektrik enerjisi hariç global elektrik üretiminin yaklaşık % 3'ünü karşılamaktadır. Birçok yapının sıcak su ve mekan ısınması güneş, biyokütle ve jeotermal enerji ile sağlanmaktadır. Dünyada güneş termal kolektörleri[130] yaklaşık 40 milyon hanede kullanılmaktadır. Biyokütle ve jeotermal enerjiden

---

127 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 55.

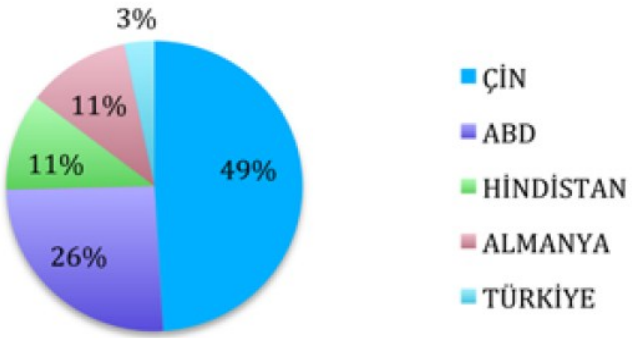
128 Özlem Candan Külekçi, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi", **Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi**, 2009, ss. 83-91, s. 83.

129 Yeşil, **a.g.e.** s. 11.

130 Güneş enerjisi kullanımında, dışı sadece ışığı geçiren bir yüzeyle, içiyse genellikle siyah renkli ince bakır borularla kaplı, ısıtmaya ya da sıcak su elde edilmesine yarayan panel düzeneğidir.

endüstri, evsel kullanım ve tarım için ısı sağlamaktadır. İki milyondan fazla ev, evlerini aydınlatmada güneş fotovoltaiklerini[131] kullanmaktadır[132].

Grafik 13: Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasiteleri



Kaynak: REN21; **Renewables Global Status Report**, 2014

OECD ülkeleri arasında yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının 2030 yılına kadar % 25'e ulaşması öngörülmektedir. AB komisyonu özellikle rüzgar, güneş, biokütle ve hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması için çalışmalar yapmaktadır[133].

Dünya Bankası bu nedenlerle yenilenebilir enerji kaynakları için krediler vermektedir. Kredi tutarı 150 milyon ABD dolarıdır. Kredi ile rüzgar, jeotermal ve su gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, elektrik üretecek özel sektör yatırımları finanse edilmektedir. Hidroelektrik santrallarının kurulu güçlerinin 100 mw'nin altında olması gerekmektedir. Bir projeye tahsis edilebilecek azami kredi tutarı 40 milyon ABD dolarıdır. Yatırım tutarının asgari % 25'nin özkaynakla gerçekleştirilmesi gerekmektedir[134].

---

131 Işığı olduğu gibi elektrik enerjisine dönüştürebilen bir teknolojidir.

132 Eylem Önal, Rahmiye Zerrin Yarbay, "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Yıl: 9, Sayı: 18, Güz 2010, ss. 77-96, s.80.

133 Yeşil, **a.g.e.** 11.

134 İTO, **Enerji ve Çevre Uyumu**, İTO Yyın No: 2008-31, İstanbul, 2008, s.99.

2.1.2.1. Dünyada Hidroelektrik Enerjisi

Barajda biriken suyun yüksekten borular vasıtası ile düşerken sahip olduğu kinetik enerji, aşağıda bir su tribünü (pervanesi) çevirmesi ve onun da bir elektrik jeneratörünü çevirmesi ile elde edilen elektriğe hidrolik, bu siteme de HES (Hidro Elektrik Santral) adı verilmektedir. HES'ler su enerjisinin elektrik enerjisine dönüştüğü dev beton yapılardır. Doğal olarak baraj duvar yüksekliği ile gölde biriken su ve debisi barajın gücünü belirler[135].

Tablo 10: Hidroelektrik Enerji Tüketimi

Ülkeler	Terawatt-Saat				Milyon TEP			
	2008	2009	2010	Dünya Toplamındaki Payı (%) (2010)	2008	2009	2010	Dünya Toplamındaki Payı (%) (2010)
Çin	585,19	615,64	721	0,21	132	139,3	163	0,21
Brezilya	369,56	390,99	396	0,12	83,6	88,47	89,6	0,12
Kanada	376,77	369,38	366,3	0,11	85,3	83,58	82,9	0,11
ABD	257,41	276,21	259,6	0,08	58,2	62,5	58,8	0,08
Rusya	166,73	176,13	168,3	0,05	37,7	39,85	38,1	0,05
Norveç	140,52	127,07	117,9	0,03	31,8	28,75	26,7	0,03
Hindistan	115,01	106,19	111,4	0,03	26	24,03	25,2	0,03
Japonya	77,489	72,729	85,09	0,02	17,5	16,46	19,3	0,02
Venezuela	86,841	85,962	76,78	0,02	19,6	19,45	17,4	0,02
İsveç	69,211	65,897	66,88	0,02	15,7	14,91	15,1	0,02
Fransa	60,389	57,783	63,4	0,02	13,7	13,07	14,3	0,02
Türkiye	**33,27**	**35,958**	**51,89**	**0,02**	**7,53**	**8,136**	**11,7**	**0,02**
İtalya	41,623	49,234	49,56	0,01	9,42	11,14	11,2	0,01
İspanya	23,505	26,386	42,45	0,01	5,32	5,971	9,61	0,01
Toplam Dünya	3202,8	3253,9	3428	100	724,7	736,3	775,6	100

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s. 49.

Dünyada en fazla hidroelektrik enerji tüketimi yapan ülke Çin'dir. Çin'in dünya toplamındaki payı % 0,21'dir. İkinci sırada tüke-

135 http://www.nukte.org/node/179.

tim yapan ülke ise Brezilya'dır. Türkiye hidroelektrik enerji tüketiminde 12. sıradadır. Türkiye'nin hidroelektrik enerji tüketimi % 0,02'dir.

Hidroelektrik enerji santralleri yenilenebilir olmaları, iletme ve bakım giderlerinin düşük olması (yaklaşık 0,2 cent/KWh), fiziki ömürlerinin uzun oluşu (200 yıl), en az düzeyde olumsuz çevresel etki yaratmaları gibi nedenlerle diğer enerji üretim tesislerine göre üstündürler. Bu tür santraller ani talep değişimlerine cevap verebilmektedir[136].

Dünyadaki nehirlerin akışı % 60 oranında kontrol edilmektedir. 40.000 den fazla büyük baraj vardır. 150 m yükseklikten fazla olan baraj sayısı ise 100 taneden fazladır. Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi, dünyada toplam elektrik üretimine yaklaşık % 23 oranında katkıda bulunmaktadır. Hidroelektrik santralleri ile enerji üretimi için uygun coğrafi koşulların sağlanması gerekmektedir[137].

2.1.2.2. Dünyada Rüzgar Enerjisi

Rüzgardan yararlanarak enerji üretiminin geçmişi VII. yüzyıla kadar dayanır. İlk olarak İranlılar'ın rüzgar değirmenleri yaptıkları bilinmektedir. Rüzgar türbinleri Avrupa'ya XI.-XIII. yüzyıllar arasında meydana gelen Haçlı Seferleri sırasında geçmiştir. Danimarka'da ilk türbin 1259 tarihinde inşa edilmiştir. Daha sonra çok büyük bir kullanım sahası bulan bu türbinler sayesinde Hollanda, yel değirmenleri ülkesi olarak anılmaya başlanmıştır. Modern türbinler konusunda ilk çalışmalar Danimarka tarafından 1890 yılında başlatılmıştır[138].

Dünyada, modern rüzgar enerjisinin kullanımı ise 1973-1979 yılları arasındaki petrol krizi ile birlikte başlamıştır. Bu dönemde devlet destekli birçok araştırma programı başlatılmıştır. İlk büyük ticari pazar 1980-1986 yılları arasında Kaliforniya'da ortaya çıkmıştır. Danimarka, İngiltere, Almanya, Japonya ve Hollanda'dan üreticiler Kaliforniya'daki pazarı bazı Amerikan şirketleriyle paylaşmışlardır.

---

136 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.39.

137 Mehmet Berkün, Egemen Aras, Tuğçe Koç, "Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler", **TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri**, Sayı: 452 - 2008/6, ss. 41-48, s.41.

138 Süleyman Taşgetiren, Rüzgar Enerjisi, **ÇEV KOR Dergisi**, Ekim-Kasım-Aralık, Cilt:8, Sayı: 29, 25-30, 1998, ss. 23-30, s. 23.

Bu süre içerisinde ortalama rüzgar enerji üretimi 55 Kw'dan 1000 kW'a çıkmıştır. 1986-1990 yılları arasında ise Kaliforniya pazarında ani bir düşüş yaşanmıştır. Bunun sonucu olarak birçok şirket iflas etmiştir. Bazıları ise yeniden organize olmuştur. Bu süre içinde, rüzgar türbinlerinin maliyetleri önemli ölçüde düşürülmüştür. 1990 yılından itibaren yeni pazarlar, Almanya, Hindistan, İngiltere, Hollanda, İspanya ve İsveç'dir. Avrupalı rüzgar türbini üreticileri pazarın büyük kısmını ellerine geçirmişlerdir. 1996'da 1292 kayıtlı rüzgar türbininin % 80'ninden fazlası Avrupalı üreticiler tarafından sağlanmıştır. 1996'da dünyadaki kurulu rüzgar türbinlerinin % 70'i Avrupa'da bulunmaktadır[139].

Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü 2000 yılında 17 gW iken 2013 yılında 18 katına çıkarak 318 gW'lık bir kurulu güce ulaşılmıştır. Özellikle 2006 yılından sonra rüzgar enerjisi yatırımları büyük ölçüde artmıştır[140].

Rüzgar enerjisinin kullanımı sırasında, herhangi bir kaynak maliyeti söz konusu değildir. Toplam maliyetler içinde en büyük payı % 69 ile türbinin kuruluş maliyeti oluşturmaktadır. Bunun dışında bakım ve işletme maliyeti, türbin kurulacak yerin maliyeti gibi diğer maliyetler, geri kalan % 31'lik kısmı oluşturmaktadır. Bu maliyetlerin türbin ömrüne yayılması halinde, yıllık maliyetlerin daha da düştüğü görülmektedir. Rüzgar türbinlerinin yıllık işletme ve bakım giderleri ise, toplam yatırımın yaklaşık % 2,5-3'ü dolayında olmaktadır. Rüzgar enerjisi üretim maliyetlerini, diğer enerji üretim yöntemleriyle doğrudan karşılaştırmak bazı yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Çünkü, fosil ve nükleer yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel maliyetlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Rüzgar enerjisinin avantajları aşağıda belirtildiği gibidir[141];

- Rüzgar yerli, sürekli, temiz, çevreyi kirletmeyen ve doğrudan kullanılabilirliği nedeniyle, yakıt-hammadde maliyeti olmayan enerji olarak, fosil yakıt tüketimini azaltmaktadır.

---

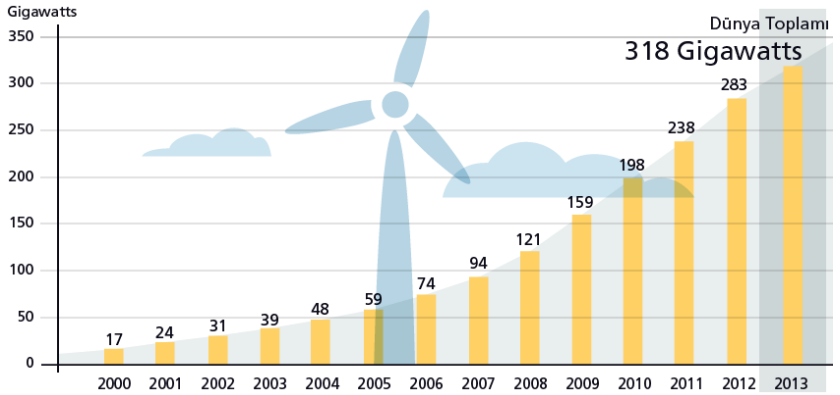
139 Metin Yerebakan, **Rüzgar enerjisi**, İTO Yyın No: 2001-33, İstanbul, 2001, s. 21.

140 Yeşil, **a.g.e.** 47.

141 H. Naci Bayraç, "Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları", **Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt/Vol. XXX, Sayı/No. 1, 2011, ss. 37-57, s. 40-41.

- Rüzgar türbinlerinin çevreye olan en önemli katkısı, fosil yakıtların yanması sonucu oluşan zararlı gazları oluşturmamasıdır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan, gazların havaya yayılmasını azaltmak için, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi gerekmektedir.
- Türbinlerin ortalama 20-30 yıl süreyle kullanılabilmesi kuruluş, işletme ve bakım maliyetlerinin uzun bir zamana yayılması açısından avantaj sağlamaktadır.
- Rüzgar türbinlerinin üretime geçmesi, inşaatının başlamasından itibaren 4-5 ay gibi kısa bir süre gerektirirken, bu süreç nükleerde ortalama 7 yıl, doğalgazda 1-1,5 yıl, hidrolikte ise 2-10 yıl olabilmektedir.
- 20 adet türbinden oluşan tipik bir rüzgar çiftliği 1 km^2 alan kaplamakta, bu alanın yaklaşık % 1'i türbin kurulum yeri olarak kullanmaktadır. Geri kalan yerler, çiftçilik hayvancılık için ya da doğal araziler biçiminde değerlendirilmektedir.
- Rüzgar enerjisi sektörü istihdam yaratmaktadır. Rüzgar enerjisi sektöründe günümüzde 400.000 kişi istihdam edilmektedir. Bu sayının artarak 1.000.000 kişiye ulaşacağı beklenmektedir. Türbin, kanat ve diğer bileşen üreticileri, üretilen elektriği satan, dağıtan işletmeler, danışmanlık, mühendislik ve uzmanlık gerektiren Ar-Ge, montaj-servis bakım, finans, pazarlama vb. çok sayıda teknik ve idari iş kollarında yeni istihdam imkanları yaratmaktadır.
- Kırsal alanda kurulan türbinlerin arazisi için ödenen satın alma veya kira bedelleri, santral yöresinde yaşayan insanlara ekonomik katkılar sağlamaktadır.
- Rüzgar enerjisi santralları, acilen yeni elektrik enerjisi üretme ihtiyacı duyan ülkeler için çok uygundur. Temel elektrik altyapısı ve gücün taşınması için şebeke yatırımları gerektiren büyük güç santralleri ile karşılaştırıldığında, rüzgar enerjisi santralları göreceli olarak daha çabuk ve ucuzdurlar.

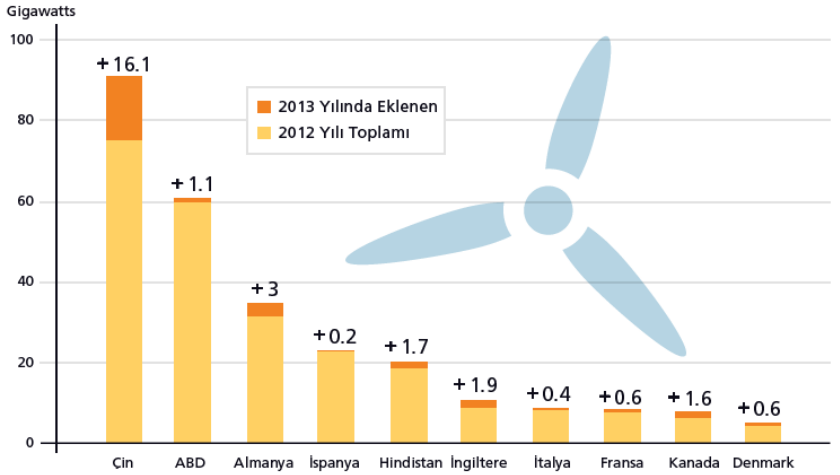
Grafik 14: Dünya Rüzgar Enerjisi Kurulu Güç (gW) (2000-2013)



Kaynak: REN21; Renewables Global Status Report, 2011

Çin dünyadaki en büyük rüzgar enerjisi pazarına sahip ülkedir. Toplam kurulu gücünü 90 gW seviyelerine getirmiştir. Çin'i ABD ve Almanya ülkeleri takip etmektedir[142].

Grafik 15: Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü İlk 10 Ülke (gW)



Kaynak: REN21; Renewables Global Status Report, 2014

142 Yeşil, **a.g.e.** 47.

Tablo 11: Dünya Rüzgar Enerjisi Kapasitesi (Megawatt)

Ülke	Miktar (Megawatt)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
Çin	44781	22,4	1
ABD	40274	20,2	2
Almanya	27364	13,7	3
İspanya	20300	10,2	4
Hindistan	12966	6,5	5
Fransa	5961	3,0	6
Büyük Britanya	5862	2,9	7
İtalya	5793	2,9	8
Kanada	4011	2,0	9
Portekiz	3837	1,9	10
Danimarka	3805	1,9	11
Japonya	2429	1,2	12
Hollanda	2241	1,1	13
İsveç	2141	1,1	14
Avustralya	2084	1	15
Türkiye	**1512**	**0,8**	**16**
Yunanistan	1482	0,7	17
İrlanda	1449	0,7	18
Toplam Dünya	199523	-	-

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy-June 2011, 2010 yılı verileridir.

Dünyada en fazla rüzgar enerjisi kapasitesi olan ülke Çin'dir. Çin'in dünya toplamındaki payı % 22,4'dür. İkinci sırada ise % 20,2'lik pay ile ABD bulunmaktadır. Türkiye dünyada en fazla rüzgar enerji kapasitesi olan 16. ülkedir.

2.1.2.3. Dünyada Güneş Enerjisi

Dünya atmosferinin dışında güneşin görüldüğü her metrekarede güneş enerjisi 1.367 Watt'dır. Dünya genelinde yenilenebilir enerji yatırımları 2011 yılında önceki yıla göre % 17 artarak 250 milyar dolara ulaşmıştır. Bu yatırımın en büyük kısmı olan % 57'si, 2010 yılına göre % 52 büyüyen güneş enerjisine ayrılmıştır. Toplam yatırımların % 65'i gelişmiş ülkelerde, % 35'i ise gelişmekte olan ülkelerde yapılmıştır. Dünyada güneş ışınımının kuvvetli olduğu bölgeler konusunda Türkiye avantajlı bir konuma sahiptir[143].

Güneş enerjisi yoğunluğu bakımından dünyanın ayak izi alanının ölçüsü $178x10^6$ MW. Dünyanın tüm yüzeyine denk gelen güneş enerjisi, $1,22x10^{14}$ TCE (ton kömür eşdeğeri) veya $0.814x10^{14}$ TOE (ton petrol eşdeğeri) miktarına denk olmaktadır. Diğer taraftan, bir yılda güneş enerjisinden gelen miktar, bilinen kömür rezervlerinin 50 katına, bilinen petrol rezervlerinin 800 katına tekabül etmektedir. Küresel enerji talebinde, güneş enerjisi kaynağı çok önemli bir yer teşkil etmektedir. 2050 yılında küresel elektrik enerjisi üretiminin % 11 gibi önemli bir oranının, güneş enerjisinden sağlanacağı öngörülmektedir[144].

Güneş enerjisinin sadece gündüz saatlerinde elektrik üretimine izin vermesi nedeniyle, gece saatlerinde yükün enerjisiz kalmaması için depolama elemanı kullanılmalıdır. Depolama elemanı kullanıldığında günlük kesiklilik ortadan kalkacaktır[145].

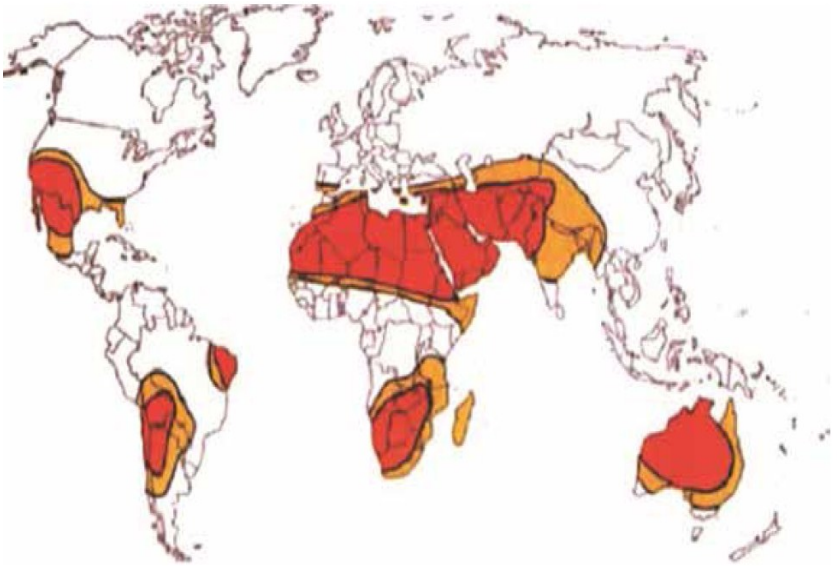
---

143 Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, "Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi", 2009, s.86.

144 Furkan Dinçer, "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", **KSU Mühendislik Dergisi**, 14(1), 2011, ss. 8-17, s. 9.

145 Mustafa Engin, Metin Çolak, "Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sisteminin İncelenmesi", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt:11, Sayı: 2, ss. 225-230, 2005, s. 225.

Şekil 4 : Dünyada Güneş Işınımının Yüksek Olduğu Bölgeler

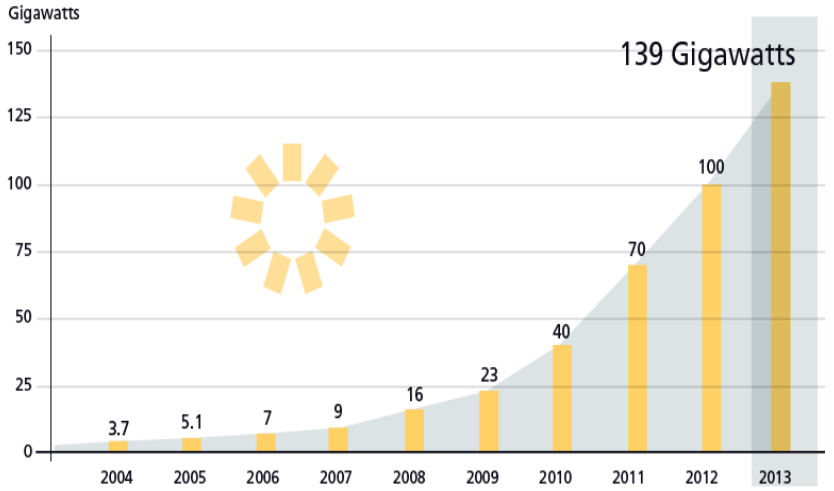


Kaynak: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, **a.g.e.** s.86.

Avrupa kıtasında yer alan ülkelerde, güneş ışınımı zayıftır. Ancak yapılan yatırımlar ve teknolojik gelişmeler sayesinde bu ülkelerde bu konuda büyük gelişmeler yaşanmıştır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi Avrupa'da, Almanya ve İtalya ülkesi ön plana çıkmaktadır. Almanya güneş enerjisi fotovoltaik panel uygulamalarında lider konumdadır. Avrupa Birliği tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Üretim Raporu'nda, 2020 yılında güneş enerjisiyle üretilen elektriğin dünyada 1 milyar insana ulaşacağı; 2.2 milyon insanın bu alanda istihdam edileceği; CO_2 gazı emisyonunun yılda 169 milyon ton azalacağı belirtilmektedir[146].

[146] Yeşil, **a.g.e.** 24.

Grafik 16: Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Gücü 2004-2013 (gW)



Kaynak: Renewables Global Status Report 2014, 2014.

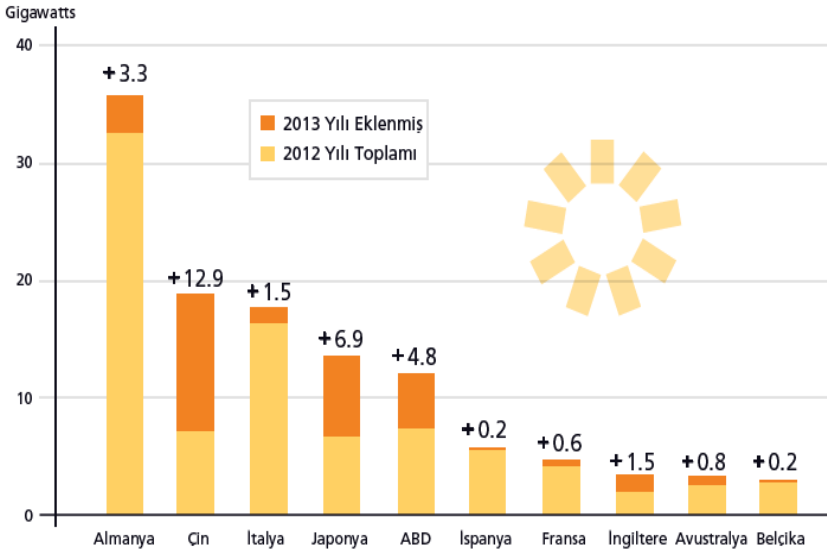
2012 yılında Almanya'da evlerin çatıları ve güneş tarlalarında 8 gW kapasiteli fotovoltaik güneş paneli kurulmuştur. Almanya'nın toplam güneş enerjisi kapasitesi 32 gW'a ulaşmıştır. Dünyanın en büyük güneş enerjisi teknolojisine sahip olan Almanya, elektrik enerjisinin % 25'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu yıllık güneş ışınım değerinden çok daha az ışınım değerine sahip olan Avrupa genelinde, 2012 sonu itibarıyla güneş enerjisinden elektrik üreten sistemler, doğal gaz ve rüzgar santrallerini geride bırakmış durumdadır[147].

Almanya dışında İtalya, İngiltere, İspanya gibi ülkelerde büyük çapta güneş enerjisi yatırımları gerçekleştirilmektedir. Asya ve Amerika kıtalarında da güneş enerjisi sistemleri gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Çin ve ABD'de 2012 yılında bir önceki yıla göre iki kat, Hindistan'da ise beş kat daha fazla güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Japonya 2011 Fukushima faciasının ardından aynı yıl güneş enerjisi yatırımlarını % 31 artırarak toplam 6,6 gW kuruluma ulaşmıştır.

147 Emine Sonnur Özcan, **Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi**, TUBİTAK 2012.

Brezilya, Mısır, Suudi Arabistan gibi ülkelerde de güneş enerjisi tesislerinin yaygınlaşmasında gelişmeler yaşanmaktadır. Dünya fotovoltaik küresel kapasitesi incelendiğinde güneş ışınım değerleri düşük olsa da, Avrupa kıtası ülkesi olan Almanya yaptığı çalışmalarla üstün bir konumdadır. Almanya dışında Çin büyük bir atılım gerçekleştirerek güneş enerjisi kurulu gücünü 20 gW seviyelerine getirmiştir[148].

Grafik 17: Güneş Fotovoltaikleri Küresel Kapasitesi, Lider 10 Ülkenin Payları



Kaynak: Renewables Global Status Report 2014, 2014

148 Yeşil, **a.g.e.** 25.

Tablo 12: Dünya Güneş Enerjisi Kapasitesi (Megawatt)

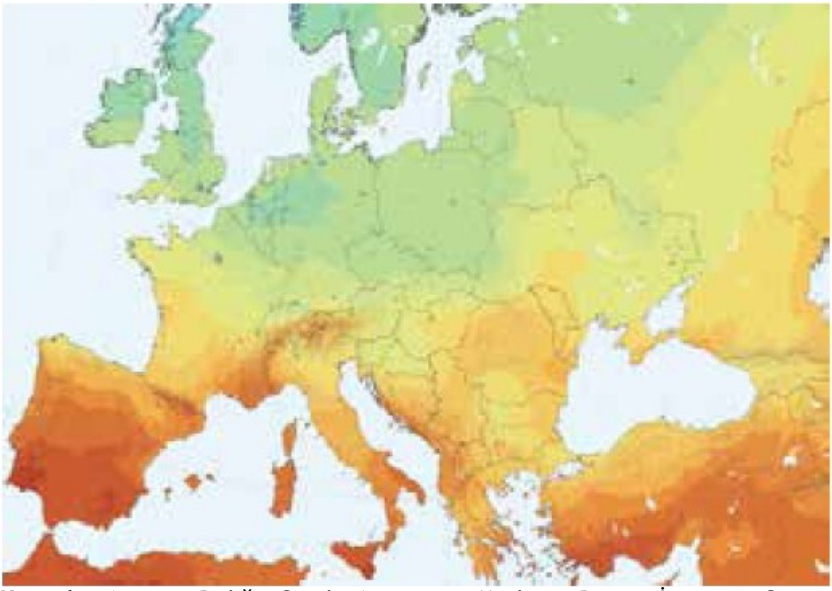
Ülkeler	Miktar (Megawatt)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
Almanya	17320,0	43,5	1
İspanya	3892,0	9,8	2
Japonya	3617,2	9,1	3
İtalya	3502,3	8,8	4
ABD	2519,6	6,3	5
Çek Cumhuriyeti	1953,0	4,9	6
Fransa	1025,0	2,6	7
Çin	893,0	2,2	8
Belçika	803,0	2,0	9
Güney Kore	572,9	1,4	10
Avustralya	503,6	1,3	11
Yunanistan	206,0	0,5	12
Kanada	199,6	0,5	13
Hindistan	189,0	0,5	14
Slovakya	145,0	0,4	15
Portekiz	130,8	0,3	16
Avusturya	102,6	0,3	17
İsviçre	100,0	0,3	18
Hollanda	96,9	0,2	19
Büyük Britanya	71,5	0,2	20
İsrail	61,0	0,2	21
Meksika	28,0	0,1	22
Bulgaristan	17,7	0,0	23
Malezya	14,6	0,0	24
İsveç	10,1	0,0	25
Norveç	9,2	0,0	26
Danimarka	7,1	0,0	27
Finlandiya	6,9	0,0	28
Türkiye	**6,0**	**0,0**	**29**

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s.53.

Dünyada en fazla güneş enerjisi kapasitesi olan ülke Almanya'dır. Almanya'nın dünya toplamındaki payı % 43,5'dir. İkinci sırada ise % 9,8'lik pay ile İspanya bulunmaktadır. Türkiye ne yazık ki dün-

yada en fazla jeotermal enerji kapasitesi olan 29. ülkedir. Güneş gören gün sayısı çok fazla olan Türkiye'de, güneş enerjisi kapasitesinin bu kadar düşük düzeyde kalması, yatırımların ve konuya duyulan önemin çok düşük kalmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 5: Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli



Kaynak: Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi Resmi İnternet Sitesi; http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis.

Avrupa Birliği tarafından hazırlanan dünya güneş enerjisi potansiyeli haritasında, Türkiye'nin güneş enerjisi konusunda büyük yatırımlar yapan Almanya'dan oldukça fazla potansiyele sahip bir ülke olduğu gözükmektedir. Son yıllarda yenilenebilir enerji mevzuatlarında yapılan düzenlemeler sayesinde ülkede güneş enerji sektörü yatırımları hızla artmaktadır[149].

[149] Yeşil, **a.g.e.** 30.

2.1.2.4. Dünyada Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji sıcaklığına bağlı olarak başta elektrik üretimi olmak üzere konut ısıtması, sera ısıtması, termal turizm tedavi ve endüstride kullanılmaktadır. Bir jeotermal sistemin oluşabilmesi için gerekli olan parametreler; yer kabuğunun derinliklerindeki ısı kaynağı, ısıyı taşıyan akışkan, akışkanı bünyesinde barındıran rezervuar kayaç ve ısının kaybını önleyen örtü kayaçtır. Dünyanın merkezinde sıcaklığı 4200^{o}C'yi bulan magma adı verilen eriyik kütle bulunmaktadır. Yeryüzüne kadar ulaşan magma faaliyetleri jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturur. Yeryüzünden kırık ve çatlaklar boyunca süzülen meteorik sular, derinlerde ısındıktan sonra gözenekli ve geçirimli olan rezervuar kayaç içinde birikir. Bu suların bir kısmı fay hatları boyunca yükselerek yeryüzüne ulaşır ve jeotermal kaynakları oluştururlar. Üzeri geçirimsiz bir örtü kaya ile kuşatılan ve çoğu zaman yer yüzüne ulaşamayan rezervuar kaya içerisindeki jeotermal akışkan, sondaj çalışmalarıyla yüzeye çıkarılır[150].

Dünyada ilk olarak 1904 yılında İtalya'da jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Günümüzde İtalya, Amerika, Japonya, Filipinler ve Yeni Zelanda ülkeleri başta olmak üzere jeotermal enerjiden elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir[151].

Dünyada jeotermal sıcak su kaynaklarının bulunduğu bölgelerde, bu kaynakların kullanım şekilleri arasında seraların ısıtılması önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle 1980'lerden sonra sera ısıtmasında fosil yakıtı kullanan üreticiler, alternatif enerji kaynakları kullanmaya başlamıştır. Jeotermal enerji bu dönemde daha da önem kazanmıştır. Jeotermal enerjinin seraların ısıtılmasında kullanılmasında ilk sıraları Çin, Macaristan, İzlanda, İtalya Rusya, Tunus ve ABD almaktadır[152].

---

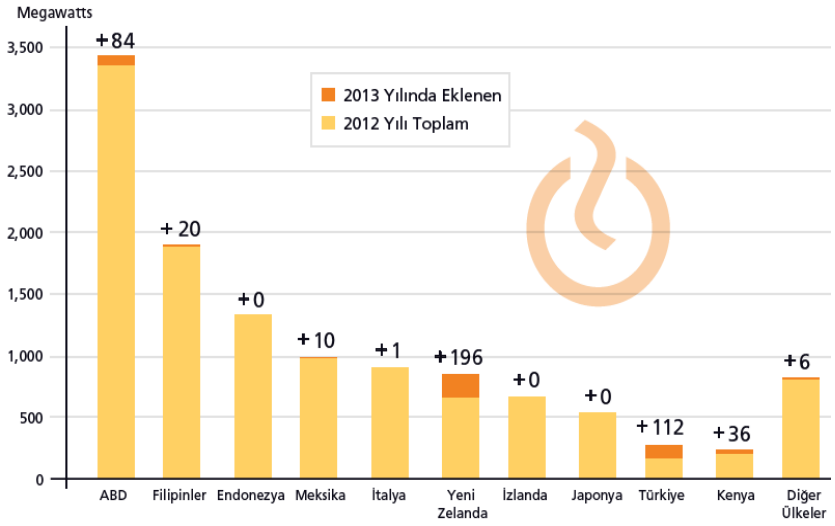
150 Sinan Arslan, Mustafa Darıcı, Çetin Karahan, "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", **Jeotermal Enerji Semineri**, İYTE, 2001, ss. 21-28, s. 21-22.

151 Fatma Çanka Kılıç, Mehmet Keskin Kılıç, "Jeotermal Enerji ve Türkiye", **Mühendis ve Makina**, C. 54, S: 639, 2013, s. 54.

152 Sedat Karaman, Ahmet Kurunç, "Seraların Jeotermal Enerji ile Isıtılmasında Ortaya Çıkabilecek Çevresel Etkiler", **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 2004, 21 (2), ss. 80-85, s. 80.

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2013 yılı Ağustos ayı itibariyle 11.766 MW'dır. Yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık 68,6 milyar kWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve İtalya ilk beş ülkeyi teşkil etmektedir. Elektrik dışı kullanım ise 50.000 MW'tır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Japonya ilk beş ülkeyi oluşturmaktadır[153].

Grafik 18: Dünya Jeotermal Enerji İlk 10 Ülke Kurulu Güçler



Kaynak: Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu 2014, 2014.

153 Yeşil, **a.g.e.** 67.

Tablo 13: Dünya Jeotermal Enerji Kapasitesi (Megawatt)

Ülkeler	Miktar (Megawatt)	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıralama
ABD	3101,6	28,4	1
Filipinler	1966,0	18,0	2
Endonezya	1189,0	10,9	3
Meksika	958,0	8,8	4
İtalya	863,0	7,9	5
Yeni Zelanda	769,3	7,1	6
İzlanda	575,1	5,3	7
Japonya	502,0	4,6	8
El Salvador	204,4	1,9	9
Kenya	167,0	1,5	10
KostaRika	166,0	1,5	11
Nikaragua	87,5	0,8	12
Rusya	82,0	0,8	13
Türkiye	**81,6**	**0,7**	**14**
Papua Yeni Gine	56,0	0,5	15
Guatemala	52,0	0,5	16
Portekiz	29,0	0,3	17
Çin	24,0	0,2	18
Fransa	16,0	0,1	19
Etiyopya	7,3	0,1	20
Almanya	6,6	0,1	21
Avusturya	1,4	0,0	22
Avustralya	1,1	0,0	23
Tayland	0,3	0,0	24
Toplam Dünya	10906,2	-	-

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,**s.52.

Dünyada en fazla jeotermal enerji kapasitesi olan ülke ABD'dir. ABD'nin dünya toplamındaki payı % 28,4'dür. İkinci sırada ise % 18'lik pay ile Filipinler bulunmaktadır. Türkiye dünyada en fazla jeotermal enerji kapasitesi olan 14. ülkedir. Türkiye'nin dünya toplamındaki payı ise % 0,7'dir.

2.1.2.5. Dünyada Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, yakıt hücreleri üzerinde çalışan evrendeki en basit eleman ve en bol gazdır. Hidrojen, renksiz kokusuz ve tatsızdır. Hidrojen en küçük atomdur. Ayrıca en hafif olanıdır ve periyodik tablodaki ilk elementtir. Güneşte en çok bulunan element hidrojendir. Hidrojenin boru hatları ile evlere kadar ulaştırılması olanaklıdır. Bu konuda projeler geliştirilmekte ve doğalgaz hatlarından yararlanılması tasarlanmaktadır. Hidrojen enerjisi alanında çeşitli ülkelerin işbirliği sonucu uluslararası programlar başlatılmıştır. Çünkü fosil yakıtların azalması ülkeleri hidrojenle ilgili programlar yapmaya zorlamıştır[154].

2.1.2.6.Dünyada Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri

Dünya üzerindeki toprak ve suların farklı ısınması sonucu oluşan rüzgarların deniz yüzeyinde esmesi ile dalgalar meydana gelir. Dalga yüksekliği rüzgarın esme hızı, rüzgarın esme zamanı, esen rüzgarın suya olan mesafesi ve suyun derinliğine bağlıdır. Genellikle büyük dalgalardan daha güçlü enerji elde edilir. Bu konu üzerine ilk çalışmalar 1892 yılında AS Stahl tarafından yapılmıştır[155].

Gel-git enerjisinde, uygun bulunan koyların ağzı bir barajla kapatılarak gelen su tutulur, çekilme sonrasında da yükseklik farkından yararlanılarak türbinler aracılığı ile elektrik üretilir. Dünyada bu yöntemle çalışan, Fransa Rance'de 240 MW'lık, Kuzey Amerika Annapolis Royal'da 18 MW'lık ve Rusya'da 1,2 MW'lık sistemler bulunmaktadır. Hareket eden suyun kinetik enerjisinin türbinleri çalıştırmasıyla enerji elde edilmesi yöntemi daha düşük maliyetlidir. Barajlara oranla daha düşük çevresel etkiye sahiptir. Ancak geliştirilen üniteler prototip[156] aşamasındadır. 2008'de Kuzey İrlanda'da bu yöntemle çalışan, SeaGen isminde 1,2 MW'lık bir sistem kurulmuştur. Bu cihazla 2008'de şebekeye 150 kW elektrik verilmiştir. Dünyada akıntı enerjisi kullanılarak elektrik üretimi de henüz prototip aşamasındadır. İngiltere Lynmouth'da 2003'den beri kurulu olan üniteden 300

---

154 Filiz Tutar, Mehmet Vahit Eren, "Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye", **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, Yıl:3, Sayı:6, Kış, 2011, s. 6-7.

155 http://yenilenebilirenerjikaynaklari.biz/yenilenebilirenerjikaynaklari/yenilenebilir-enerji-2/dalga-gelgit-ve-akinti-enerjisi-nedir.html.

156 Prototip, ürünün imal edilmeden önce elle tutulur en ilkel şeklinin oluşturulmasıdır.

kW'lık güç elde edilmiştir. Ayrıca, gel-git enerjisi elde etmek için kurulan SeaGen sisteminin derin deniz akıntılarından enerji elde etmek için de kullanılması planlanmaktadır[157].

2.2. Dünyada İkincil Enerji Kaynakları

Enerjinin başlıca unsuru olan elektrik enerjisi, genellikle fosil yakıtlar ile hidrolik ve nükleer kaynaklardan elde edilen ikincil bir enerji türüdür. Dünyada elektrik enerjisi üretimi halen ağırlıklı olarak termik kaynaklara dayalı olarak yapılmaktadır. Ancak son yıllarda termik kaynakların temininde sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle ülkeler hem çevreye zarar vermeyecek ve hem de tükenmesi daha zor olan kaynakları elektrik enerjisi üretiminde kullanma yollarını araştırmaktadırlar[158].

2.2.1. Dünyada Elektrik Enerjisi

Elektrik enerjisinin dünyada günlük hayatta kullanılmaya başlanması 1878 yılında gerçekleşmiştir. Dünyada ilk elektrik santrali ise 1882'de Londra'da hizmete girmiştir[159].

Petrol fiyatlarının yükselmesi, kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, petrol ve kömüre dayalı klasik yöntemlerle elektrik enerjisi üretimine alternatif olarak, yenilenebilir kaynakların kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Yıllarca süren çalışmalar yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve güneş enerjisinin, doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülmesinin daha pratik ve kolay olduğunu ortaya çıkarmıştır[160].

---

157 http://vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Enerji/Dalga_Enerjisi/Dalga_Enerjisi.pdf.

158 Leyla Dolun, **Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kullanılan Kaynaklar**, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Yayını, Aralık 2002, Ankara, s. 30.

159 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.13.

160 İsmail H. Altaş, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel", **Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e**, Sayı 45, Bileşim Yayıncılık A.Ş., İstanbul, Şubat 1998, ss. 58-63, s. 58.

Tablo 14: Dünya Elektrik Üretimi

Ülkeler	Miktar (Terawatt-saat)	Dünya toplamındaki payı (%)	Sıralama
ABD	4325,9	20,3	1
Çin	4206,5	19,7	2
Japonya	1145,3	5,4	3
Rusya	1036,8	4,9	4
Hindistan	922,2	4,3	5
Kanada	629,9	3,0	6
Almanya	621,0	2,9	7
Fransa	573,2	2,7	8
Güney Kore	497,2	2,3	9
Brezilya	484,8	2,3	10
Büyük Britanya	381,2	1,8	11
İspanya	300,4	1,4	12
İtalya	298,2	1,4	13
Meksika	270,0	1,3	14
Güney Afrika	268,1	1,3	15
Tayvan	247,0	1,2	16
Avustralya	245,3	1,2	17
İran	226,1	1,1	18
Suudi Arabistan	214,0	1,0	19
Türkiye	**210,2**	**1,0**	**20**
Ukrayna	187,9	0,9	21
Endonezya	166,4	0,8	22
Toplam Dünya	21325,1	-	-

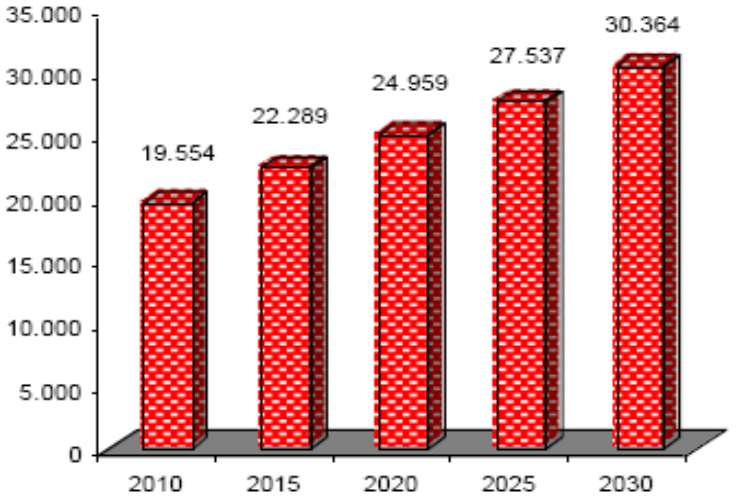
Kaynak: **BP Statistical Review of World Energy-June 2011**, 2010 yılı verileridir.

Dünya elektrik üretiminde en üst sıralamada ABD yer almaktadır. ABD'nin yüzdesi 20,3'dür. İkinci sırada ise % 19,7'lik oran ile ÇİN bulunmaktadır. Türkiye ise % 1'lik oran ile 20. sıradadır.

ABD'de % 71 termik santral, % 20 nükleer santral ile, Japonya'da ise %62 termik santral, %26 nükleer santralla üretim yapılmaktadır. Çin'de ise %82 termik santral, %16 oranında hidroelektrik santrali ile üretim yapılmaktadır. Kömür ve doğalgazı en fazla kullanan ABD iken, petrolü kullanan ülke Japonya'dır. Dünya elektrik üretiminin % 66'sını oluşturan termik santral üretiminin % 25'i ABD'de, % 17'si

Çin'de, % 6'sı ise Japonya'dadır. Toplam üretimin % 15'ini oluşturan nükleer santral üretiminin % 30'u ABD'de, % 16'sı Fransa'da % 11'i Japonya'dadır. Toplam üretimin % 17'sini oluşturan hidroelektrik kaynaklı üretimin % 14'ü Çin'de, % 12'si Kanada'da, % 11.5'i Brezilya'da, % 9'u ise ABD'dedir. Toplam üretimin % 2'sini oluşturan termal, güneş ve rüzgarla üretilen elektriğin % 27'si ABD'de, % 12'si Almanya'da, % 6'sı ise İspanya ve Japonya'da üretilmektedir. Elektrik üretiminde doğalgazın en hızlı büyüyen, kömürün ise en fazla paya sahip kaynak olarak kalmaya devam edeceği öngörülmektedir. Yüksek petrol ve doğalgaz fiyatları, elektrik üretiminde özellikle zengin kömür kaynaklarına sahip olan Çin, Hindistan ve Amerika gibi ülkelerde, kömürü ekonomik açıdan daha cazip kılmaktadır. 2030 yılında elektrik üretiminde % 45 oranında kömür kullanılması beklenirken, geri kalan kısımda ise doğalgaz (kömürün yarısı kadar), yenilenebilir kaynaklar, nükleer ve petrol yer alacağı beklenmektedir. Dünya kömür üretiminin % 37'si Çin'de, % 17'si ABD'de, % 7'si ise Hindistan'da gerçekleşmektedir[161].

Grafik 19: 2020-2030 Dönemi Tahmini Dünya Elektrik Üretimi (milyar KWh)



Kaynak: ETİMENKUL, **a.g.e.** s.9.

161 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.10.

Dünyada 2020 yılı için 24.959 milyar KWh elekrik üretileceği tahmin edilirken, bu oranın 2030 yılında 30.364 milyar KWh'ye çıkacağı tahmin edilmektedir.

2004-2030 periyodunda dünya GSYİH büyüme beklentisi % 4.1 seviyesindedir. 2004-2030 periyodunda dünya elektrik talebinin artacağı beklenmekte ve elektrik üretiminin yıllık % 2.4 oranında artışla, 2004 yılındaki 16.4 trilyon KWh seviyesinden, 2030 yılında 30.3 trilyon KWh seviyesine yükseleceği tahmin edilmektedir. Talep artışının büyük bir kısmının OECD ülkeleri dışındaki ülkelerden kaynaklanacağı öngörülmektedir. Günümüzde OECD ülkeleri dışındaki ülkeler, OECD ülkelerinin tükettiği elektriğin yaklaşık % 26'sı oranında daha az elektrik tüketmektedirler. OECD ülkeleri dışındaki ülkelerin toplam elektrik üretiminin ise 2030 yılında, OECD ülkeleri üretimini % 30 oranında aşması beklenmektedir. Bu durumun temelini, önümüzdeki 25 yılda elektrik altyapısı olgunlaşmış OECD bölgesinde nüfus artış hızınının yavaşlayacağı beklentisi ve OECD dışındaki gelişen ekonomilerde yükselen hayat standardı ve tüketici talebindeki büyüme beklentisi oluşturmaktadır. OECD dışındaki bölgelerde 2030 yılına kadar toplam elektrik üretiminin yıllık ortalama % 3.5 oranında artması, OECD bölgesinde ise artış hızının % 1.3 seviyesinde kalması beklenmektedir. Diğer taraftan dünya toplam elektrik talebindeki en güçlü büyümenin yapı (konut ve ticari) sektöründe olacağı beklenmektedir. Bu beklentinin ana nedenini ise, özellikle gelişen ekonomilerdeki hizmet sektöründeki büyüme yani ofis, hastane, otel gibi kuruluşların talep artışı beklentisi oluşturmaktadır[162].

Elektrik enerjisi ekonomiler için temel bir girdidir ve teknolojik gelişmede büyük öneme sahiptir. Ayrıca elektrik enerjisi depolanamadığı için, üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji kaynağıdır. Dolayısıyla tüketimi, üretimine paralel bir gelişme göstermektedir. Elektrik enerjisi talebinin kendine özgü bu yapısı ve elektrik enerjisi üretiminin yüksek maliyetler gerektirmesi nedeni ile, üretim-tüketim dengesi önem arz etmektedir[163].

---

162 ETİMENKUL, **a.g.e.** s.10.

163 Yusuf Akan, Soner Tak, "Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi", **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 17, Nisan, Sayı: 1-2, 2003, ss. 21-49, s. 21-22.

Enerjiyi bu gibi zorunluluklar içerisinde üretmek ve aynı zamanda da endüstrileşme ve gelişim için enerji talebini karşılamak oldukça güç bir işlemdir. Üretimde karşılaşılan bazı zorluklar, kısa ve uzun dönemde enerjinin güvenli bir şekilde teminini sağlamak ve enerjinin üretimi, iletimi ve kullanılması esnasında zararlı çevresel etkileri asgariye indirmektir. Ayrıca enerjinin elde edilmesi, dönüştürülmesi ve kullanılması en önemli çevre problemlerinin sorumlusu olmaktadır. İklim değişiklikleri, hava kirliliği, sera gazı etkisi gibi olaylar enerji üretimi sırasında ortaya çıkan önemli yan etkilerdir. Bu etkiler ülkeleri enerjinin üretilmesi sırasında daha dikkatli olmaya zorlamaktadır. Enerjiye olan ihtiyaç, nüfus artışı, sanayileşme ve gelişen teknolojiler ve tüketimin artmasına bağlı olarak artmaktadır. Ülkelerin sanayileşebilmeleri, endüstriyel ve ekonomik anlamda gelişebilmeleri için artan oranda enerji tüketmeleri gerekmektedir[164].

Elektrik üretiminin kaynaklarına bakıldığında 1970'li yıllarda kömür, petrol ve hidroenerjinin ilk üç sırada yer aldığı belirlenmiştir. Günümüzde ise petrol ve hidroelektrik santralin payı azalmıştır. Buna karşın nükleer ve doğal gaza dayalı üretim ağırlık kazanmıştır. Bölgesel olarak incelendiğinde ise, ağırlıklı Hidroelektik Santralı (HES) ile üretim yapan Orta ve Güney Amerika haricinde diğer bütün bölgelerde, termik üretim birinci sırada yer almaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da termik santraller ardından nükleer santraller ağırlıklı olarak yer alırken, Asya ve Afrika'da ise hidroelektik santralı ile üretim ağırlıktadır[165].

Kaynaklara göre dağılıma bakıldığında, 2020 yılı için kömürün elektrik üretiminde en yüksek payı oluşturacağı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ise ikinci sırada yer alacağı tahmin edilmektedir. Elekrik üretiminde en düşük paya sahip enerji kaynağı ise petrol olacaktır.

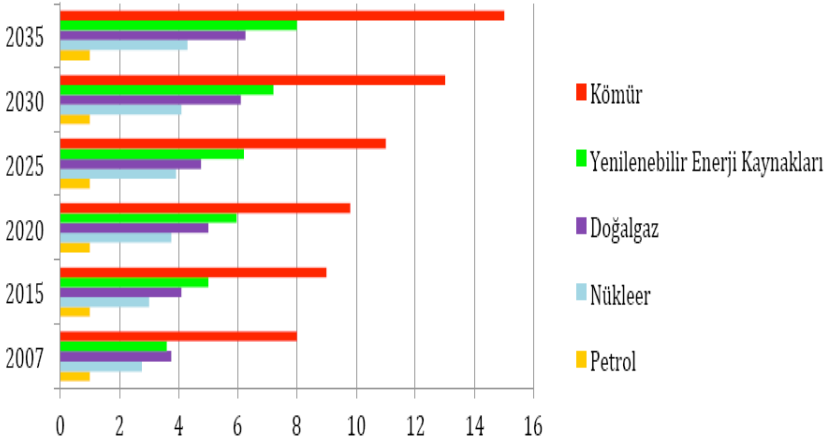
2007 yılında dünya elektrik üretiminde yenilenebilinir enerji kaynaklarının payı 4 Trilyon kWh'ya yaklaşırken, 2035 yılına kadar bu payın giderek artarak üretilen elektriğin 8 Trilyon kWh'a çıkması beklenmektedir.

---

164 İlhami Çolak, Mehmet Demirtaş, "Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi", **Türk Bilim Araştırma Vakfı Yayını**, Cilt:1, Sayı:2, 2008, ss. 55-62, s.55-56.

165 ETİMENKUL, **a.g.e.** s. 10.

Grafik 20: Dünya Elektrik Üretiminde Enerji Kaynaklarının Payı (Trilyon KWh; 2020-2030 Dönemi Tahmini)



Kaynak: BP, **Statistical Review of World Energy**, 2011.

Dünyada enerji talebinin büyük çoğunluğu elektrik üretimi ve sanayi alanında kullanılmaktadır. Elektrik üretiminde en yaygın kullanılan kaynak ise kömür olmaktadır. ABD, Çin Hindistan ve Almanya'da kömür, Rusya'da doğalgaz, Fransa'da nükleer enerji ve Kanada'da yenilenebilir enerji elektrik enerjisi üretiminde en fazla kullanılan kaynaklardır[166].

166 ATIG FOREX, **a.g.e**. s.2.

İKİNCİ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE ENERJİ KAYNAKLARI

1. TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Küreselleşme süreci ile birlikte daha ucuz mal üretmek, rekabet edebilir seviyeye yükselebilmek için girdi fiyatları önemli bir unsur haline gelmiştir. Enerji de, maliyetlere etki eden önemli bir üretim girdisidir. Cumhuriyetin ilk kuruluş yıllarında Atatürk, sahip olunan enerji kaynaklarının değerlendirilmesinin kalkınmanın ana unsuru olduğuna dikkat çekmiştir. Atatürk 1935 yılında maden kaynaklarının araştırılması için Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nü, elektrik-enerji kaynaklarının araştırılması için Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ni ve elektrik üretim işletmelerini finanse etmesi için de Etibank'ı kurdurmuştur[167].

Tablo 15: Türkiye'nin Toplam İthalatı, Enerji İthalatı ve Ulaştırma Sektörünün Payı

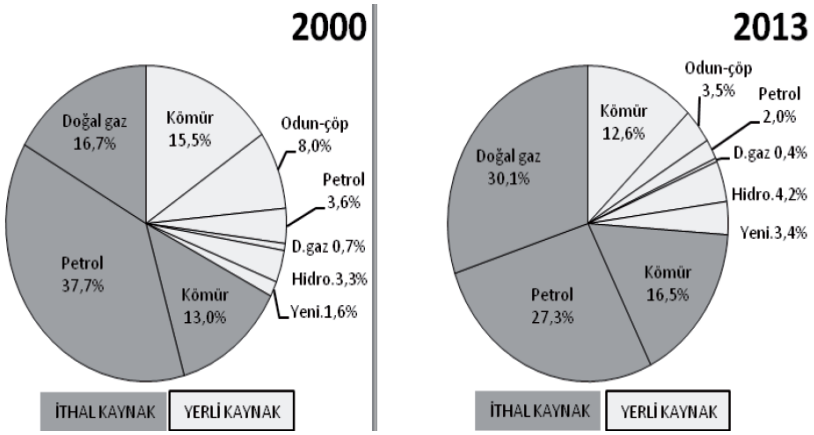
	Toplam İthalat (Milyar $)	Enerji İthalatı (Milyar $)	Ulaştırma (Milyar $)	Ulaştırma Sektörünün Enerji İthalatı İçindeki Payı %)	Enerji (Milyar $)	Enerji Sektörününenerji İthalatı İçindeki Payı (%)
2002	51,5	9,20	5,41	58,80	3,79	41,20
2003	69,3	11,58	6,58	56,82	5,00	43,18
2004	97,5	14,41	8,64	59,96	5,77	40,04
2005	116,7	21,26	12,41	58,37	8,85	41,63
2006	139,5	28,86	16,61	57,55	12,25	42,45
2007	170,1	33,88	19,34	57,08	14,54	42,92
2008	201,9	48,28	27,03	55,99	21,25	44,01
2009	140,9	29,91	15,17	50,72	14,74	49,28
2010	185,5	38,49	21,03	54,64	17,46	45,36
2011	240,8	54,1	33,6	62,11	20,50	37,89

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**,s.15.

[167] ETİMENKUL, **a.g.e.** s.7.

2011 yılında Türkiye'nin toplam ithalatı yaklaşık 240 milyar dolardır. Enerji ithalatı ise yaklaşık 54 milyar dolardır ve toplam ithalatın % 22'sini oluşturmaktadır. 54 milyar dolarlık enerji ithalatının yaklaşık 33,6 milyar doları petrol ve petrol ürünleri ithalatı tutarıdır. Bu tutar, enerji ithalatının % 62'sini oluşturmaktadır. Ulaştırma sektörünün enerji ithalatı ise yaklaşık 20,5 milyar dolardır ve toplam ithalatın % 8.5'ini oluşturmaktadır[168].

Grafik 21: Enerji Tüketiminde Kaynak Payları

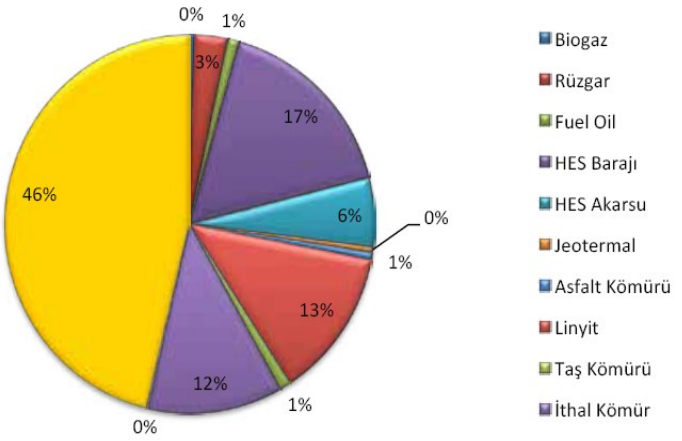


Kaynak: http://enerjigunlugu.net/enerjide-yerli-kaynak-sorunu-1_11123.html.

2013 sonu itibarıyla elektrik tüketiminin kaynaklara göre dağılımı şekilde verilmiştir. İlk sırada % 30,1 payla enerji tüketiminde ağırlığı olan doğal gaz yer almaktadır. % 27,3 ile petrol enerjisi enerji tüketiminde ikinci sıradadır. İthal kömürün payı ise % 16,5'dir.

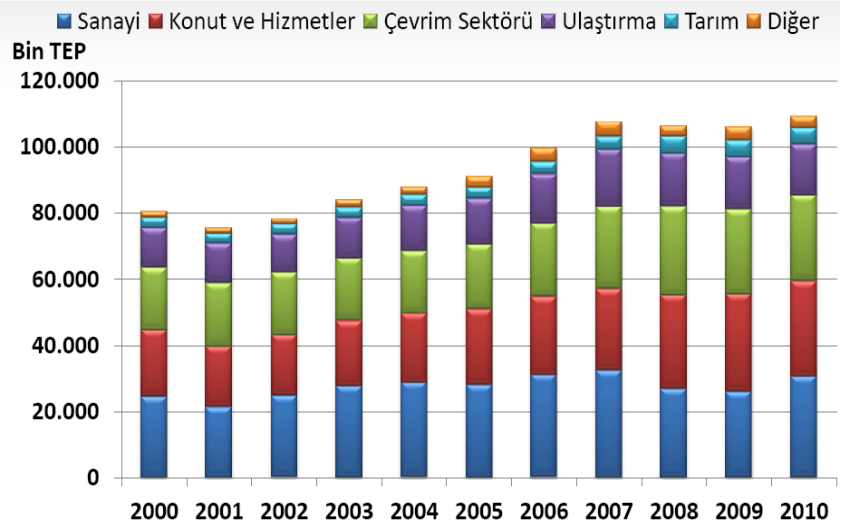
168 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 15.

Grafik 22 : Enerji Üretiminde Kaynak Payları



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Enerji İstatistikleri**, 2013

Grafik 23: Sektörlere Göre Enerji Tüketimi



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**,s.14.

Türkiye'de kaynak türlerine göre enerji üretim oranları incelendiğinde yenilenemez kaynaklar olan doğalgaz ve kömürün ilk sıralarda olduğu görülmektedir. Taş kömürü, % 46'lık dilim ile en yüksek orana sahiptir.

Türkiye'de 2002 yılına göre enerji tüketim miktarı sanayi sektöründe % 25, ulaştırma sektöründe % 28, meskende % 44, tarımda % 66, elektrik sektöründe % 37 oranında artış göstermiştir[169].

1.1. Türkiye'de Birincil Enerji Kaynakları

Cumhuriyet'in ilk yıllarında ülkede üretilen birincil enerji kaynakları taşkömürü, linyit, odun ve tezektir. 1923 yılında toplam enerji üretiminin % 78'i hayvan, bitki artıkları ve odundan, % 22'lik bölümü ise taşkömüründen sağlanmıştır. 1923 yılı birincil enerji üretimi 1.9 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Cumhuriyet'in ilk yıllarında ticari olmayan kaynak tüketimi, toplam tüketim içerisinde % 78 gibi çok yüksek bir orandadır. Ancak zamanla sanayileşme ve kentleşmenin sonucu olarak diğer kaynakların da kullanılmasıyla bu oran azalmıştır. 1943 yılında linyit ve hidrolik, 1950 yılında petrol, 1966 yılında asfaltit, 1976 yılında doğal gaz, 1984 yılında jeotermal elektrik, 1986 yılında jeotermal ısı enerjisi, enerji üretim kaynakları arasındaki yer almaya başlamışlardır[170].

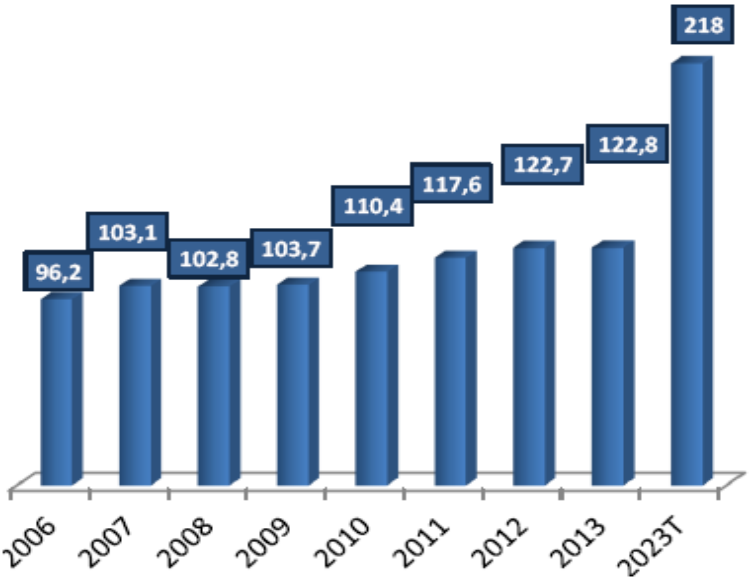
Türkiye'de birincil enerji tüketiminin hemen hemen tamamı, dünya üzerinde olduğu gibi fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Enerji sektöründe fosil kaynaklara olan bu bağımlılık, yeterli miktarda petrol ve doğalgaz rezervi bulunmayan Türkiye için başka bir bağımlılığa, yani enerji talebinde dışa bağımlılığa sebep olmaktadır.

---

169 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 14.

170 H.Yurdakul Yiğitgüden, **Türkiye'de Elektrik Enerjisi Sektöründe Özelleştirme Politikaları ve Çalışmaları**, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1999-57, İstanbul, 1999, s. 20.

Grafik 24: Birincil Enerji Kaynakları Talebi (Milyon TEP)



Kaynak: BP, **Statistical Review of World Energy**, June 2014.

2003 yılında 78,4 milyon TEP seviyesinde olan Türkiye birincil enerji talebi, 2013 yılında %56,6 oranında artarak 122,8 milyon TEP seviyesine ulaşmıştır. 2013 yılında yıllık bazda %0,4 oranında artışla 122,8 milyon TEP olan yurtiçi birincil enerji talebi, dünya talebinin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Birincil enerji talebi içinde en çok paya sahip yakıt türü olan doğalgazın payı %33, petrol ve kömürün payı %27, hidro enerjinin payı %11 ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %2 seviyesindedir. Enerji talebi açısından OECD ülkeleri içinde öne çıkmaya başlayan Türkiye'de, birincil enerji talebinin 2023 yılında 218 milyon TEP seviyesine ulaşması beklenmektedir. 2023 yılında birincil enerji talebinde kömürün payının %27'den %37'ye çıkması, petrolün payının %27'den %26'ya ve doğalgazın payının %33'den %23'e gerilemesi beklenmektedir. Hidrolik enerjinin payının %4, yenilenebilir kaynakların %6, nükleer enerjinin devreye girerek payının %4 olması öngörülmektedir. 2012 yılı verilerine göre,

birincil enerji talebinin %26'si çevrim sektörü, %26'si konut ve hizmetler sektörü, %25'i sanayi sektörü, %17'si ulaştırma sektörü ve %6'si diğer sektörlerde kullanılmıştır[171].

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı 2014 yılında da devam etmiştir. Türkiye'de 2013'de birincil enerji tüketimi % 0,6 gerilemiştir. İthal kaynakların oranı 2012'de % 71,5 iken, 2013'de % 73,5'a yükselmiştir. 2013'de yerli kaynakların birincil enerji tüketimindeki payı % 26,5 olmuştur[172].

Tablo 16: Genel Enerji Dengesi (1990-2013)

Enerji Verileri	1990	2013	Değişim
Toplam Enerji Talebi (milyon tep)	52,9	120,29	↑ %127,39 ↑
Toplam Yerli Üretim (milyon tep)	25,6	31,94	↑%24,78 ↑
Toplam Enerji İthalatı (milyon tep)	30,9	96,29	↑%211,62 ↑
Yerli Üretimin Talebi Karşılama Oranı	%48	%28,5	↓ -%40,63 ↓

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verileridir.

Tabloda 1990'dan 2013'e birincil enerji talebinin % 127,39, ithalatın % 211,62 arttığı, yerli üretimdeki artışın ise % 24,78 ile sınırlı kaldığı görülmektedir.

2012'de enerji maddeleri ithalatı 60 milyar dolarken, 2013'de 55,9 milyar dolara gerilemiştir. Yine enerji ham maddeleri ithalatı 2014'de, 2013'e göre % 18 azalmış ve 54,9 milyar dolar olmuştur. 2015 yılında düşen petrol fiyatlarının etkisiyle, 2015 için biraz daha düşük tutarda bir ithalat söz konusu olabilir. Ancak sonuç olarak tükettiği enerjinin yaklaşık dörtte üçünü dışarıdan ithal eden Türkiye, enerjide dışa bağımlılığın en yüksek olduğu birkaç ülke arasındadır. Türkiye 2013 yılı ithalat rakamları dikkate alındığında; doğal gaz ithalatında dünya beşincisi, petrol ithalatında dünya on üçüncüsü, kömür ithalatında dünya sekizincisidir. Yine petrol koku ithalatında

171 ATIG FOREX, **a.g.e**. s.3.

172 Oğuz Türkyılmaz, "Enerji Politikaları Artan Bağımlılık Çıkmazında", **Bülten TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ocak 2015 İtibarıyla Türkiye'nin Enerji Görünümü Raporu**, Şubat 2015 Sayı 200, İstanbul, s.2.

dünya dördüncüsüdür. Türkiye dünyada net enerji ithalatı sıralamasında on birincidir. Birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 64'ünü 10 ülkeden, % 43'ünü 3 ülkeden ve % 27'sini ise tek bir ülkeden tedarik etmektedir. Enerjide dışa bağımlılık oranı her yıl daha da artmaktadır[173].

1.1.1.Türkiye'de Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Türkiye'nin son otuz yılda kömür enerjisinin tüketiminde yatay bir seyir gerçekleşmektedir. Petrole bağımlılık çok az düşürülebilmiştir. Doğalgaza bağımlılık ise son yirmi yıl içinde hızla artmıştır. Yani Türkiye'nin enerji sektöründe dışa bağımlılığı hala yüksektir. Bu bağımlılığı azaltmak için, yerli kaynakların azami ölçüde kullanılması; yeni enerji sahalarının tespit edilmesi; temin edilen enerjinin verimli şekilde kullanılmasını sağlayan teknolojilerin kullanılması ve ülke potansiyelinin araştırılması gerekmektedir. Çünkü Türkiye'nin en büyük ekonomik sorunlarından biri olan cari açık, büyük ölçüde enerji ithalatından kaynaklanmaktadır[174].

Tablo 17: Türkiye'nin Enerji İthalatındaki Dünya Sıralaması

Kaynak	İthalat Miktarı	Dünyadaki Sıralama
Doğal Gaz	45 Milyar m3	5.
Petrol	35 Milyon Ton	13.
Kömür	30 Milyon Ton	8.
Petro Kok	4 Milyon Ton	4.

Kaynak: http://enerjigunlugu.net/turkiye-enerji-ithalatinda-kacinci_10228.html#.VLt4g0esVkM.

Türkiye fosil yakıtlarda dünyanın önde gelen ithalatçılarından biridir. 2000-2013 dönemi içerisinde kömür üretimi, özellikle 2007-2011 yılları arasında yüksek rakamlara ulaşmıştır. Ama yine de bu rakamlar 2001 krizi öncesinde ulaşılan üretim miktarlarından çok farklı değildir. 2009 yılı sonrasında gerilemeye başlayan kömür üre-

173 http://enerjigunlugu.net/petrol-dustu-diye-buyur-muyuz_11892.html.

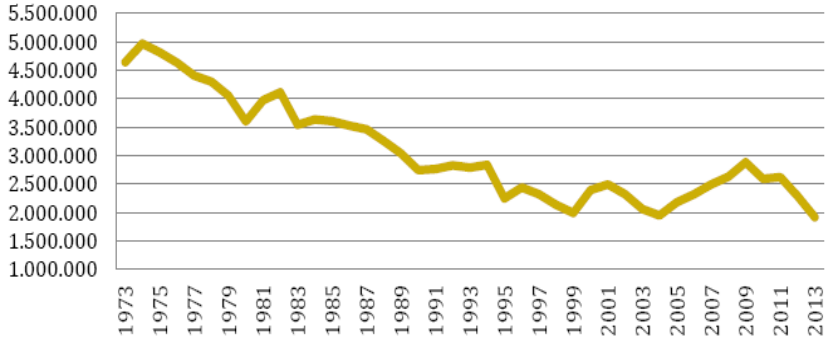
174 DOĞAKA (Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı), **Enerji Sektörü Raporu (TR63 Bölgesi Enerji Sektör Raporu)**, 2014, s.3.

timi 2013 yılında iyice gerilemiştir. Bu yılda gerçekleşen yaklaşık 2 milyon ton düzeyindeki taşkömürü üretimi, 2004 yılında gerçekleşen üretimle birlikte son 70 yılın en düşük üretimi olmuştur[175].

1.1.1.1.Türkiye'de Kömür Enerji Kaynakları

Türkiye'de kömür üretimi, tüketimi ve işletmeciliği bazı ülkelere göre oldukça geç başlamıştır. Osmanlılar'da linyit ve maden kömürünün keşfi ve kullanımından önce ağaç kömürü kullanılmıştır. 19. yüzyılda aralarında maden kömürü ve linyitin de bulunduğu yeni madenlerin keşfiyle, Anadolu'da madenciliğin alanı genişlemiştir. Maden kömürü Yakındoğu'da pek rastlanmamakla birlikte, Anadolu'da Zonguldak havzasında 1829'da keşfedilmiştir. Fakat 1848'de işletilmeye başlanmıştır. Ancak burada kömürün keşfinden uzun süre gereği gibi yararlanılamamıştır. Zonguldak Havzası kömürleri işletmeye açıldığında Osmanlılar, geniş bir sanayi ve kullanım alanına sahip değildir. Bu nedenle gereksinimleri de fazla değildir. Ancak iç tüketimin artması ve fiyatların uluslararası piyasalarda yükselme başlamasıyla birlikte, havzada üretimi teşvik edecek elverişli koşullar ortaya çıkmıştır[176].

Grafik 25: Türkiye Taşkömürü Üretimi



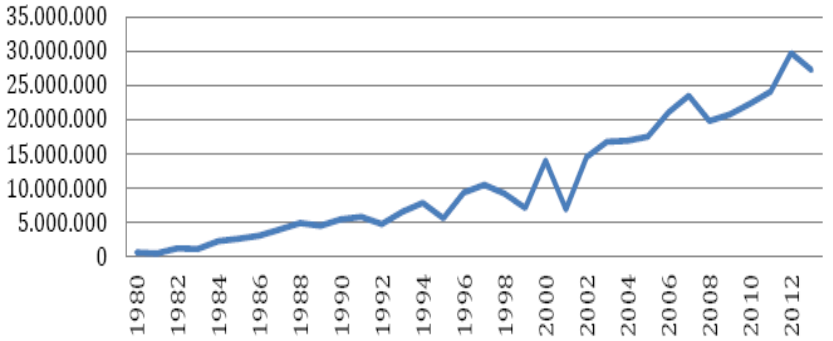
Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.19.

175 Türkyılmaz, **a.g.e.** 3.

176 Şerife Yorulmaz, "Türkiye'de Kömürün Keşfi ve Kömür İşletme İmtiyazları (1829-1937)", **Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı**, 10-12 Haziran 1998, Bartın-Amasra, s. 284.

Türkiye'de 2012 yılında satılabilir kömür üretimi 68,1 milyon ton linyit, 2,3 milyon ton taşkömürü ve 1 milyon ton asfaltit[177] olmak üzere bir önceki yıla göre % 6,4 azalmıştır. Toplam 71,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 1980'li yıllardan itibaren düşme eğilimine giren taşkömürü üretimi, 2004 yılında 1,9 milyon tona gerilemiştir. Bu tarihten sonra tekrar yükselişe geçen satılabilir taşkömürü üretimi 2012 yılında 2,3 milyon ton düzeyine çıkmıştır. 2013 yılında ise bir önceki yıla göre % 17,4 oranında gerileyerek 1,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Zonguldak Havzası'nda 2004 yılından itibaren özel firmalara kömür üretimi uygulaması başlatılmıştır. 2013 yılında özel sektör tarafından üretilen taşkömürü, toplam üretimin yaklaşık % 28,7'si oranındadır[178].

Grafik 26: Türkiye Kömür İthalatı (Ton)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.,** s.24.

Türkiye'de 1980'li yıllardan önce düşük miktarlarda başlayan kömür ithalatı, 1990'lı yıllarda 10 milyon tonun ve 2000'li yıllarda ise 20 milyon tonun üzerine çıkmıştır. Kömür ithalatındaki artış oranı son on yılda % 106 ve son yirmi yılda ise % 540 oranındadır. 2012 yılında kömür ithalatı bir önceki yıla göre yaklaşık % 24 artış göstere-

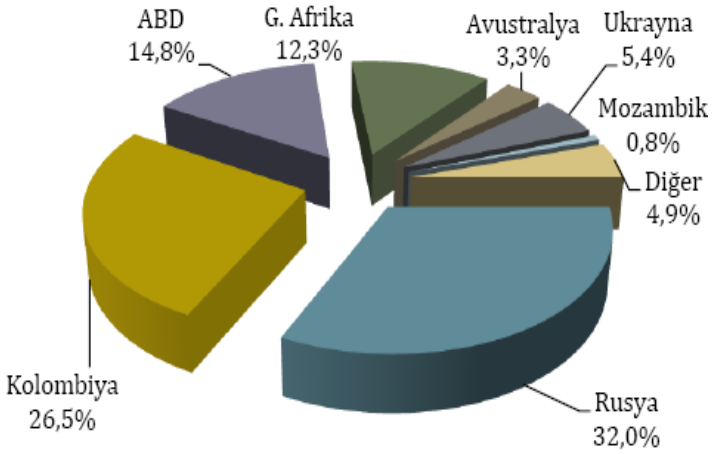
[177] Asfaltit, petrol kökenli katı bir yakıt olup yüksek yumuşama noktasına sahip doğal asfalt benzeri bir maddedir.

[178] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s.19.

rek, 30 milyon ton düzeyine yükselmiştir. 2013 yılında ise bir önceki yıla göre % 8,6 azalarak 27,2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Son yıllarda kömür ithalatındaki artışın en önemli nedeni, elektrik üretimi amaçlı kullanılacak buhar kömürlerine olan talepteki ciddi artıştır[179].

Kömür sektörü bir ülkenin kalkınmasında önemli rol oynamaktadır. Çünkü kalkınma sürecinde olan ülkeler, üretim artışı sağlamak için enerjiye daha fazla ihtiyaç duymaktadırlar. Yeraltı kaynakları açısından zengin olan ülkeler bu ihtiyaçlarını gidermede sorun yaşamamaktadırlar. Yeterli yeraltı kaynağı olmayan ülkeler ise bu kaynakları ithal etmek zorunda kalmaktadırlar. Bu durum, ülkeler açısından döviz kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut yeraltı kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir[180].

Grafik 27: Kömür İthalatında Ülke Payları (2013)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.,** s.19.

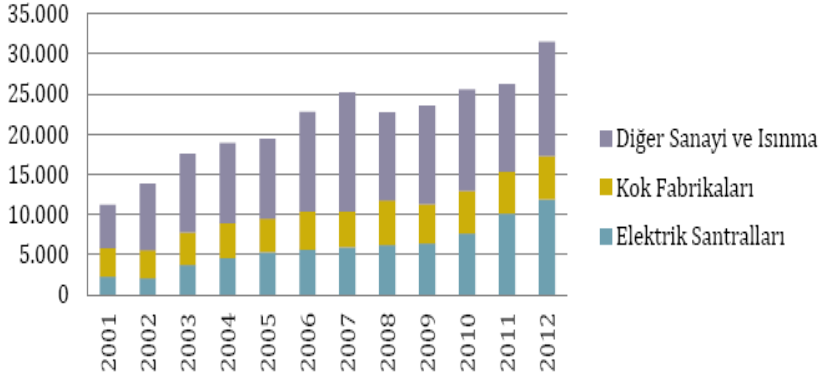
179 **A.e.** s.24.

180 Funda Çondur, Umut Evlimoğlu, "Türkiye'de Madencilik Sektörünün Girdi-Çıktı Analizi Yöntemiyle İncelenmesi", **Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı: 17, 2007, ss. 25-41, s. 26.

2013 yılında kömür ithalatının yaklaşık 8,7 milyon tonu Rusya Federasyonu'ndan, 7,2 milyon tonu Kolombiya'dan, 4 milyon tonu ABD'den ve 3,3 milyon tonu Güney Afrika Cumhuriyeti'nden yapılmıştır. Bu ülkeleri 1,5 milyon ton ile Ukrayna ve 0,9 milyon ton ile Avustralya izlemektedir[181].

Türkiye'nin ithalatı içinde önemli paya sahip olan kömür ithalatı, dış ticaret açığının ve buna bağlı olarak cari işlemler açığının artmasına neden olmaktadır. Özellikle 2000 yılından sonra enerji dışarıda tutulduğunda, cari dengenin GSYİH'ya oranında iyileşme olduğu belirlenmiştir[182].

Grafik 28: Kullanım Yerlerine Göre Taşkömürü Tüketimi (Ton)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.,** s.19.

Türkiye'de 2012 yılında tüketilen kömür, 31,5 milyon tonu yerli ya da ithal taşkömürü ve 68,5 milyon tonu ise linyit olmak üzere toplam 100 milyon ton olmuştur. 2012 yılı taşkömürü arzının % 37,7 oranındaki en büyük kısmı elektrik üretiminde ve % 31,5 oranındaki

181 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s. 24.

182 Metin Bayrak, Ömer Esen, "Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar", **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 28, Sayı: 3, 2014, ss. 139-158, s. 147.

kısmı ise ısınma amaçlı olarak tüketilmiştir. Kok[183] fabrikalarının payı % 17,1 ve diğer sanayinin payı ise % 13,7 düzeyindedir. Taşkömürü tüketiminde elektrik santrallerinin payı giderek artmaktadır[184].

Tablo 18: İşletmedeki İthal Kömür Santralleri

Santral Mülkiyeti	Yeri	Kurulu Gücü (MWe)	Açıklama
İsken Sugözü Enerji Santrali	Adana-Yumurtalık	1.320	İşletmede
İçdaş Çelik Enerji Ters.ve Ulş. San. AŞ	Biga -ÇANAKKALE	405	İşletmede
İçdaş Elektrik Enerjisi Ürt. ve Yat.AŞ	Biga -ÇANAKKALE	1.200	600 MW işletmede
Kahramanmaraş Kağıt San. ve Tic. AŞ	Merkez -K.MARAŞ	9,7	İşletmede
Çolakoğlu Metalurji AŞ	Gebze -KOCAELİ	190	İşletmede
Eren Enerji Elektrik Üretim AŞ	Çatalağzı - ZONGULDAK	2.590	1390 MW işletmede

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s. 30.

Türkiye'de işletmede olan 6 adet ithal kömür santrali bulunmaktadır. Toplam kurulu gücü 3.913 MW olan bu santrallerin iki adedi Çanakkale Biga'da, diğerleri Adana-Yumurtalık, Kahraman Maraş, Kocaeli-Gebze ve Zonguldak-Çatalağzı'nda kurulmuştur.

Türkiye'de kömüre verilen desteklerden en önemlisi, Hazine'den transfer ödemeleri yoluyla taşkömürü endüstrisine verilen mali yardımlardır. Bu transferler çoğunlukla taşkömürü ithalatını sübvanse etmek için kullanılmaktadır. Çünkü yerli kaynaklar, ancak toplam talebin onda birinden daha azını karşılamaktadır. Ayrıca bu arzın maliyeti uluslararası fiyatların oldukça üzerindedir. Bu transferler

[183] Kok, bazı yağlı taşkömürlerinin havasız ortamda tüm uçucu bileşenleri uzaklaştırılana kadar ısıtılmasından sonra kalan katı artıktır.

[184] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s. 25.

yıllık olarak 260 milyon USD ile 300 milyon USD aralığında değişmektedir. Kömüre sağlanan diğer teşvikler aşağıda belirtildiği gibidir[185];

- Araştırma ve Geliştirme (AR-GE) masrafları: Hükümet fosil yakıt sektörünü AR-GE masrafları konusunda desteklemektedir. Çeşitli fosil yakıtları arasında kömür en fazla payı almaktadır. 2009 yılında kömür AR-GE'si için hükümet tarafından 2.6 milyon TL harcanmıştır.
- İyileştirme desteği: Devlet taşkömürü madenleri ve kömür santrallerinin iyileştirilmesi için fon sağlamıştır.
- Maden arama için verilen devlet desteği: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 dönemi için, kömür, petrol ve gaz arama çalışmalarına ayırdığı bütçeyi 35 milyon ile 51 milyon TL arasında açıklamıştır.
- Kömür yakıtlı elektrik santrallerine yapılan kamu harcaması: Yeni kömür santrallerine ayrılması planlanan bütçe, 2013 yılı için 28 milyon TL (yaklaşık 15 milyon USD), 2014 yılı içinse yaklaşık 31 milyon TL (yaklaşık 14 milyon USD) olarak belirtilmiştir. Bu rakamlar, 2013 yılı sonuna kadar tamamlanacak olan 3,500 MW gücündeki yerli kömür yakıtlı yeni termik santralleri de kapsamaktadır.
- Yoksul ailelere kömür dağıtımı, Türkiye'de tüketicilere sağlanan kömür teşviklerinin tek türüdür. Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı Sosyal Yardımlar Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen bu program 2003 yılından beri uygulanmaktadır. Başlangıcından itibaren 2 milyonun üzerinde hane, bu teşvikten yararlanmıştır. Türkiye Taşkömürü İşletmeleri tarafından temin edilerek yoksul ailelere gönderilen kömür miktarı hane başına en az 500 kg'dır. Yardımın değeri 2009 yılında yaklaşık 600 milyon TL (243,052,746 USD) iken, 2013 yılında bu değer 700 milyon TL (283,561,537 USD) seviyesinin üzerine çıkmıştır.

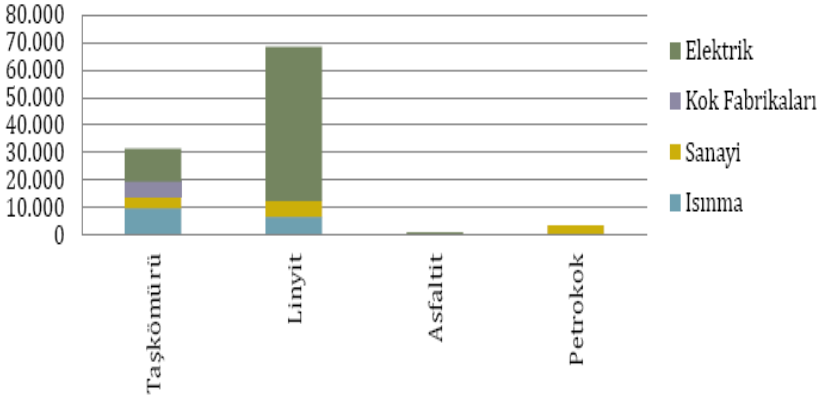
Türkiye'de çıkan linyitler düşük kaliteli olmasına rağmen, ülkenin en ümit verici kaynaklarından bir tanesidir. Ülkede linyit kaynaklarının üretimi devlet tarafından desteklenmektedir[186].

---

185 Acar, Kitson, Bridle, **a.g.e.** s. 9-11.

Türkiye'de yaygın olarak termik santrallerde elektrik enerjisi üretmek için, düşük kalitede linyit kömürü kullanılmaktadır. Bununla birlikte linyit kömürünün kullanım alanları termik santraller, ısıtma sektörü ve sanayi sektörüdür[187].

Grafik 29: Kömür Arzının Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı (Bin Ton-2012)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.,** s. 26.

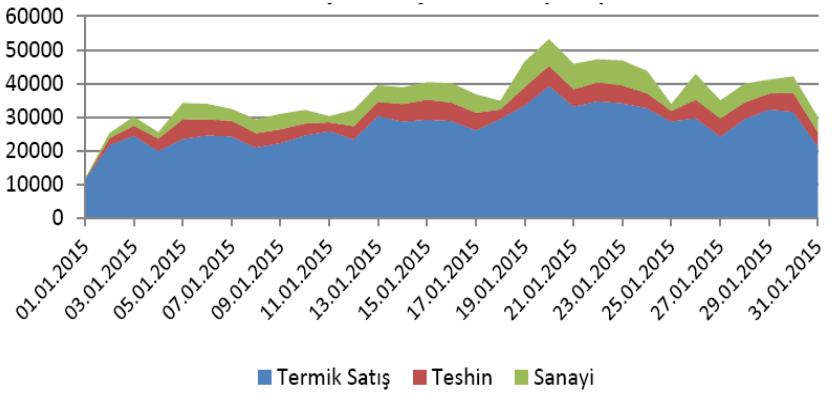
2012 yılında üretilen 68,1 milyon ton linyitin % 81,7'si elektrik üretimi amacıyla termik santrallerde tüketilmiştir. Sanayi sektörlerinde kullanım payı %8,6 ve konut-işyerlerinde kullanım payı ise % 9,7 düzeyindedir. Elektrik üretiminde kullanılan linyitlerin ısıl değerleri sanayi ya da ısınmada kullanılan kömürlere nazaran çok daha düşüktür. 2012 yılında tüketilen linyit enerjisinin % 65'i elektrik üretiminde, % 15'i sanayi sektörlerinde ve % 20'si ise konut ve işyerlerinde tüketilmiştir. Petrokok ithalatının tamamı ise önemli kısmı çimento fabrikaları olmak üzere sanayi sektörlerinde tüketilmiştir[188].

2013'de üretilen 57,5 milyon ton düzeyindeki linyit üretimi ise 2000 yılı üretimine göre % 5,5 oranında gerilemiştir. Oysa dönem

186 Atılgan, **a.g.e.** s. 33.
187 Karadayı, Ergan, **a.g.e.** s. 113.
188 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, **a.g.e.** s. 26.

içerisinde linyit rezervleri yaklaşık 2 kat artmıştır. Diğer yandan kömür üretimi gerilese de, kömür tüketimi 2013'de 2000 yılına göre % 38 oranında artmıştır. Aradaki fark ithalat ile karşılanmıştır. 2000 yılında yerli üretimin kömür tüketimini karşılama oranı % 56 düzeyindeyken, 2013 yılında bu oran % 48'e gerilemiştir. Petrol üretimi 1990'lı yılların başında 4,5 milyon ton düzeyindeyken, 2013 yılında 2,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Petrol üretimindeki gerileme, 2000 yılına göre yaklaşık % 14 oranındadır. Türkiye, 2000 yılında petrol tüketiminin % 9'unu yerli üretimle karşılamıştır. 2013 yılında bu oran % 7,3'e düşmüştür. 2000 yılında 640 milyon m^3 olan doğal gaz üretimi, 2008 yılında 1 milyar m^3'e çıkarılmıştır. Ancak daha sonra üretim gerilemeye başlamıştır. 2013 yılında ancak 540 milyon m^3 olarak gerçekleştirilebilmiştir. Türkiye doğal gaz tüketiminin % 1,2'sini yerli üretimle karşılayabilmektedir[189].

Grafik 30: Linyit Satış Miktarı (Ton)



Satış Miktarı	2014-2015 Ocak Değişim (%)
Termik	3 (-)
Teshin	21 (-)
Sanayi	50 (-)

Kaynak: Esra Karakış, **Aylık Enerji İstatistikleri Raporu-5**, EİGM Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Mayıs 2015, s. 7.

189 Türkyılmaz, **a.g.e.** 3.

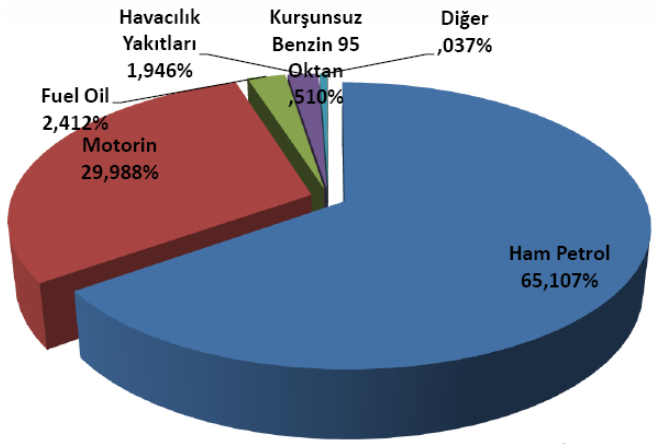
2015 Ocak ayı sonu itibariyle toplam linyit satış miktarı 1.125.423 ton'dur. Termik, teshin ve sanayiye yapılan toplam satış miktarları ise sırasıyla 843.553, 137.546 ve 144.325 ton'dur[190].

1.1.1.2.Türkiye'de Petrol Enerji Kaynakları

Dünyanın en önemli enerji ve endüstri hammaddesi petroldür. Türkiye, jeolojik yapısı nedeniyle, ham petrol açısından zengin değildir. Ham petrol sahaları Güneydoğu Anadolu'dadır. En büyük petrol sahası da Batı Raman'dır[191].

Türkiye'de ilk sondaj faaliyeti, 1890 yılında İskenderun'un Çengen yöresinde gerçekleştirilmiştir. 1926'da ilk Petrol Kanunu yürürlüğe girmiştir. 1940 yılında ise Batman'da açılan Raman-1 kuyusunda, Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk petrol keşfi yapılmıştır[192].

Grafik 31: Türkiye'de Petrol İthalatı (2011)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 26.

190 Karakış, **a.g.e.** s. 7.

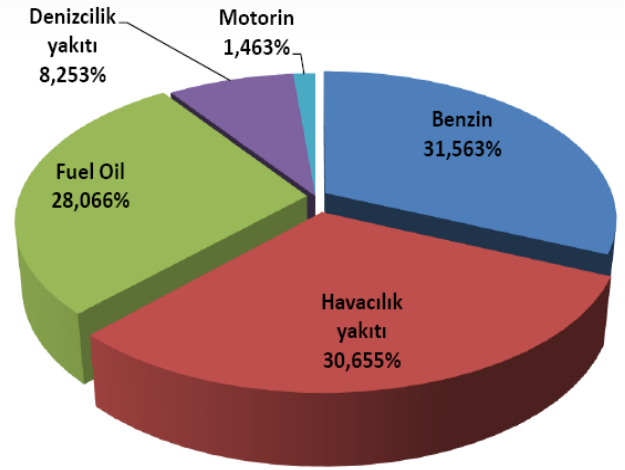
191 Ülker Güner Bacanlı, "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi", **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi**, s. 94.

192 Nusret Cömert, "Türkiye'nin Petrol Potansiyeli ve Yeni Petrol Kanunu", **PETFORM Yayını**, s. 4.

Türkiye'de 2011 yılı petrol üretimi 2.285.103 tondur. Akaryakıt satışları 19.349.261 ton ve aynı yıl için petrol ithalatı 27.722.652 tondur. Akaryakıt satışları, % 76 motorin, % 14 LPG ve % 10 benzinden oluşmaktadır[193].

Türkiye Azerbaycan, Rusya, Irak, Iran, Mısır ve Türkmenistan gibi Hazar Havzası ve Orta Doğu ülkelerinin petrol gibi enerji kaynaklarının, başta Avrupa olmak üzere uluslararası piyasalara ulaştırılmasında koridor ülke konumundadır. Ayrıca, 2007'de BP'nin Batı Nil Deltası'nda[194] gaz bulmasının ardından, Mısır gazının taşınmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye, petrolün yanı sıra sıvılaştırılmış gazın uluslararası piyasalara gemilerle taşınmasında yine kilit bir ülke haline gelecektir. Bu nedenle Türkiye'nin transit konumu tüketici ülkelerin yanı sıra üretici ülkeler açısından da oldukça önemsenmektedir[195].

Grafik 32: Türkiye'de Petrol İhracatı (2011)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**,s.26.

193 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 26.

194 Nil Nehri'nin Kuzey Mısır'dan Akdeniz'e döküldüğü bölgedir.

195 Ayhan Veysel, "Avrupa'nın Enerji Arz Güvenliğinde Türkiye: Petrol, Doğal Gaz ve Entegrasyon", **Uluslararası İlişkiler**, Cilt 5, Sayı 20 (Kış 2009), ss. 155-178, s. 163-164.

Türkiye'deki petrol boru hatları ve projeleri aşağıda belirtildiği gibidir[196];

- Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı: 19 Eylül 2010 tarihinde mevcut anlaşmalarda değişikliğe gidilmiş ve 15 yıl süreli "Değişiklik Anlaşması" imzalanmıştır.
- Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı: 4 Haziran 2006 tarihinde Ceyhan'dan ilk tanker yüklenmiştir. Günümüze kadar yaklaşık 190 milyon ton ham petrol taşınmıştır.
- Samsun-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi: Türk Boğazları'ndaki tanker trafiğinin hafifletilmesi amacıyla geliştirilmişir. 6 Ağustos 2009 tarihinde Rusya'nın petrol taahhüdüne ilişkin Protokol imzalanmıştır. Ancak petrol taahhüdünün sağlanamaması en önemli problemdir.

Türkiye'nin Ceyhan terminali Irak'ın en önemli petrol ihraç limanıdır. Bakü- Ceyhan boru hattı sayesinde Ceyhan terminali Hazar Havzası'nın potansiyel ihraç limanı olma konumundadır. İstanbul ve Çanakkale boğazları ise petrol taşımacılığında Süveyş Kanalı ile birlikte dünyanın en önemli deniz güzergahları arasında yer almaktadır. Kerkük-Yumurtalık ve Bakü-Ceyhan petrol boru hattı ile Türk boğazları petrol taşımacılığında oldukça önemli güzergahlar olmuşlardır. Tam kapasite çalışması durumunda günlük 1,4 milyon varil kapasiteli Kerkük-Yumurtalık hattından, yılda 70 milyon ton (yaklaşık 514 milyon varil) petrol ihraç edilebilmektedir. Bununla birlikte 1977 yılında tamamlanan boru hattı Irak'ın en önemli petrol ihraç güzergahı olma özelliğini korumaktadır. Kerkük-Ceyhan sayesinde AB ülkeleri Irak petrolüne doğrudan Akdeniz üzerinden ulaşabilmektedir. Son yıllarda Körfez'de yaşanan ABD-İran gerginliği ve özellikle Irak'ın kuzeyinde yoğunlaşan petrol aramaları da dikkate alındığında, bu hattın hem Irak hem de AB ve ABD açısından daha da önemli hale geldiği belirtilmektedir. Ceyhan terminali aynı zamanda Hazar Havzası, enerji kaynaklarının Avrupa pazarına güvenli taşınmasında da oldukça stratejik bir rol oynamaktadır[197].

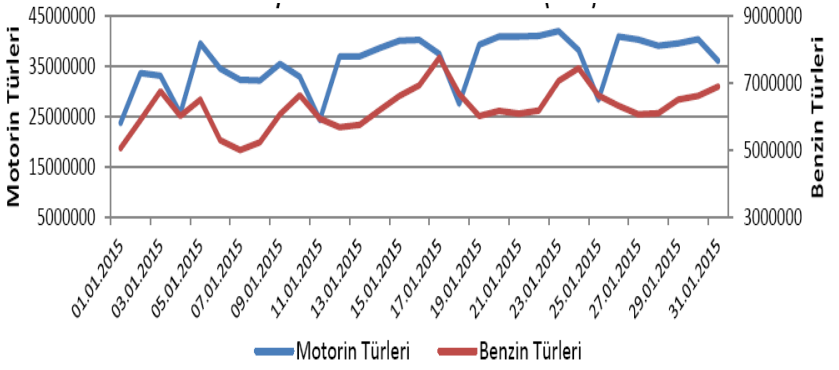
---

196 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 59.

197 Ayhan, **a.g.e.** s. 164.

Türkiye'deki hatların ağırlıklı bölümü ülke çapındadır ve dağıtım hatlarıdır. Geri kalan hatlar ise sınır aşan hatlardır. Irak-Türkiye ham petrol boru hattı ve Bakü-Tiflis-Ceyhan ham petrol boru hattı sınır aşan nitelikteki petrol boru hatlarıdır[198].

Grafik 33: Akaryakıt Günlük Tüketim Miktarı (Litre)



Kaynak: Karakış, a.g.e. s. 7.

Akaryakıt bayileri aracılığıyla yapılan motorin ve benzin türündeki pompa satışlarının günlere göre dağılımı grafikte verilmektedir. Ocak ayına ait tüketimler incelendiğinde, motorin tüketiminin pazar günleri azaldığı, benzin tüketimlerinin cumartesi günleri arttığı görülmüştür. 2015 yılı Ocak ayı motorin ve benzin tüketimleri 2014 yılının aynı ayına göre sırasıyla %9 ve %8 oranında artmıştır. 2015 yılı Ocak ayındaki kişi başı motorin ve benzin tüketimleri, 2014 yılının aynı ayına göre sırasıyla % 7 ve % 6 artarak yaklaşık 14 lt ve 2 lt olarak gerçekleşmiştir[199].

---

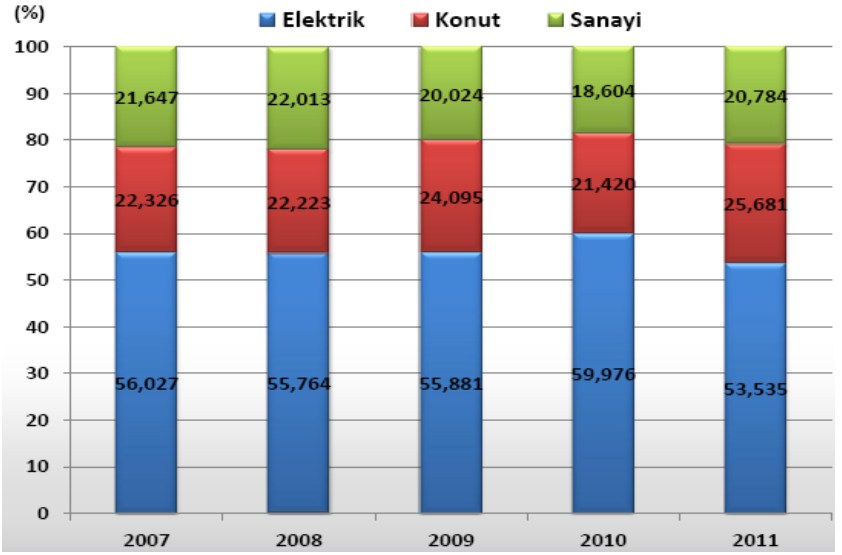
198 Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kurumu (USAK) Enerji Güvenliği Araştırmaları Merkezi, **Boru Hatlarının Güvenliği Özelinde Türkiye'de Kritik Enerji Altyapısı ve Güvenliği**, Kritik Enerji Altyapı Güvenliği Projesi Sonuç Raporu, No: 4, Ankara, s. 9.

199 Karakış, **a.g.e.** s. 7.

1.1.1.3.Türkiye'de Doğalgaz Enerji Kaynakları

Türkiye, doğal gaz açısından zengin degildir. Ülke doğal gaz ithal edilen bir ülkedir ve dışa bağımlı bir enerji kaynağı durumundadır. Doğalgaz üretimi, tüketimin yaklaşık % 6,5'i kadardır. Türkiye'ye ithal edilen doğalgazın büyük bir kısmı Rusya'dan sağlanmaktadır[200].

Grafik 34: Sektörlere Göre Doğal Gaz Tüketimi (2007-2011)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 28.

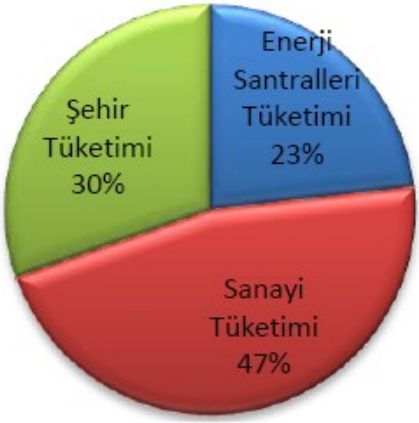
2011 yılı doğalgaz üretimi 793.397.572 m^3'dür[201]. 2007 yılında doğalgaz santrali kökenli elektrik tüketimi ise % 56 ken, bu oran 2011 yılında % 53,5'e düşmüştür. 2007-2011 dönemi içnde sadece konut sektöründe doğal gaz tüketimi artış göstermiştir. 2007 yılında bu oran % 22,3 iken, 2011 yılında % 255,6'ya yükselmiştir.

---

200 Bacanlı, **a.g.e.** s. 94.

201 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 28.

Grafik 35: Doğal Gaz Tüketim Oranı (2015- %)



Kaynak: Karakış, **a.g.e.** s.6.

2015 Ocak ayı sonu itibariyle enerji santralleri sanayi ve şehir tüketim miktarları sırasıyla 1.268.365 bin stdm^3, 2.533.735 bin stdm^3 ve 1.655.959 bin stdm^3'dür[202].

Doğal gaz tüketiminde en yüksek paya % 47 ile sanayi tüketimi sahiptir. Şehir ve enerji santralleri ise tüketim paylarının sırasıyla % 30 ve % 23'ünü oluşturmaktadır.

2011 yılı doğalgaz ithalatı 43.9 milyar m^3'dür[203]. En fazla doğalgaz ithalatı yaptığımız ülke 2011 yılı için % 58'lik pay ile Rusya'dır. İkinci sırada ise İran bulunmaktadır. İran'ın payı % 19'dur.

Türkiye enerji üreticisi Asya ülkeleriyle ile enerji tüketicisi Avrupa ülkeleri arasında doğal bir köprü konumundadır. Dünyanın bilinen doğalgaz ve petrol rezervlerinin % 70'i Türkiye'ye komşu Kafkasya, Orta Doğu ve Orta Asya bölgelerindedir. Türkiye her ne kadar enerji üreticisi olmasa da, sahip olduğu konum nedeniyle transit ülke olarak, enerji politikalarında önemli rol oynamaktadır[204].

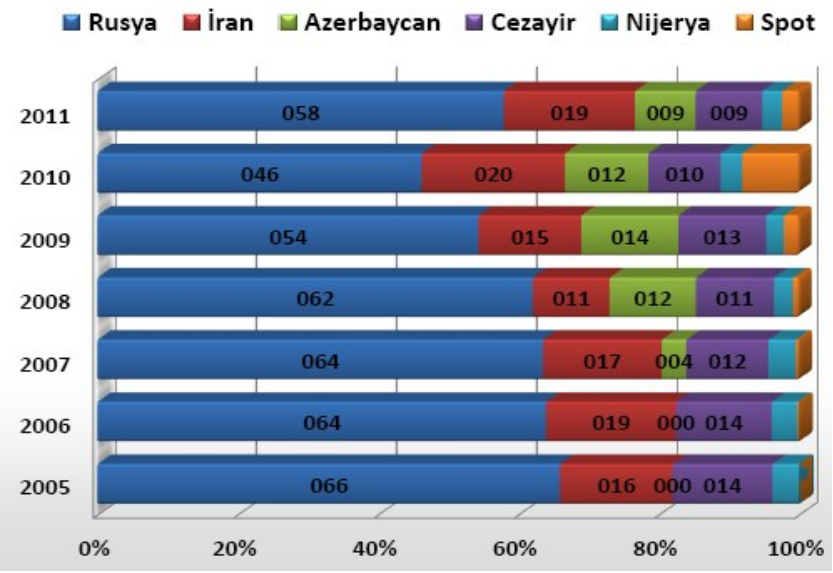
---

202 Karakış, **a.g.e.** s. 6.

203 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 29.

204 Ufuk Kantörün, "Bölgesel Enerji Politikaları ve Türkiye", **Bilge Strateji**, Cilt 2, Sayı 3, Güz 2010, ss. 87-114, s. 87.

Grafik 36: Doğal Gaz İthalatı (%; 2005-2011)



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 29.

Türkiye, petrolün yanı sıra AB'nin artan doğal gaz ihtiyacını karşılayacak güvenli bir transit ülke olarak dikkat çekmektedir. Türkiye toprakları üzerinde inşa edilen doğal gaz boru hatlarının başında Rusya-Avrupa-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı, Mavi Akım, Güney Kafkasya Gaz Boru Hattı (Bakü-Tiflis-Erzurum Hattı) ve İran-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı gelmektedir. Rusya Federasyonu-Avrupa-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı yıllık 14 milyar m^3, Mavi Akım 16 milyar m^3, Güney Kafkasya Gaz Boru Hattı 6,6 milyar m^3 ve İran-Türkiye doğal gaz boru hattı da 10 milyar m^3 kapasiteye sahiptir. 1996 yılında imzalanan doğal gaz alımı anlaşmasına göre Türkiye İran'dan 22 yıl süre ile doğal gaz alacak, bu alım yıllık 3 milyar m^3 düzeyinden başlayıp, 10 milyar m^3 düzeyine çıkacaktır. Güney Kafkasya Gaz Boru Hattı ise yıllık 2 milyar m^3 düzeyinden 6,6 milyar m^3'e çıkacaktır.

Tüm hatların tam kapasite ile çalışması durumunda Türkiye'ye yıllık 62 milyar m^3 doŞal gazın gelmesi söz konusu olacaktır[205].

Doğalgaz boru hatları ve projeleri aşağıda belirtildiği gibidir[206];

- Türkiye-Yunanistan-İtalya Doğalgaz Bağlantısı: 26 Temmuz 2007'de Türkiye-Yunanistan-İtalya arasında Hükümetlerarası Anlaşma imzalanmıştır. 18 Kasım 2007'de Yunanistan'a gaz arzı başlamıştır. 2017'de Yunanistan-İtalya bağlantısının işletmeye alınması planlanmaktadır.
- Nabucco Doğalgaz Boru Hattı Projesi: 13 Temmuz 2009 tarihinde IGA (Inter Governmental Agreement- Hükümetler Arası Anlaşma) imzalanmıştır. Proje Destek Anlaşmaları, 8 Haziran 2011 tarihinde imzalanmıştır. 2013 yılı içerisinde inşaata başlanması ve 2017 yılı içerisinde işletmeye alınması planlanmaktadır.
- Irak-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı Projesi: Proje, Türkiye ve Avrupa'nın arz güvenliği açısından büyük potansiyele sahiptir. 15 Ekim 2009 tarihinde Türkiye ve Irak arasında bir doğalgaz koridoru geliştirilmesi için çalışmalar yürütülmesi konusunda imza atılmıştır.
- Hazar Geçişli Doğalgaz Boru Hattı Projesi: 29 Ekim 1998 tarihinde Türkiye ve Türkmenistan arasında anlaşma imzalanmıştır. 30 bcm gazın 16 bcm'i Türkiye'ye, kalanı ise Türkiye üzerinden Avrupa'ya gönderilecektir. Hazar'ın statüsüne ilişkin sorun devam etmektedir.
- Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP): Azerbaycan Şah Deniz Faz 2 doğal gazının, 6 milyar metre küplük kısmının Türkiye'ye satılması ve 10 milyar metre küplük kısmının ise TANAP yoluyla Avrupa'ya taşınması konularını içermektedir. Anlaşma 25 Ekim 2011 tarihinde imzalanmıştır. Halihazırda TANAP Projesine ilişkin Hükümetlerarası Anlaşma ve Ev Sahibi Hükümet Anlaşması üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

---

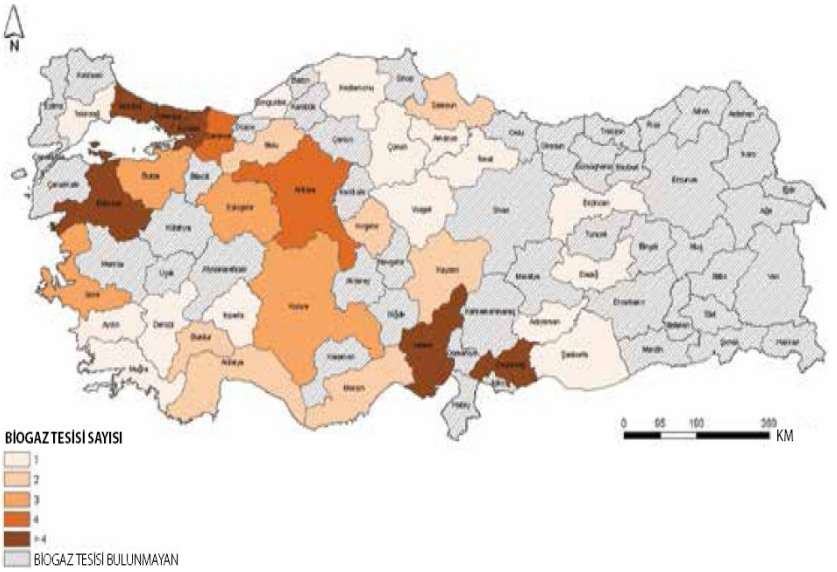
205 Ahan, **a.g.e.** s. 167.

206 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 60.

1.1.1.4. Türkiye'de Geleneksel Biyokütle (Bitki ve Hayvan Atıkları) Enerji Kaynakları

Dünyadaki nüfus artışı ve gelişen teknolojiyle beraber enerjiye olan gereksinim artmaktadır. Bu durum yeni enerji kaynakları bulma ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu anlamda mevcut enerji kaynaklarına ek olarak biyokütle enerjisi üretimi ile bu soruna alternatif çözümler aranmaya başlanmıştır. Türkiye'de de biyokütlenin enerji üretiminde değerlendirilmesi konusu önemini arttırmaktadır[207].

Şekil 6: Türkiye'de Kurulu Biyogaz Santralleri



Kaynak: Türk-Alman Biyogaz Projesi; Türkiye Biyogaz Potansiyel Raporu, 2013

Türkiye'de biyogaz üretimine yönelik büyük ve kullanılmayan bir potansiyel bulunmaktadır. Alman Biokütle Araştırmaları Merkezi tarafından Türk uzmanları ile işbirliği içerisinde yapılan araştırmaya

207 Selman Karayılmazlar, Nedim Saraçoğlu, Yıldız Çabuk, Rıfat Kurt, "Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi", **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt: 13, Sayı: 19, 2011, ss. 63-75, s. 63.

göre, Türkiye'nin elektrik ihtiyacının azami % 12'si biyogazdan elde edilebilir durumdadır. Biyogaz potansiyeli içerisinde yaklaşık olarak % 40'lık bir orana sahip olan sığır gübresi (katı ve sıvı faz karışık) ve tavuk gübresi en önemli substratları[208] teşkil etmektedir. Türkiye'de 2023 hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlara paralel olarak biokütle enerjisine dayalı santrallerin kurulumu hız kazanmıştır. Türkiye'de TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi) tarafından kurulan örnek tesis olmak üzere, 85 tane biyogaz santrali mevcuttur. Santraller daha çok Kocaeli, İstanbul, Balıkesir ve Gaziantep şehirlerinde yoğunlaşmıştır[209].

Tablo 19: Türkiye'de Kurulu Biyogaz İşletmeleri Kapasite Bilgileri

	İşletmedeki	İşletmedeki	Planlamadaki Tesis	Toplam Biyogaz	Toplam
	Tesisler	Kapasite	Kapsitesi	Potansiyeli	Kapasite (mW)
Tarım (hayvansal atıklar)	2	0,68	11,99	14	12,58
Gıda Sanayi (atık su, organik atık)	17	13,68	3,88	19	17,56
Belediye (çöp gazı, atık su)	17	96,98	34,72	29	131,7
Belediye (çöp gazı)	13	93,04	32,03	22	125,08
Belediye (atıksu)	4	3,94	2,69	7	6,62
Sınıflandırılmamış	0	0	61,16	23	61,16
Toplam	36	111,23	111,76	85	222,99

Kaynak: Türk-Alman Biyogaz Projesi, **Türkiye Biyogaz Potansiyel Raporu**, 2013

208 Substrat, biyokimyada enzimlerin tepkimelerinde işlenen maddelere verilen addır. Kimyasal tepkimeler sonucunda, enzimler vücuttaki biyokimyasal işleyişi hızlandırırlar. Substrat ise sentezlenen veya ayrışan maddelere verilen isimdir.

209 Yeşil, **a.g.e.** 58.

Türkiye, sadece hayvan atıkları ile çalışabilecek, 2.000 adet biyogaz tesisi kapasitesine sahipir. Ancak mevcut durumda 36'sı çalışmakta olan toplam 85 biyogaz tesisi bulunmaktadır[210].

Türkiye'de kurulu biyogaz santrallerinin büyük bir kısmı belediyeler tarafından çöp gazı ve atık sıvı geri dönüşüm tesisleri olarak kurulmuştur. Teşvikler ile özel firmalar aracılığıyla organik ve tarımsal atıklara yönelik biyogaz santralleri de kurulmaktadır[211].

1.1.1.5. Türkiye'de Nükleer Enerji

Türkiye, 1955 yılında ABD ile Nükleer Enerjinin Barışçıl Amaçlarla Kullanılmasına Dair İşbirliği Anlaşması'nı imzalayan ilk ülkedir. Bu anlaşma 1956'da yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmadan sonra 1956 yılında İstanbul Üniversitesi ile İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) anlaşarak, bir nükleer araştırma merkeziyle (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi-ÇNAEM), bu merkezde bir araştırma reaktörü kurulması için ortak bir komite oluşturmuştur. 1956'da ülkedeki bütün nükleer faaliyetleri yürütecek Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) kurulmuştur. 1957 yılında Uluslararası Enerji Ajansı'na (UAEA) üye olunmuştur. AEK 1982'de nükleer faaliyetleri yürütmek üzere Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) adlı bir kurum haline getirilmiştir. 2008 yılında Nükleer Güç Santrallarının Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun Kapsamında Yapılacak Yarışma ve Sözleşmeye İlişkin Usul ve Esaslar ile Teşvikler Hakkında Yönetmelik çıkarılmıştır[212].

Türkiye ise 2023 yılına kadar 2 nükleer santrali işletmeye almayı ve üçüncünün de inşaatına başlamayı planlamaktadır. Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin işletmeye alınması durumunda 7,5 milyar m^3 ve Sinop NGS'nin devreye alınması durumunda 16 milyar m^3 kadar doğalgaz ithal etmekten ve yıllık 7,2 milyar ABD Doları ödemekten kurtulunacaktır. Akkuyu NGS inşaatının ilk ünitesi 2019 yılında devreye girecektir. Akkuyu ve Sinop NGS'leri çalıştığında, bu santraller 1 yılda yaklaşık 80 Milyar kWh elektrik üretecektir. Yakıt maliyeti her iki santral için yıllık yaklaşık olarak 720 milyon ABD Dolarıdır. 80

---

210 IEA **Bioenergy Task: 37**, 2011.
211 Yeşil, **a.g.e.** 58.
212 ETİMENKUL, **a.g.e.** s. 42.

Milyar kWh elektrik üretimi için 16 Milyar m^3 doğalgaza ihtiyaç vardır. Doğalgaz maliyeti yaklaşık olarak 7,2 milyar ABD Dolarıdır[213].

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 57.

Türkiye için nükleer santral oldukça gereklidir. Çünkü Türkiye'de elektrik talep artışı yıllık yaklaşık %7-8 civarındadır. Bu oranla Türkiye, elektrik tüketim talep artışında dünyada Çin'den sonra ikinci sıradadır. Ülkenin 2023 yılında kurulu gücünün 110.000-130.000 MW arasında olması, elektrik tüketiminin 500 milyar kWh olması öngörülmektedir. Elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılan doğalgaz ve sıvı yakıtların neredeyse tamamı, kömür yakıtların ise yaklaşık % 30'u ithaldir[214].

Türkiye, bir tanesi Rus Rosatom kurumuna bağlı Rus Atomstroyexport (ASE) kuruluşu tarafından inşa edilmek üzere, 2023 yılına

---

213 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 56-57.

214 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 58.

kadar toplam 15,000 megawatt (MW) kapasiteli üç nükleer santralini devreye almayı hedeflemektedir. Türkiye'nin sürdürülebilir bir enerji geleceğine ulaşması yolunda nükleer enerjiden elektrik üretmesinin, ancak çeşitli çevresel risklerin asgariye indirilmesi ve toplumsal sosyal kabulün sağlanması durumunda mümkün olacaktır[215].

Yenilenebilir enerji santralleri iklim koşullarına bağlı alternatif enerji kaynakları iken, sürekli enerji üretme kabiliyetine sahip nükleer santraller baz yük santrallerdir. Baz yük santrali olan Nükleer Güç Santralleri, diğer baz yük (petrol, kömür, doğalgaz) santrallerine göre düşük ve istikrarlı yakıt maliyeti açısından çok daha avantajlıdır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve kaynak çeşitliliğinin artırılması bakımından önemlidir. Akkuyu ve Sinop'da kurulacak Nükleer Santraller dikkate alındığında, yılda yaklaşık 80 milyar kWh elektrik üretilmesi öngörülmektedir. Bu miktarda bir elektriği doğalgaz santralinden elde etmek için yaklaşık 16 milyar metreküp doğalgaz ithaline karşılık, yıllık 7,2 milyar ABD Doları (yaklaşık 13 milyar TL) ödenmesi gerekmektedir. Üç senede sadece doğalgaz ithaline ödenecek para ile Mersin-Akkuyu'da 4 ünite nükleer santral kurulabilmektedir[216].

Alternatif enerji kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gazın fiyatlarında kısa süreler içerisinde büyük dalgalanmalar gerçekleşmektedir. Her ne kadar nükleer yakıt olarak kullanılan uranyum fiyatlarında da dalgalanmalar görülse de, bunun enerji maliyetine etkisi daha sınırlı olmaktadır. Bunun temel sebebi, yakıt maliyetlerinin nükleer santrallerin toplam üretim maliyetlerindeki oranı % 5-10'lar seviyesindeyken, kömür ve doğal gaz gibi alternatif yakıtlarla çalışan santrallerdeki yakıt maliyetinin toplam maliyetteki oranının % 55-60'larda seyretmesidir. Bu da nükleer santrale sahip olmanın enerji fiyatlarındaki dalgalanmayı azaltıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra uranyum, oldukça yoğunlaştırılmış ve taşınabilir olmak gibi avantajlara sahiptir. Aynı miktarda enerji üretiminde kullanılacak kömürün yaklaşık olarak 20.000'de biri kadar ağırlığa sahip

---

215 Emre İşeri, Cem Özen, "Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerjinin Konumu", **İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, No: 47, Ekim 2012, ss. 161-180, s. 162.

216 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..,** s. 58.

olduğundan, uranyum rezervlerine sahip olmayan ülkelerin de kolaylıkla ithal edip büyük miktarlarda depolama yapması mümkün olmaktadır[217].

1.1.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları üretimi, toplam kömür üretiminden sonra ikinci en yüksek üretime sahip kaynaklardır. Bu kaynakların yenilenebilir ve tükenmez olmaları gibi önemli avantajları vardır[218].

Türkiye'de enerji darboğazı, en önemli sorunlarının başında gelmektedir. Çevre dostu ya da yeşil enerji türleri, geleceğin enerji kaynaklarıdır. Bu nedenle, yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynakları mümkün olduğunca desteklenmelidir. Maliyet düşürücü teknolojilere öncelik verilmelidir. Türkiye bu nedenle temiz enerji teknolojilerine yatırım yapmalıdır[219].

Türkiye'de elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarından başlıca hidrolik, rüzgar ve jeotermal enerji kaynakları kullanılmaktadır. Kurulu güç bakımından hidrolik, rüzgar ve jeotermal enerji kaynaklarından elektrik üreten tesisler ilk sıralarda yer almaktadır[220].

2001 yılında Türkiye, 4628 No.lu Elektrik Piyasası Kanunu'nu çıkarmıştır. Bu kanun yenilenebilir enerjiye dair tedbirler getirmiştir. Kanun, ruhsat alma ve yıllık aidatlarla ilgili harcamaları düşürerek ruhsat maliyetini azaltmıştır. Ayrıca kanun Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'ye yenilenebilir enerji tesislerinin sisteme bağlanmasına öncelik verme zorunluluğu getirmiştir. Türkiye, yenilenebilir enerjiye özel ilk kanununu 2005'de çıkarmıştır. Bu kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik için 10 yıl boyunca megawatt-saat başına 225 EUR oranında tarife garantisi sağlamıştır. Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında tarife garantisindeki görece düşük oran ve sınırlı süre

---

217 Bülent Köksal, Abdülkadir Civan, "Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler", **Uluslararası İlişkiler**, Cilt 6, Sayı 24, Kış 2010, ss. 117-140, s. 120.

218 Bacanlı, **a.g.e**. s. 94.

219 Atılgan, **a.g.e.** s. 32.

220 Yeşil, **a.g.e.** 13.

nedeni ile, yatırımcılar yatırım yapmamayı ya da ürettiklerini spot piyasasında satmayı tercih etmişlerdir. 2010 yılında yasada bir değişiklik yapılmış; teknoloji türüne göre tarifeler farklılaştırılmıştır. Yerli teknoloji kullanan projelere faaliyetlerinin ilk 5 yılında ödenmek üzere prim ödemesi getirilmiştir. Yenilenebilir enerji yatırımları Genel Yatırım Teşvik Planı kapsamında sübvanse edilmektedir. Bu plan, yatırımın 6. Bölge'de yapılması şartıyla projelere, KDV muafiyeti, gümrük vergisi muafiyeti ve gelir vergisi stopaj desteği sağlamaktadır[221].

Türkiye'de 2005 yılında çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu ile özellikle son yıllarda, rüzgar tribünlerine yapılan özel sektör yatırımları arttırılmıştır. Yine jeotermal ve biotarımda çalışmalar devam etmektedir. Fakat dışa bağımlılığı Avrupa Birliği ülkelerinin çok daha üstünde olan ve yenilenebilir kaynak açısından hayli zengin olan Türkiye'nin bu konuda daha fazla yatırım yapması gerekmektedir[222].

Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi için çok ciddi bir potansiyel olmasına rağmen, ne yazık ki yenilenebilir enerji projelerini geliştirenler, projelerin önüne teknik ve siyasi engeller çıkaran ruhsat ve onay prosedürleriyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Bunun yanında, ürettiklerini satabilmek için projeler elektrik şebekeleriyle bağlantı tesis etmeli ve bir elektrik satınalma anlaşmasına sahip olmalıdır. Bu engeller projelendirme maliyetlerini arttırmaktadır. Bu durum, yenilenebilir enerjinin Seviyelendirilmiş Enerji Maliyetini[223], benzer yeni-

---

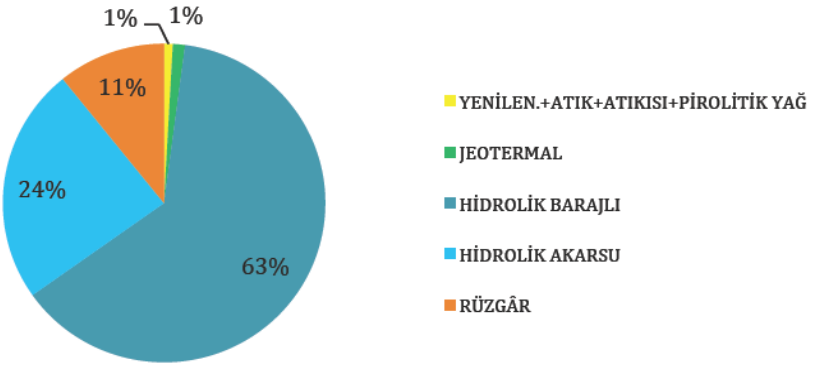
221 Acar, Kitson, Bridle, **a.g.e.** s. 12-13.

222 Arzu Yorkan, "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye'ye Etkileri", **Bilge Strateji**, Cilt 1, Sayı 1, Güz, 2009, s. 36.

223 Rüzgar ve güneş enerjisi yatırımı yapmak isteyenler bu sistemlerin fiyatlarını genellikle ilk yatırım maliyetlerine bakarak değerlendirirler. Bu değerlendirme yanlıştır. Çünkü bu sistemler hizmet ömürleri boyunca elektrik enerjisi üreterek yatırımcısına fayda sağlayacaktır. Bu bakımdan yenilenebilir enerji yatırımları değerlendirilirken, bu sistemler tarafından hizmet ömrü boyunca üretilecek enerjinin birim maliyetine bakılmalıdır. Bir 500 kW Rüzgar Enerjisi Santrali satın alınacaksa, bu santral tarafından üretilecek enerjinin birim fiyatı (TL/kW.saat ya da Euro/kW.saat cinsinden) ne olacağı dikkat edilmelidir. Bu husus Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti olarak adlandırılır. Bu maliyet ilk yatırım maliyetine, sistemin ömrüne, sistemin ömrü boyunca üreteceği enerjiye, sistemin işletme maliyetine, sistemin bakım ve yedek parça giderlerine ve kurulum noktası yenilenebilir enerji kaynak potansiyeline bağlıdır.

lenebilir enerji seviyelerine sahip diğer ülkelere göre yüksek hale getirmektedir[224].

Grafik 37: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Payı



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı; **Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2013**, 2013.

Hidrolik kaynaklardan elde edilen enerji, tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin % 87'sini oluşturmaktadır. Hidrolik kaynaklarını rüzgar enerjisi izlerken, bioyakıtlar ve jeotermal enerjiden elde edilen enerji sınırlı düzeydedir. Güneş enerjisinden elektrik üretilerek şebekeye verilmesi 2014 yılında başlamış olup güneş santralleri Türkiye için yeni bir teknolojidir[225].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılmasına yönelik olarak, hidroelektrik üretim tesisi ile rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi için 7,3 $cent/kWh, jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi için 10,5 $cent/kWh, biyokütleye dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil) ile güneş enerjisine dayalı üretim tesisi için 13,3 $cent/kWh fiyat desteği sağlanmıştır. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kay-

---

224 Sevil Acar, Lucy Kitson, Richard Bridle, GSI Report, İİSD (International Institute for Sustainable Development), **Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri**, Mart 2015, s. 6.

225 Yeşil, **a.g.e.** 14.

naklarından elektrik üretimi yapan tesislerde yerli ekipman kullanılması halinde 0,4 ile 3,5 $cent arasında ek fiyat desteği de verilmektedir. Bu nedenle enerji şirketleri yerli kömür ve yenilenebilir enerji santral yatırımlarını hızlandırmaktadır. % 98,5'inin yurtdışından ithal edildiği doğalgazın yerine, başta kömür olmak üzere yerli kaynakların kullanımının artırılması, dışa bağımlılığın azaltılması açısından önemlidir[226].

1.1.2.1.Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisi

Türkiye'de 26 adet hidrolojik havzasında bulunan irili ufaklı çok sayıdaki nehrin yıllık ortalama akımları toplamı olan 193 milyar m^3 yüzey suyunun hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinin, teorik potansiyel, teknik yapılabilir potansiyel ve ekonomik yapılabilir potansiyel olmak üzere üç farklı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar kWh civarındadır. Bu değer dünya hidroelektrik potansiyelinin %1'ine, Avrupa hidroelektrik enerji potansiyelinin %14'üne eşittir. Ekonomik yapılabilir olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından teknik olanlarının tümünün değerlendirilmesi durumunda oluşabilecek üretim miktarı Teknik Potansiyel olarak tanımlanmaktadır. Ülkenin teknik hidroelektrik enerji potansiyeli, 215 milyar kWh düzeyindedir. Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem teknik hem de ekonomik olarak değerlendirilebilir bölümüne ise Teknik ve Ekonomik Potansiyel denilmektedir. Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 129,9 milyar kWh'dır[227].

Türkiye'de ilk küçük hidroelektrik santral 1902 Tarsus'da kurulmuştur. Ülkenin ilk önemli barajı içme suyu ihtiyacı için 1936 yılında Ankara'da kurulan Çubuk-1 barajıdır. Seyhan barajı ise 1956'da kurulan ilk HES (Hidro Elektrik Santrali) olma özelliği taşımaktadır. 1972'de Gökçekaya, 1975''de Keban, 1981'de Hasan Uğurlu, 1984'de

---

226 ATIG FOREX, **a.g.e**. s. 6.

227 Murat Gökdemir, Murat İhsan Kömürcü, Taylan Ulaş Evcimen, "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış", **TMH-471,** 2012/1, s. 19.

Oymapınar, 1987'de Karakaya, 1988'de Altınkaya, 1989'da Menzelef, 1992'de Atatürk barajı Türkiye'nin öne çıkan büyük barajlarıdır[228].

Hidroelektrik santrallerin avantajları aşağıda belirtildiği gibidir[229];

- Yatırım bedelinin büyük bir kısmını (% 70-80) yurtiçi harcamalar oluşturur. Bu ekonomiye (Gayrisafi Milli Hasılaya (GSMH)) pozitif katkı demektir.
- Yatırımda dışa bağımlılık ve döviz harcaması en alt düzeydedir. Hidroelektrik santrallarda, diğer tüm elektrik santrallarından çok daha az yabancı kaynağa ihtiyaç vardır.
- Hidroelektrik santralların ekonomik ömrü, diğer tip santrallardan çok daha uzundur (75 yıl). İlk dönemden sonra da, çok küçük bir yatırımla elektromekanik ekipman tümüyle değiştirilip ikinci, üçüncü, dördüncü 75 yıllık periyotlarda elektrik üretmeye devam edilebilir.
- İşletme gideri en düşük santral tipidir ve herhangi bir yakıt gideri yoktur.
- Ucuz elektrik üreterek rekabetçi elektrik piyasasının oluşmasına katkı sağlar.
- İşletme kolaylığı söz konusudur. İhtiyaç duyulan tüm malzeme yerli piyasadan sağlanabilir.
- Yeşil enerji olduğu için AB ülkelerine ihracatı daha kolaydır.
- Hidroelektrik santrallar çevre dostudur. Herhangi bir sera gazı emisyonu yoktur. Kullandığı bir yakıt olmadığı için başka bir kirliliğe neden olmazlar.
- Akarsularla oluşan erozyonu önler. Türkiye'de akarsuların eğimi fazla olduğu için akarsular yoluyla erozyon ciddi bir tehlikedir. Hidroelektrik santrallar için yapılan barajlar ve bentlerin suyun hızını keserek erozyonun durdurulmasında önemli katkıları vardır.

---

228 http://www.nukte.org/node/179.

229 Bacanlı, **a.g.e.** s.97-98.

- Hidroelektrik santrallarde enerji depolama kapasitesi vardır. Türkiye'de mevcut barajlarda 6 aylık elektrik üretimini depolayacak kapasite vardır.
- Enerjide dışa bağımlılığı azaltır. Hidroelektrik santrallar suyun sadece düşüşünü kullanarak elektrik üretir, suyu tüketmez.
- Yöre halkına balıkçılık, sulu tarım, su sporları, taşımacılık, mal ve hizmet satılması gibi sosyal ve ekonomik faydalar sağlar.

1.1.2.2. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

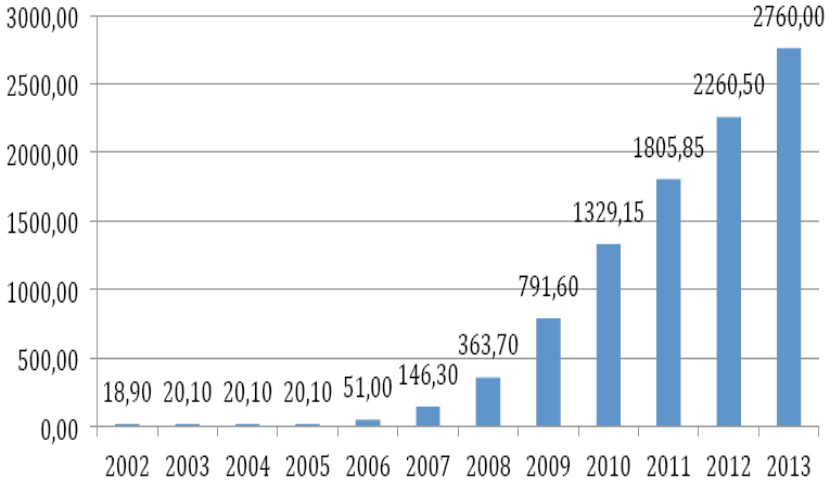
Enerji dağıtımının tamamen özel sektöre devredildiği ve enerji üretim varlıkları özelleştirilmesinin tamamlanmasının planlandığı 2000'li yıllarda, yenilenebilir enerji yatırımları artmış ve yeşil enerji kapsamında rüzgar enerjisine dayalı yatırımlar hızla yükselme eğilimi göstermiştir[230].

Türkiye'nin rüzgar enerjisi zenginliği sırasıyla Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyı alanlarında bulunmaktadır. Ayrıca Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu'nun belli kesimlerinde, rüzgarın düzenli ve hızlı estiği belirlenmiştir[231].

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 mW olarak belirlenmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1.30'una denk gelmektedir. Türkiye'de, 2013 yılı sonu yıllık rüzgar enerjisi üretim miktarı 7.518 gWh'dir. 2013 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü ise 2760 mW'tır[232].

230 Yeşil, **a.g.e.** 48.
231 Atılgan, **a.g.e.** s.36.
232 http://www.enerji.gov.tr (2).

Grafik 38: Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü (2002-2013)



Kaynak: TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM), RİTM (Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi) Projesi Verileri, 2014

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 mW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği REPA haritası hazırlanmıştır. Bir yerde rüzgar enerjisi santrali yatırımı yapılabilmesi için, 7 m/s veya üzerinde sürekli bir rüzgar akışının olması gerekmektedir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından, enerji üretim lisansı alabilmek için yatırımın yapılacağı sahada en az 1 yıllık ölçüm yapılması şart koşulmaktadır[233].

[233] Yeşil, **a.g.e.** 49.

Tablo 20: Rüzgar Enerji Santralleri

Santral Adı	İl adı	Firma	Kurulu Güç
Soma Rüzgar Santrali	Manisa	Polat Enerji	240 MW
Geycek Rüzgar Santrali	Kırşehir	Polat Enerji	150 MW
Balıkesir Rüzgar Santrali	Balıkesir	Enerjisa Elektrik	143 MW
Osmaniye Gökçedağ RES	Osmaniye	Zorlu Enerji	135 MW
Karaburun Rüzgar Santrali	İzmir	Alto Holding	120 MW
Dinar Rüzgar Santrali	Afyonkarahisar	Güriş Holding	115 MW
Şamlı Rüzgar Santrali	Balıkesir	Aksa Enerji	114 MW (126.5 MW)
Şah Rüzgar Santrali	Balıkesir	Doğan Enerji	93 MW (105 MW)
Bergama Rüzgar Santrali	İzmir	Bilgin Enerji	90 MW (120 MW)
Bilgin Enerji Soma Rüzgar Santrali	Manisa	Bilgin Enerji	90 MW (120 MW)
Bandırma Kurşunlu RES	Balıkesir	Borusan EnBW Enerji	87 MW
Kangal Rüzgar Santrali	Sivas	Ece Tur İnşaat	78 MW (128 MW)
Ziyaret (Türbe) Rüzgar Santrali	Hatay	Fina Enerji	75 MW
Aksu Rüzgar Santrali	Kayseri	Ayen Enerji	72 MW
Çatalca Rüzgar Santrali	İstanbul	Sanko Enerji	60 MW (100 MW)
İÇDAŞ Biga RES	Çanakkale	İÇDAŞ Enerji	60 MW
Sebenoba Rüzgar Santrali	Hatay	Aksa Enerji	60 MW
Süloğlu Rüzgar Santrali	Edirne	Steag Wind Enerji	60 MW
Susurluk Rüzgar Santrali	Balıkesir	Eksim Enerji	60 MW (72.5 MW)
Yuntdağ Rüzgar Santrali	İzmir	Dost Enerji	60 MW
Edincik Rüzgar Santrali	Balıkesir	Ağaoğlu Enerji	56 MW
Poyraz Rüzgar Santrali	Balıkesir	Polat Enerji	55 MW
Sayalar Rüzgar Santrali	Manisa	Polat Enerji	54 MW
Uşak Rüzgar Santrali	Uşak	Bereket Enerji	54 MW
Çerçikaya RES	Hatay	ZT Enerji	53 MW
Sancak Enerji Yahyalı RES	Kayseri	Sancak Enerji	53 MW
Düzova Rüzgar Santrali	İzmir	Fina Enerji	52 MW
Balabanlı Rüzgar Santrali	Tekirdağ	Borusan EnBW Enerji	50 MW
Bandırma RES	Balıkesir	Bilgin Enerji	50 MW
Harmanlık RES	Bursa	Borusan EnBW Enerji	50 MW
Hasanbeyli Rüzgar Santrali	Osmaniye	Eksim Enerji	50 MW
Kavaklı Rüzgar Santrali - RES	Balıkesir	Erciyas Holding	50 MW
Koru Rüzgar Santrali	Çanakkale	Borusan EnBW Enerji	50 MW
Mut Rüzgar Santrali	Mersin	Borusan EnBW Enerji	50 MW
Zeytineli RES	İzmir	Bilgin Enerji	50 MW
Belen Rüzgar Santrali	Hatay	Güriş Holding	48 MW
Bağarası Rüzgar Santrali	Aydın	Erdem Holding Enerji Grubu	46 MW
Silivri Rüzgar Santrali	İstanbul	Eksim Enerji	45 MW
Söke RES	Aydın	Bereket Enerji	45 MW
Tekirdağ Kıyıköy RES	Tekirdağ	Beşiktepe Üretim	44 MW
Akhisar Rüzgar Santrali	Manisa	Karesi Enerji	44 MW
Çanta Rüzgar Santrali	İstanbul	Boydak Enerji	43 MW (45 MW)

Kuyucak RES	Manisa	Demirer Enerji	41 MW(50.1 MW)
Killik Rüzgar Santrali	Tokat	Eksim Enerji	40 MW (85 MW)
Mazı 1 Rüzgar Santrali	İzmir	Demirer Enerji	39 MW (56.2 MW)
Dağpazarı Rüzgar Santrali	Mersin	Enerjisa Elektrik	39 MW
Kayadüzü Rüzgar Santrali	Amasya	Eksim Enerji	39 MW (75 MW)
Metristepe Rüzgar Santrali	Bilecik	Can Enerji	39 MW (50 MW)
Gökres 2 RES	Manisa	Gama Enerji	35 MW
Şenköy Rüzgar Santrali	Hatay	Güriş Holding	35 MW
Samurlu Rüzgar Santrali	İzmir	Polat Enerji	35 MW
Mersin Rüzgar Enerji Santrali	Mersin	Doğan Enerji	34 MW
Şadıllı RES	Çanakkale	Fina Enerji	33 MW
Kozbeyli Rüzgar Santrali	İzmir	Polat Enerji	32 MW
Seyitali Rüzgar Santrali	İzmir	Polat Enerji	32 MW (37 MW)
Akbük Rüzgar Santrali	Aydın	Ayen Enerji	32 MW
Mordoğan Rüzgar Santrali	İzmir	Ayen Enerji	31 MW (42 MW)
İntepe Rüzgar Santrali	Çanakkale	Demirer Enerji	30 MW (55.7 MW)
Mazı 3 Rüzgar Santrali	İzmir	Bilgin Enerji	30 MW (55 MW)
Poyrazgölü Rüzgar Santrali	Balıkesir	Demirer Enerji	30 MW
Söke Çatalbük RES	Aydın	ABK Enerji	30 MW
Çanakkale Rüzgar Santrali	Çanakkale	Enerjisa Elektrik	30 MW
Datça Rüzgar Santrali	Muğla	Demirer Enerji	30 MW (41.6 MW)
Şenbük Rüzgar Santrali	Hatay	Bakras Enerji	29 MW
Sarıkaya RES	Tekirdağ	Demirer Enerji	29 MW (41.5 MW)
Sares Rüzgar Santrali	Çanakkale	Gama Enerji	28 MW
Geres Rüzgar Santrali	Manisa	Dost Enerji	27 MW
Kıyıköy Rüzgar Santrali	Kırklareli	Aksa Enerji	27 MW
Zaf Grup Şenbük RES	Hatay	Zaf Grup	27 MW
Kores Kocadağ RES	İzmir	Dost Enerji	25 MW
Sincik Rüzgar Santrali	Adıyaman	Tektuğ Elektrik	25 MW
Bandırma 3 RES	Balıkesir	Bursa Temiz Enerji	24 MW (40 MW)
Dilek Rüzgar Enerjisi Santrali	Kahramanmaraş	Kale Enerji Üretim	24 MW (27.5 MW)
Kapıdağ Rüzgar Santrali	Balıkesir	Aksa Enerji	24 MW (34.85 MW)
Kemerburgaz RES	İstanbul	Alto Holding	24 MW (34 MW)
Korkmaz Rüzgar Santrali	İzmir	Ayen Enerji	24 MW
Turguttepe Rüzgar Santrali	Aydın	FC Enerji	24 MW
Çamseki RES	Çanakkale	Demirer Enerji	21 MW
Balıkesir Keltepe RES	Balıkesir	Demirer Enerji	21 MW (29.9 MW)
Akbük 2 Rüzgar Enerji Santrali	Muğla	Ayen Enerji	20 MW
Günaydın RES	Balıkesir	Fina Enerji	20 MW (27.5 MW)
Ödemiş RES	İzmir	Erdem Holding Enerji Grubu	20 MW
Salman Rüzgar Santrali	İzmir	Fina Enerji	20 MW
Fuatres RES	İzmir	Borusan EnBW Enerji	20 MW (30 MW)
Madranbaba Rüzgar Santrali	Aydın	Kıroba Enerji	20 MW
Atik Rüzgar Santrali	Hatay	Aksa Enerji	18 MW (30 MW)
Boreas 1 Enez RES	Edirne	Boreas Enerji	18 MW (20 MW)
Çeşme Rüzgar Enerji Santrali	İzmir	ABK Çeşme RES	16 MW

Havran Çataltepe Rüzgar Enerji Santrali (RES)	Balıkesir	Demirer Enerji	16 MW
Ayyıldız Rüzgar Enerji Santrali (RES)	Balıkesir	Akenerji	15 MW
Karadere Rüzgar Santrali	Kırklareli	Fina Enerji	15 MW
Burgaz Rüzgar Santrali	Çanakkale	Polat Enerji	15 MW
İncesu Rüzgar Santrali	Afyonkarahisar	Tamyeli Enerji Yatırım	13 MW
Bozyaka Rüzgar Enerjisi Santrali	İzmir	Kardemir Haddecilik ve Elektrik	12 MW
Karakurt Rüzgar Enerji Santrali (RES)	Manisa	Aksa Enerji	11 MW
Bores Bozcaada RES	Çanakkale	Demirer Enerji	10 MW
Adares Rüzgar Santrali	İzmir	FC Enerji	10 MW
Karadağ RES	İzmir	Gama Enerji	10 MW
Ortamandıra RES	Balıkesir	Fina Enerji	10 MW
Umurlar Rüzgar Santrali	Balıkesir	Elfa Elektrik Üretim	10 MW
Kurtkaya Rüzgar Santrali - RES	Kayseri	Are Elektrik Üretim	9,60 MW (45 MW)
Suay Enerji Akbük Rüzgar Santrali	Aydın	Suay Enerji	9,60 MW
Aliağa Rüzgar Enerji Santrali | RES	İzmir	Tan Elektrik Üretim	9,60 MW
Alaçatı Ares Rüzgar Enerji Santrali (RES)	İzmir	Ares Enerji	7,20 MW
Ege Rüzgar Enerji Santrali	İzmir	Meltem Enerji Elektrik Üretim	7,00 MW
Hilal 2 Rüzgar Santrali - RES	Karaman	Sanko Enerji	7,00 MW
Subaşı Kanije Rüzgar Santrali (RES)	Edirne	Güriş Holding	6,40 MW (48 MW)
Ayvacık Ayres Rüzgar Enerji Santrali (RES)	Çanakkale	Aksa Enerji	5,00 MW
Pitane RES	İzmir	Bıçakcılar Elektrik	4,80 MW
Saray RES	Tekirdağ	Saray Alüminyum	4,00 MW
Ada 2 Rüzgar Tesisi	Balıkesir	Esit Enerji A.Ş.	3,20 MW
Garanti İplik RES	Tekirdağ	Garanti İplik	2,50 MW
Çeşme Germiyan Rüzgar Enerji Santrali (RES)	İzmir	Demirer Enerji	1,50 MW (10.7 MW)
Sunjüt Rüzgar Santrali	İstanbul	Sunjüt Enerji	1,20 MW
Karel Demir Rüzgar Türbini	İzmir	Kar-El Demir	1,00 MW
Boğaziçi Üniversitesi Sarıtepe Kampüsü Rüzgar Santrali	İstanbul	Boğaziçi Üniversitesi	0,90 MW
Tepe Rüzgar Santrali	İstanbul	Teperes Elektrik	0,85 MW (6.85 MW)
Paşalimanı Adası Rüzgar Santrali	Balıkesir	RK Rüzgar Enerji	0,80 MW
Derby Rüzgar Enerjisi Santrali	Tekirdağ	-	0,80 MW
Yetişen RES	Hatay	-	0,75 MW
Ayyıldız Enerji RES	İstanbul	Ayyıldız Enerji	0,50 MW
Sermetal Kerse Çivi Rüzgar Enerji Santrali	Balıkesir	Sermetal Kerse Çivi ve Nakliyat	0,25 MW
Bereket Çiftliği Rüzgar Santrali	Hatay	Bereket Çiftliği	0,25 MW
Yücel Çeltik Rüzgar Enerji Santrali	Balıkesir	Yücel Tarım	0,25 MW
Tokat OSB Yalçın Rüzgar Enerji Santrali	Tokat	-	0,10 MW

Kaynak: http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/.

2015 yılı itibariyle Türkiye'de bulunan 125 rüzgar enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 4.540,90 MW'dır. 2014 yılında rüzgar enerji santralleri ile 8.366.804.300 kilovatsaat elektrik üretimi yapılmıştır. Türkiye'de ilk rüzgar santrali 1998 yılında İzmir'de kurulmuştur. Türkiye tükettiği enerjinin yaklaşık % 4,4'ünü rüzgar santrallerinden karşılamaktadır. Devreye alınan 125 santralin bir kısmı henüz lisans kurulu gücü kadar kurulu güce erişmemiş olup, inşası devam etmektedir. Bir kısmı devreye alınan santrallerin de tam kapasite çalışması ile 573 MW kapasiteli ilave rüzgar türbini devreye girmiş olacak ve kurulu güç 5.144 MW kapasiteye ulaşacaktır. Henüz hiçbir ünitesi devreye alınmayan, fakat 2015 Ocak itibariyle kurulumunda ilerleme kaydedilen 53 santralin lisans kapasitesi de 1.303 MW'dır. 2015 itibariyle tüm santrallerin devreye girmesiyle ülke elektrik tüketiminin % 10,6'sı rüzgar santrallerinden karşılanabilecektir. Ayrıca 2018 yılı sonuna kadar 3.000 MW daha rüzgar santrali başvurusu kabul edilecektir[234].

1.1.2.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye 36-42° kuzey enlemlerinde yer almaktadır. Güneş Kuşağı olarak tanımlanan ±40° enlemlerinin içerisinde bulunmaktadır. Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 2609 saattir. Güneşlenme süresi açısından bölgelere göre sıralama Güneydoğu Anadolu B. (3016 saat), Akdeniz B. (2923 saat), Ege B. (2726 saat), iç Anadolu B. (2712 saat), Doğu Anadolu B. (2693 saat), Marmara B. (2582 saat), Karadeniz Bölgesi'dir (1966 saat)[235].

Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık'dır. En çok güneş enerjisi üretilebilecek bölgeleri ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleridir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretilebilir. Toplam güneşli saat miktarı ise 2.640 saattir[236].

---

234 http://www.enerjiatlasi.com/ruzgar/.

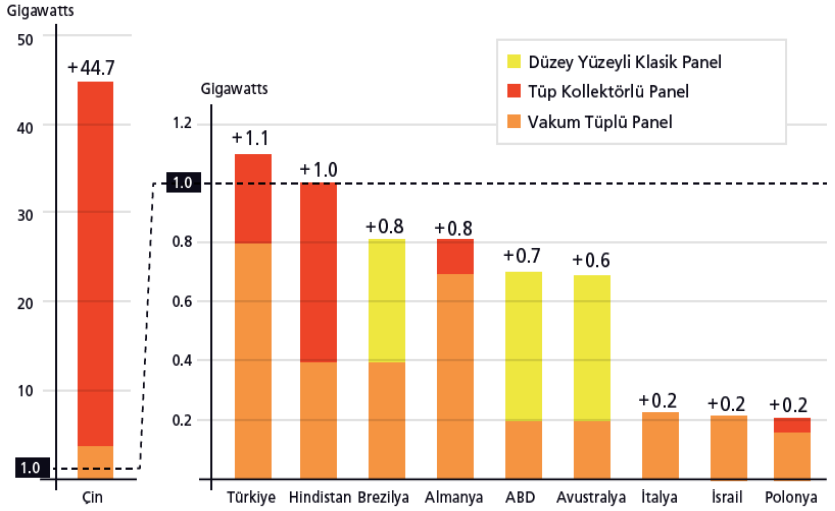
235 Demir İnan, **Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları**, Temiz Enerji Vakfı No: 3, Kasım, Ankara, 2001, s. 1.

236 Varınca, Gönüllü, **a.g.e.** s. 273.

Güneşten dünya atmosferine her yıl $2x10^{14}$ taşkömürüne eşit enerji gönderilmektedir. Türkiye'nin bir yılda yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarı da $1.3x10^{11}$ ton taşkömürüne eşittir. Güneş enerjisinin %50 etkinlikle elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılabileceği anlaşılmaktadır[237].

Türkiye, güneşlenme konumunun üstünlüğünü güneş enerjisinden sıcak su elde eden sistemleri yaygınlaştırarak değerlendirmektedir. 2014 yılı verilerine göre ülkede termal ısıtma sistemlerinin kurulu gücü 1,1 gW olup, Türkiye kendisinden önde olan Çin'den sonra dünyada ikinci sırada yel almaktadır[238].

Grafik 39: Güneş Enerjisiyle Su Isıtma Kapasitesi Sıralaması, Lider 10 Ülke-2014



Kaynak: REN21; **Renewables Global Status Report 2014**, 2014

Türkiye'nin coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Ortalama yıllık güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.527

237 Göksu, **a.g.e.** s.42.
238 Yeşil, **a.g.e.** 25.

kWh/m²-yıldır (günlük toplam 4,2 kWh/m²). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli Kıta Avrupası'nın önde gelen güneş enerjisi yatırımlarına sahip Almanya, İspanya ve Çek Cumhuriyet gibi ülkelere göre daha fazladır. Ancak Türkiye'de yatırım oranı, mevzuat düzenlemelerinin yakın zamanda yapılmış olması sebebiyle, bu ülkelerin çok altındadır. Almanya'da uygulanan teşvikler sayesinde elektrik tüketiminin yaklaşık % 2'si fotovoltaiklerden (PV)'lerden sağlanmaktadır. Türkiye Avrupa'nın güneş enerjisi potansiyeli en yüksek ülkelerinden birisidir[239].

Türkiye'de 1960'ların başlarında güneş enerjisi ilk defa alternatif enerji kaynağı olarak anlaşılmış ve bazı yatırımcılar bu konuda çalışmalar yapmışlardır. 1970'lerin ortalarında, dünyadaki güneş enerjisi teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, yapılan çalışmalar artan bir hızla gelişmiştir. İlk pasif güneş enerjisi uygulaması Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde 1975 yılında tesis edilmiştir. Güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ağırlıklı olarak ODTÜ, İTÜ, Yıldız ve Ege Üniversiteleri tarafından yürütülmüştür. Türkiye'deki Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi bünyesinde 1978 yılında kurulmuştur. 1980'lerin sonunda bu konudaki çalışmaları TUBİTAK bünyesindeki, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü gerçekleştirmiştir. Yine TÜBİTAK bünyesinde 1986 yılında kurulan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, güneş pillerinin üretimi konusundaki çalısmaları desteklemektedir[240].

Güneş pilleri, üzerine güneş ışığı düştüğünde, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren elektronik düzeneklerdir. Güneş pillerinin avantajları aşağıda belirtildiği gibidir[241];

- Güneş enerjisini elektrik enerjisine % 25 gibi yüksek bir verimle çevirir.
- Sınırsız çalışma ömrüne sahiptir.
- Fabrikasyon üretimi kolaydır.

---

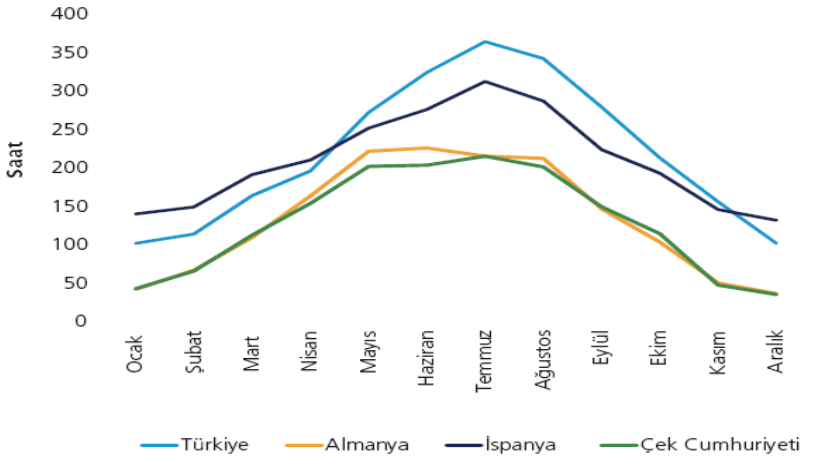
239 Yeşil, **a.g.e.** 27.

240 Nurdil Eskin, "Türkiye'de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme", **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı: 91, 2006, ss. 74-82, s. 75.

241 Muhsin T. Gençoğlu, Mehmet Cebeci, Murat Güneş, "Güneş Enerjisi İle Çalışan PLC Kontrollü Su Pompası Sistem Tasarımı", https://www.researchgate.net/profile/ MTGencoglu/publication/266346239_Gne_ Enerjisi_le_alan_PLC_Kontroll_Su_Pompas_Sistem_ Tasarm/links/5565611108ae94e957205aa2.pdf.

- Temiz bir enerji kaynağıdır.

Grafik 40: Türkiye ve Bazı Avrupa Ülkeleri Güneşlenme Süreleri (Saat)

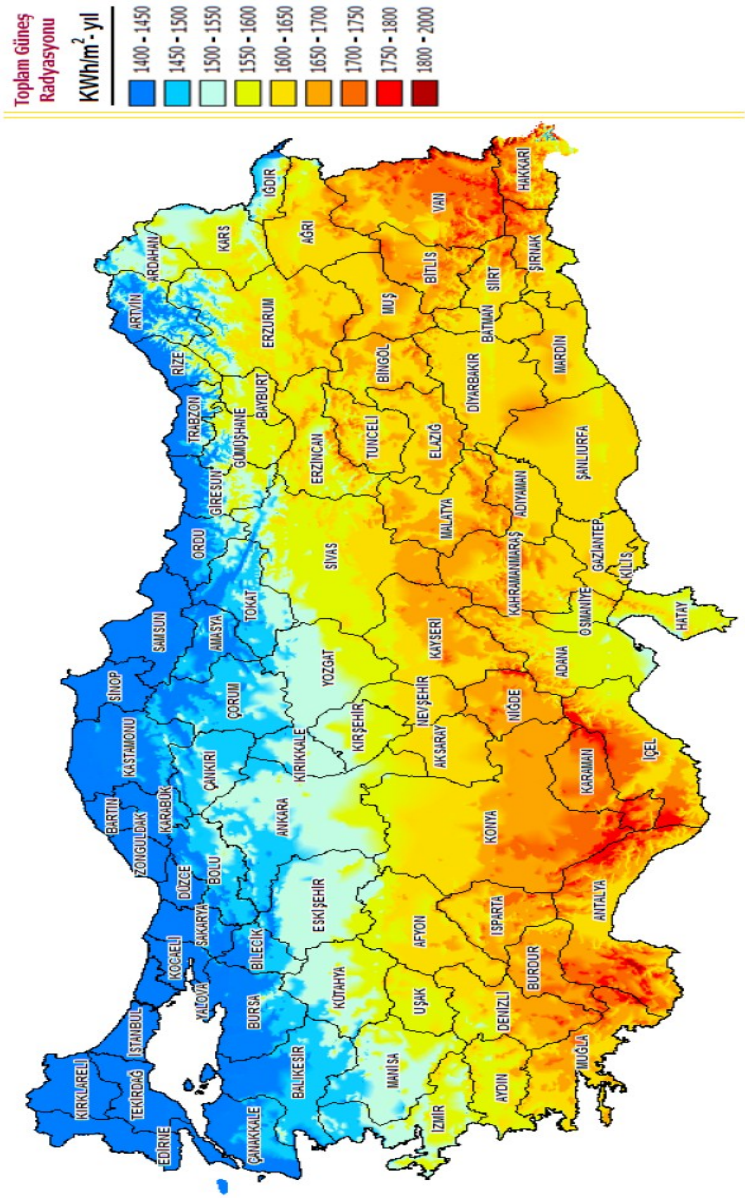


Kaynak: DELOİTTE "Yenilenebilir Enerjide Güneşli Günler Güncel Düzenlemeler Işığında Güneş Enerjisi Sektöründe Gelişmeler ve Beklentiler", 2012.

Türkiye, yıllık 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilecek kapasiteye sahiptir. Güneş enerjisi yatırımlarında toplam güneş radyasyonu 1550 kWh/m²-yıl değeri ve üstündeki iller güneş enerjisi santrali yatırımı yapılması öncelikli alanlar olarak görülmektedir. Türkiye'de lisanslı başvuru kapsamında 38 il elektrik üretimi teşviğinden yararlanmıştır. Bu kapsamda Konya, Van-Ağrı, Malatya, Karaman, Mersin, Karaman-Maraş-Adıyaman, Burdur, Niğde-Nevşehir-Aksaray, Kayseri, Malatya-Adıyaman, Hakkari, Muğla-Aydın, Denizli, Bitlis, Bingöl-Tunceli, Şırnak, Adana-Osmaniye, Muş, Siirt-Batman-Mardin, Sivas, Elazığ, Şanlıurfa- Diyarbakır, Erzurum ve Erzincan illeri yenilenebilir enerji destekleme mekanizması içinde yer almıştır[242].

242 Yeşil, **a.g.e.** 27-28.

Şekil 7: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası



Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, 2014.

Fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu 2010 tarihinde revize edilmiş ve 2013'de konuyla ilgili mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları lisans işlemlerinden Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) sorumludur. İlk safhada 600 mW kurulu güçte fotovoltaik santral lisansları verilmektedir[243].

1.1.2.4. Türkiye'de Jeotermal Enerji

Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Jeotermal ısı potansiyeli yaklaşık 31500 MW termaldır[244].

Türkiye, jeotermal enerji yönünden şanslı bir ülkedir. Volkanizmaya bağlı olarak doğal buharların, sıcaklığı 100°C'ye ulaşan, 600'den fazla sıcak su kaynağının varlığı, Türkiye'nin önemli jeotermal potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir[245].

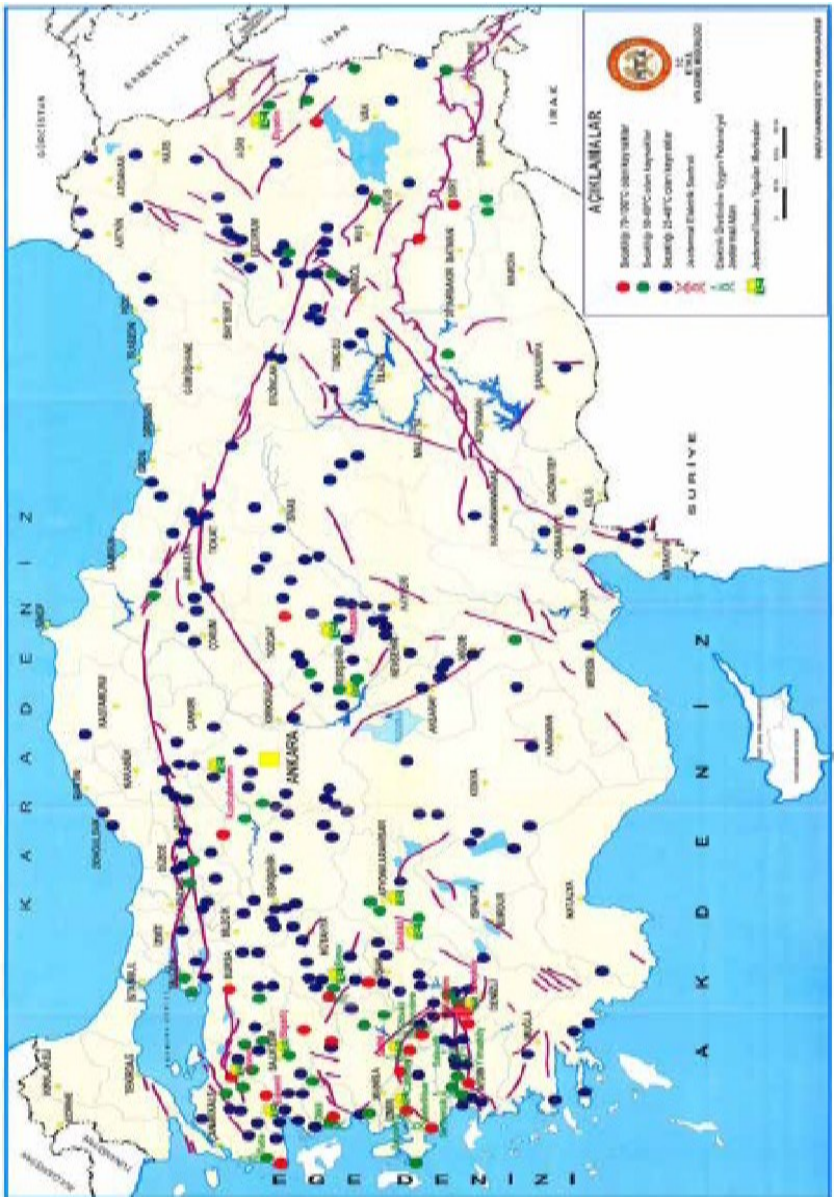
---

243 Yeşil, **a.g.e.** 30.

244 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü; http://www.mta.gov.tr/v2.0/dairebaskanliklari/enerji/index.php?id= jeotermal_potansiyel.

245 Atılgan, **a.g.e.** s.36.

Şekil 8: Türkiye Jeotermal Enerji Kaynakları Haritaları



Kaynak: MTA, 2014.

Türkiye'de jeotermal enerjiyle ilgili çalışmalar 45 yıl önce başlamıştır. MTA tarafından toplam 190 alanda jeotermal enerji kaynağı tespit edilmiştir. Türkiye'de potansiyel oluşturan alanların % 79'u Batı Anadolu'da, % 8,5'i Orta Anadolu'da, % 7,5'i Marmara Bölgesi'nde, % 4,5'i Doğu Anadolu'da ve % 0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarının % 94'ü düşük ve orta sıcaklıklı doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm v.s.) için, % 6'sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. 2013 yılı sonu itibarı ile Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından toplam 576 adet, 328.711 m sondajlı arama yapılarak 227 adet saha keşfedilmiştir. Doğal çıkışlar hariç, açılan kuyularda 4.900 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir. Turizm ve sağlık amaçlı termal tesis sayısı 2013 yılı itibariyle 350'ye ulaşmıştır. Ayrıca 2002 yılında 500 dönüm olan sera ısıtması, 2013 yılı sonu itibariyle 2924 dönüme; 2002 yılında 30.000 olan konut ısıtması, 2013 yılı sonu itibariyle 89.443 konuta yükselmiştir. 2013 yılı sonu itibariyle, EPDK'dan üretim lisansı almış olanlarla birlikte ülkenin jeotermal elektrik üretim potansiyeli 706,4 MWe ulaşmıştır. Bu rakamın 2018 yılı sonuna kadar 1.000 MWe'e ulaşması beklenmektedir. Türkiye'de 13 adet jeotermal enerji santrali mevcut olup bu santrallerin toplam kurulu gücü 310,8MWe düzeyine ulaşmıştır[246].

1.1.2.5. Türkiye'de Hidrojen Enerjisi

Türkiye'nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu'nda (1993) hidrojen teknolojisine kısaca değinilmekle birlikte, resmileşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993-2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında hidrojen yakıtına yer verilmemiştir. Türkiye'de hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir. Türkiye gibi gelişme sürecinde olan ülkeler açısından, uzun dönemde fotovoltaik[247] güneş-hidrojen sistemi uygun görülmektedir. Fotovoltaik kanallardan elde edilecek elektrik enerjisi ile suyun elektrolizinden hidrojen üreten

246 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.enerji.gov.tr/tr/inc_jeotermal.php (3).

247 Fotovoltaik, ışığı olduğu gibi elektrik enerjisine dönüştürebilen bir teknolojidir.

bu yöntemde, 1 m^3 sudan 108,7 kg hidrojen elde edilmektedir. Bu değer 422 lt benzine eşdeğerdir. Türkiye'nin hidrojen üretimi açısından olumlu yönü uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır[248].

1.1.2.6. Türkiye'de Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjileri

Türkiye'de dalga rasatları ve bunlara ilişkin ölçüm verileri yetersizdir. Onun dışındaki diğer tüm veriler, belirli bir varsayıma bağlı olarak verilen değerlerdir. Ülkede deniz kökenli enerji elde etmeye yönelik bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan rüzgar enerjisidir. Türkiye kıyılarının 1/5'den yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli, 18,5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir[249].

1.2. Türkiye'de İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji kaynakları, birincil enerji kaynaklardan elde edilen enerji kaynaklarıdır. Elektrik, ikincil enerji kaynaklarına verilen en önemli örnektir. Tüketilen elektrik enerjisi ile ülkelerin kalkınma düzeyleri arasındaki yakın bir ilişki vardır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde de gelişmiş ülkelerdeki gibi elektrik tüketimi gittikçe yükselmektedir.

1.2.1.Türkiye'de Elektrik Enerjisi

Türkiye'de kurulan ilk elektrik üreteci, 1902 yılında Tarsus'da tesis edilen, bir su değirmenine bağlanmış 2 kilo Watt (Kw)[250] gücünde bir dinamodur. İlk büyük santral ise 1913 yılında İstanbul Silahtarağa'da kurulmuştur. 1923 yılında kurulu gücü 33 Mega Watt[251] (MW)

---

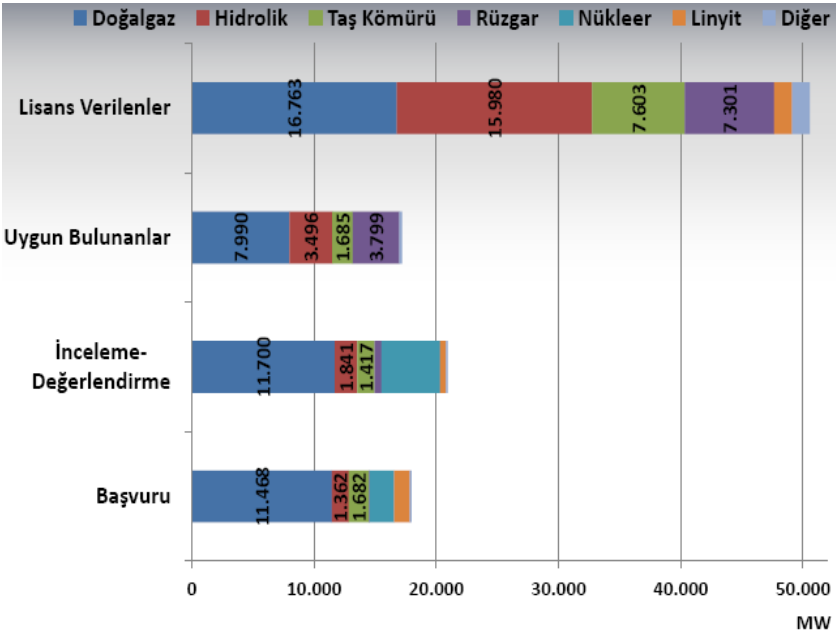
248 Nihat Öztürk, Mehmet Bilgiç, Cemali Arslan, "Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'deki Hidrojen Potansiyeli", **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayını**, s. 2-3.

249 http://itunovatto.com.tr/h2o/news/view/dalgalarin-mekanik-hareketi-elektrik-enerjisine-donusuyor/19.

250 Güç birimidir. Watt(W): İskoçyalı mühendis James Watt adıyla kullanılan enerji dönüşümü oranını ölçen birimdir. Kısaca "W" ile gösterilir. Watt elektriksel enerji için kullanılır. Kilowatt: Watt'ın bin katı Kilowatt ile ifade edilir. Kısaca kW ile gösterilir. 1 kW = 1000 W'dır.

251 Megawatt: Watt'ın bir milyon katı Megawatt ile ifade edilir. kısaca MW'dir. 1 MW = 1.000.000 W'dır.

Grafik 47: Elektrik Piyasası Lisans Durumu (2011)



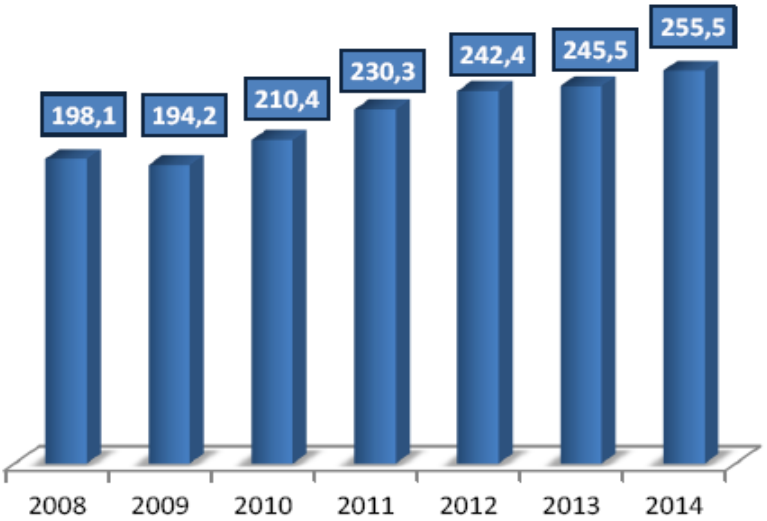
Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015..**, s. 23.

2011 yılı itibariyle en fazla lisans, doğalgaz sektöründe bulunan şirkete (16.763 şirket) verilmiştir. İkinci sırada ise hidrolik kaynağa dayalı üretim tesislerine lisans verilmiştir.

Elektrik piyasaları monopolcü yapıdan rekabetçi yapıya geçiş yaşanan piyasalardır. Birçok ülkede 1980 sonrası dönemde elektrik piyasalarında serbestleşme süreci başlamıştır[265].

[265] Hakan Çetintaş, İbrahim Murat Bicil, "Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Yapısal Dönüşüm", **Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, 2015, 2(2), ss. 1-15, s. 1.

Grafik 48: Yurtiçi Toplam Elektrik Tüketimi (GWh)



Kaynak: ATIG FOREX, **a.g.e**. s.6.

Türkiye'de 2003 yılında 141,1 GWh olan elektrik enerjisi talebi 2014 yılında % 81 oranında artarak 255,5 GWh'a yükselmiştir. 2009 yılında % 2 oranında azalan elektrik talebi, toparlanan ekonomi ile 2010 yılında tekrar artışa geçmiştir. 2010 yılında elektrik enerjisi talep artışı % 8,4, 2011 yılında % 9,4 olarak gerçekleşmiştir. 2013 yılında ise elektrik talebi beklentilerin altında % 1,3 olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılında ise talep %4 oranında artarak tekrar ekonomik büyümenin üzerinde kalmıştır[266].

Elektrik enerjisi ile GSMH arasındaki ilişki, genel enerji ile GSMH arasındaki ilişkiden daha güçlüdür. Hesaplanan ekonomik gelişme elektrik tüketimi arasındaki esneklik katsayısı genellikle 1'den büyüktür. Türkiye'de elektrik tüketimi ile ekonomik gelişme arasındaki esneklik katsayısı 1970-2000 dönemi için 1.09 olarak gerçekleşmiştir. 1970-2000 yılları arasındaki dönemde GSMH'deki artıştan daha fazla bir elektrik talebine ihtiyaç duyulmuştur. Gelişmiş ülkelerde enerji

[266] ATIG FOREX, **a.g.e**. s. 6.

tüketimi ile GSMH artışı arasında hesaplanan esneklik katsayısı genellikle 1'den düşüktür. Enerji kullanım yoğunluğu olarak da ifade edilen, her birim çıktı için kullanılan enerjinin, gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere kıyasla daha yüksek gerçekleşmesinde, ekonomik kalkınma hızı ile birlikte ekonomideki etkinsizlik önemli rol oynamaktadır. Gelişmekte olan ülkeler sanayileşme oranları geliştikçe daha fazla enerji tüketmektedir. Ancak, enerji kullanımında teknolojik donanımın geliştirilememesi ve ayrıca hizmet sektörünün gelişmemesi, çıktı başına enerji kullanımını artırmaktadır. Bu nedenle, gelişmekte olan ülkelerde, gelişmiş ülkelere kıyasla, enerjinin etkin kullanılmamasının da etkisiyle, ilave enerji talebinde artış görülmektedir[267].

Enerjinin ekonomik büyüme bakımından girdi olarak öneminin artması özellikle 1973-1974 ve 1978-1979 petrol fiyatlarının aşırı arttığı dönemdedir. Yaşanan petrol şoklarıyla[268] birlikte, enerji bağımlılığının önemi daha da anlaşılmıştır. Bu süreç sonucunda ülkeler alternatif enerji kaynakları aramaya başlamışlardır[269].

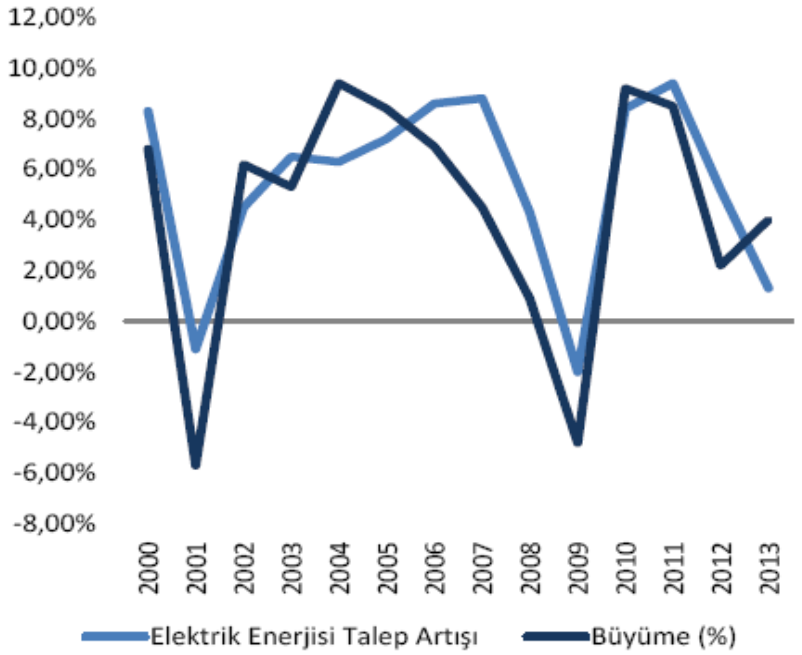
---

267 ETİMENKUL, **a.g.e.** s. 9.

268 1973 tarihinde Petrol İhraç Eden Arap Ülkeleri Birliğinin OAPEC (OAPEC, OPEC üyesi Arap ülkeleriyle Mısır ve Suriye'den oluşur) Yom Kippur Savaşı'nda ABD'nin İsrail ordusuna destek vermesine karşılık olarak ilan ettiği petrol ambargosudur (1973'de Suriye ve Mısır koordineli bir şekilde İsrail'e saldırarak Yom Kippur Savaşı'nı başlatmışlardır). OAPEC, ABD ve savaşta İsrail'den yana tavır sergileyen ülkelere artık petrol ihraç etmeyeceğini bildirir. Bununla beraber OPEC üyesi ülkeler dünya petrol fiyatlarını yükselterek ülkelerine giren kaynakları artırmaya karar verirler. 1973 yılında petrol fiyatlarındaki çok yüksek orandaki artış küresel bir ekonomik krize dönüşür.

269 Güvenek, Alptekin, **a.g.e.** s. 175.

Grafik 49: Elektrik Enerjisi Talebi ve Büyüme İlişkisi



Kaynak: ATIG FOREX, **a.g.e**. s.6.

Bir ekonomide elektrik enerjisinin talebi ile ekonominin büyümesi paralellik göstermektedr. Bu nedenle enerji kaynakları, kaynak çeşitliliği, yerli kaynakların ekonomiye kazandırılması o ekonomide önem arz etmektedir. Bu kapsamda yerli kaynakların kullanımı arttırılmalı, dışa bağımlılık azaltılmalıdır. Doğalgazın ithal edilen bir kaynak olması sebebiyle doğalgazın elektrik enerjisi üretiminde payının indirilmesi hedeflenmektedir. Bu sebeple önümüzdeki süreçte yerli kömür ve yenilenebilir enerji kaynakları elektrik üretiminde öne çıkacaktır.

Şekil 9: Elektrik Dağıtım Özelleştirmeleri

Kaynak: Türkyılmaz, **a.g.e.** 13.

TEDAŞ'a (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.) bağlı elektrik dağıtım şirketlerinin tamamı özel sektöre devredilmiştir. TEDAŞ'ın yeni sahipleri olan özel şirketler, şekildeki haritada belirtilmiştir. Özelleştirmeler sonrasında tarife düzenlemeleri yapılmış, kayıp kaçak oranları düşürülmeye çalışılmıştır. Elektrik üretim tesislerinin özelleştirmesi sürecinde, önce bazı küçük hidroelektrik santralleri özelleştirilmiş, bunu Elektrik Üretim A.Ş'ye (EÜAŞ) ait termik santrallerin özelleştirilmesi izlemiştir. Seyitömer, Kangal, Hamitabat, Yatağan, Çatalağzı, Kemerköy, Yeniköy termik santralleri özel sektöre devredilmiştir. Orhaneli, Tunçbilek, Soma termik santralleri için ihale yapılmış, devir süreci başlamıştır. Sektöre egemen olan bazı şirketler, dağıtım sektöründe pazar paylarının % 30 olduğunu, üretimdeki paylarının hızla büyüdüğünü ifade etmektedir[270].

İkincil bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin genel enerji içerisinde farklı bir yeri vardır. Çünkü elektrik enerjisi diğerleri gibi bir enerji kaynağı değil, enerji kaynaklarının değişik teknolojiler kullanılmasıyla elde edilen bir enerji şeklidir. Elektrik enerjisi, kullanımı sırasında çevreyi kirletmemektedir. Gelişmekte olan bir ülke

270 Türkyılmaz, **a.g.e**. 5.

olarak Türkiye'de altyapı yatırımlarındaki gelişmelere paralel olarak elektrik tüketiminde, yıllar itibariyle artış görülmüştür. Aynı zamanda yıllar itibariyle ülkelerin ekonomik gelişmişlik seviyesinde de önemli artışlar gözlenmiştir[271].

Elektrik tüketimi sosyo-ekonomik kalkınma için kullanılan göstergeler arasında da önemli bir yer tutmaktadır. Elektrik tüketimi, sadece sanayinin gelişmesindeki temel girdi olmasından değil, aynı zamanda insanların hayat kalitesini artıran temel bir faktör olmasından dolayı da ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynamaktadır[272].

Elektrik enerjisi sektörünün, ülkenin ihtiyacı olan elektrik enerjisini ekonomik bir şekilde karşılayabilmesi için arz, talep, iletim, dağıtım ve fiyatlandırma politikalarını etkin bir şekilde oluşturması gerekmektedir. Ayrıca en küçük yerleşim birimine kadar uzanan bir dağıtım ağına sahip olan elektrik enerjisinin, tüketiciye kullanım kolaylığı sağlaması ve elektrik enerjisinin depolanamaması, ekonomik politikaların oluşturulmasında talep çalışmalarının önemini daha da artırmaktadır. Çünkü yapılacak talep tahmininin güvenilirliği, geliştirilecek olan politikaların etkinliğini etkileyen en önemli unsurdur[273].

---

271 Muhsin Kar, Esra Kınık, "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi", **Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi**, C.X ,S II, 2008, ss.333-353, s. 335.

272 H. Murat Ertuğrul, "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz", **Enerji, Piyasa ve Düzenleme,** Cilt:2, 2011, ss.49-73, s. 51.

273 Vecihi Yigit, "Genetik Algoritma ile Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini", **International Journal of Engineering Research and Development**, Vol. 3, No. 2, June 2011, ss. 37-41, s. 37.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TÜRKİYE'DE GERÇEKLEŞEN ENERJİ TÜKETİMİ VE BÜYÜME İLİŞKİSİ ÜZERİNE NEDENSELLİK ANALİZİ

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Lee (2006), G-11 ülkelerinde (ABD, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, İtalya, Kanada, Japonya, Belçika, İsveç, İsviçre ve Hollanda) enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Almanya için 1971-2001 dönemi, Kanada için 1965-2001 dönemi ve diğer ülkeler için 1960-2001 dönemi veriler kullanılmıştır. Ele alınan değişkenler kişi başına RGSYİH ve enerji tüketimi değişkenleridir. Çalışmada Vektör Otoregresyon (VAR) ekonometrik yöntemi kullanılmıştır. Amerika'da hem enerji tüketiminin büyümeye hem de büyümenin enerji tüketimine neden olduğu, diğer taraftan İsviçre, Hollanda, Belçika ve Kanada'da enerji tüketiminin büyümeye yol açtığı ama tersinin doğru olmadığı sonucuna varılmıştır. Sayılan beş ülkede enerji tasarrufu büyümeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Fransa, İtalya ve Japonya'da ise büyüme enerji tüketimine yol açmaktadır. İngiltere, Almanya ve İsveç'de nötr nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Soytaş ve Sarı (2003), 10 gelişmekte olan ülke ve G-7 ülkelerini kapsayan bir çalışma yapmışlardır. Eşbütünleşme ve vektör hata düzeltme (VECM) ekonometrik yöntemlerini kullanmışlardır. Enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmada kişi başına GSYİH ve milyon ton kömür eşdeğeri cinsinden

ifade edilen enerji tüketimine ait yıllık veriler kullanılmıştır. Genel olarak 1950-1992 dönemine ait veriler kullanılmakla birlikte, Arjantin için 1950-1990, Endonezya için 1960-1992, Kore için 1953-1991 ve Polonya için 1965-1994 dönemine ait veriler kullanılmıştır. Çalışmaya dahil olan yedi ülke için değişkenler arasında durağan doğrusal eşbütünleşme ilişkisi mevcuttur. Arjantin'de ise çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. İtalya ve Kore'de GSYİH'dan enerji tüketimine; Türkiye, Fransa, Almanya ve Japonya'da enerji tüketiminden GSYİH'a nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Nedensellik ilişkisi Kore ve İtalya için GSYİH'dan enerji tüketimine doğrudur.

Narayan ve diğerleri (2008) G-7 ülkelerinde sanayi elektrik tüketimi ve Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (RGSYİH) arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada ABD hariç diğer G-7 ülkeleri için 1960-2002 dönemi ve ABD için ise 1970-2002 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Yapısal VAR ekonometrik yöntemi çalışılmıştır. ABD hariç diğer G-7 ülkelerinde elektrik tüketiminin kısa dönemde RGSYİH üzerinde istatistiksel olarak önemli pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. İtalya hariç diğer G-7 ülkelerinde ise RGSYİH arttığında, elektrik tüketim talebinin de artacağı ortaya çıkmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Ekonometrik Metodoloji

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla koentegrasyon analizi ve nedensellik analizi kullanılmıştır. Koentegrasyon analizi değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı araştırmaktadır. Uzun dönem ilişkinin ortaya koyulabilmesi için değişkenlerin birinci farkları alındığında durağan hale gelmeleri gerekmektedir. Kısaca değişkenler, I(1) olmak zorundadır. Bu nedenle öncelikle birim kök testinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada serilerin durağanlığı; Kapetanios (2005) çoklu yapısal kırılmalı birim kök testiyle, seriler arasındaki nedensellik ilişkileri Hacker ve Hatemi-J (2006) simetrik nedensellik testi ve Hatemi-J asimetrik nedensellik (2012) testleriyle araştırılmıştır. Seriler arasın-

da eşbütünleşme ilişkisinin varlığı Maki (2012) testiyle, uzun dönem ilişkileri ise Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler ile tahmin edilmiştir.

2.1.1. Kapetanios (2005) Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Bir iktisadi serinin durağan olması ekonometrik araştırmalarda önemli bir husustur. Çünkü durağan bir serinin ortalaması ve varyansı zamanla sabittir ve kovaryansı zamana değil, gecikme seviyesine bağlı olarak ifade etmektedir. İlk geliştirilen birim kök testleri Dickey-Fuller (1979), Phillips-Perron (1988), KPSS (1992) vs. testler, serideki yapısal kırılmaları dikkate almadan birim kök araştırması yapmaktadır. Ancak Perron(1989)'da yapmış olduğu çalışma ile bu kırılmaları dikkate almadan yapılan birim kök analizlerinin, hatalı sonuçlar verdiği tespit etmiştir. Daha sonra yapısal kırılmaları göz önünde bulunduran birim kök testleri Perron (1989)'daki çalışmasından sonra artmıştır. Bu testlerden bazıları şunlardır: Zivot-Andrews (1992), Lumsdaine-Papell (1997), Perron (1997), Ng-Perron (2001) ve Lee-Strazicich (2003) Bu yöntemlerde, serilerde bir veya iki tane yapısal kırılmaya izin verilmektedir. Kapetanios (2005) testinde ise önceki testlerden farklı olarak beş taneye kadar yapısal kırılmaya izin verilmekte, kırılma sayısı ve kırılma noktaları, test yöntemi tarafından, içsel olarak belirlenebilmektedir. Bu testte kullanılan model aşağıdaki gibidir.

$$y_t = \mu_0 + \mu_1 t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^{P} \delta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^{m} \varphi_i DU_{i,t} + \sum_{i=1}^{m} \phi_i DT_{i,t} + e_t \qquad (1)$$

$$DU_{i,t} = \begin{cases} 1, & t > TB \\ 0, & DD \end{cases} \quad \text{ise}$$

Bu denklemdeki

$$DT_{i,t} = \begin{cases} t - TB, & t > TB \\ 0, & DD \end{cases}$$

Testin Hipotezleri aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \alpha = 1$$
$$H_1 : \alpha < 1$$

Burada *DU*; sabit terimde (düzeyde), *DT* ise trendde (eğimde) meydana gelen kırılmayı belirlemeye yönelik kukla değişkenlerdir. Sıfır hipotezi altında serinin durağan olmadığı ifade edilmektedir. Bu testte yapısal kırılma noktaları, hesaplama kolaylığı açısından, Bai ve Perron (1998) algoritması kullanılarak bulunmuştur. İlk olarak her bir dönem, potansiyel bir yapısal kırılma tarihi olarak ele alınmakta ve hata terimi kareler toplamı en küçük olan modeldeki kukla değişkenin işaret ettiği tarih, ilk kırılma tarihi olarak alınmaktadır. Sonra bu tarih modele dahil edilmekte ve daha sonra ikinci kırılma tarihi, ilk adımdaki gibi araştırılmaktadır. Bu şeklide *m* tane kırılmaya kadar devam edilmektedir. Uygun yapısal kırılma sayısı ve tarihi, *t* istatistiği en küçük olan model tarafından belirlenen kırılma sayısı ve tarihtir.

2.1.2. Hacker ve Hatemi-J (2006) Simetrik ve Hatemi-J (2012) Asimetrik Nedensellik Testi

Nedensellik testleri ilk olarak Granger (1969) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonra Toda ve Yamamoto (1995), Dolado ve Lutkepohl (1996), Hacker- Hatemi J (2006) ve Hatemi-J (2012) tarafından geliştirilen testler kullanılmıştır. Granger (1969) nedensellik analizinde, durağan seriler arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmaktadır. Toda ve Yamamoto (1995), nedensellik analizi, ön test yapmanın analizin gücüne etki edebileceği varsayımı altında serilerin durağanlık derecesine ve entegre olma derecelerine duyarlı olmayan bir nedensellik testi geliştirmiştir. Toda-Yamamato (T-Y) testi, hataların normal dağıldığı varsayımına göre oluşturulmuştur. Hacker ve Hatemi-J (H-HJ 2006), hata terimi normal dağılmadığında veya ARCH yapısına sahip olduğunda T-Y testin sapmalı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Bu amaçla asimptotik χ^2 dağılımının yerine bu test için boostrap dağılımı oluşturmuştur.

H-HJ (2006), aşağıdaki gibi bir VAR$(p+d)$ modelinin tahmin edilmesini gerektirmektedir.

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p+d} \alpha_{1(i+d)} Y_{t-(i+d)} + \sum_{i=1}^{p+d} \alpha_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{1t} \quad (2)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{1(i+d)} Y_{t-(i+d)} + \sum_{i=1}^{p} \beta_{2(i+d)} X_{t-(i+d)} + \varepsilon_{2t} \quad (3)$$

Burada *d* serilerin maksimum bütünleşme derecesini göstermektedir.

Bu testte dikkat edilmesi gereken nokta, Granger nedensellik analizinde olduğu gibi standart Wald testi yalnızca ilk *p* katsayı matrisi üzerine uygulanmaktadır. Böylelikle, eşitlik (2)'de "X_t değişkeninden Y_t'ye doğru Granger nedensellik yoktur" sıfır hipotezi $H_0 : \alpha_{2i} = 0$ biçiminde tanımlanır ve buna Wald (F-testi) testi uygulanır.

Hacker ve Hatemi-J (2006)'nin çalışması simetrik nedensellik olarak adlandırılmaktadır. Nedensellik ilişkisi, global ekonomik ve politik olayların etkisiyle zamanla değişebilir. Zamana bağlı olarak seriler arasında meydana gelebilecek değişimlerin tespiti mümkün olmaktadır. Çünkü bu amaçla Hatemi-J (2012) tarafından geliştirilen asimetrik nedensellik analizi ile nedensellik ilişkisinin istikrarlılığı da test edilebilmektedir[274]. Granger ve Yoon (2002) tarafından geliştirilen, verilerin birikimli pozitif ve negatif değişimlerini içeren bileşen-

[274] Ceyhun Can, "Özcan, Turizm Gelirleri-Ekonomik Büyüme İlişkisinin Simetrik Ve Asimetrik Nedensellik Yaklaşımı İle Analizi: Türkiye Örneği", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 46, Temmuz-Aralık 2015, ss. 177-199, s. 191.

lere ayrı ayrı nedensellik testi uygulayarak asimetrik ilişkiyi araştırmıştır.

Rassal yürüyüş süreci ile tanımlanmış olan y_{1t} ve y_{2t} gibi iki seri şöyledir (Hatemi-J, 2012: s. 449).

$$y_{1t} = y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = y_{10} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{1i} \quad (4)$$

ve

$$y_{2t} = y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = y_{20} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{2i} \quad (5)$$

$y_{1,0}$ ve $y_{2,0}$ ise başlangıç değerlerini göstersin. (4) ve (5) ifadesindeki t = 1, 2, …, T'dir. ε_{1i} ve ε_{2i}, beyaz gürültü hata terimidir. Değişkenlerin pozitif ve negatif değişimleri ise sırasıyla aşağıdaki gibidir.

$\varepsilon_{1i}^{+} = \max(\varepsilon_{1i,}0)$, $\varepsilon_{2i}^{+} = \max(\varepsilon_{2i,}0)$, $\varepsilon_{1i}^{-} = \min(\varepsilon_{1i,}0)$, ve

$\varepsilon_{2i}^{-} = \min(\varepsilon_{2i,}0)$

$\varepsilon_{1i} = \varepsilon_{1i}^{+} + \varepsilon_{1i}^{-}$ ve $\varepsilon_{2i} = \varepsilon_{2i}^{+} + \varepsilon_{2i}^{-}$ dir.

Değişkenlerin pozitif ve negatif değişimleri veya şokları aracılığı ile aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$y_{1t} = y_{1t-1} + \varepsilon_{1t} = y_{1,0} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{1i}^{+} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{1i}^{-} \quad (6)$$

$$y_{2t} = y_{2t-1} + \varepsilon_{2t} = y_{2,0} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{2i}^{+} + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{2i}^{-} \quad (7)$$

Her bir serinin birikimli pozitif ve negatif değişimleri veya şokları şöyle ifade edilir.

$$y_{1t}^{+} = \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{1i}^{+} \text{ , } \quad y_{1t}^{-} = \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{1i}^{-} \text{ , } \quad y_{2t}^{+} = \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{2i}^{+} \text{ ve } \quad y_{2t}^{-} = \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_{2i}^{-}$$

Değişkenlerin bileşenleri arasındaki nedensellik ilişkisini Hacker-Hatemi-J (2006) ile test ederek asimetrik ilişkiyi araştırmıştır.

2.1.3. Maki (2012) Çoklu Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi

Koentegrasyon analizi seriler arasındaki uzun dönemli bir ilişkinin varlığını ampirik olarak araştırmaktadır. İlk çıkan Engle-Granger (1987) ve Johansen (1988, 1995) testi, seriler arasında uzun dönemli bir ilişki araştırırken yapısal değişimleri dikkate almaz. Yapısal kırılma içeren seriler arasında koentegrasyon ilişkisi araştırıldığında, kırılmaların ilişkiye dahil edilmemesi sonucu elde edilen sonuçlar sapmalı olacaktır. Bu nedenle kırılmalı koentegrasyon testleri geliştirilmiştir. Bu testlerden bazıları Gregory-Hansen (1996), Hatemi-J (2008)'dir. Bu testlerde önsel olarak yapısal kırılma sayısı bir veya iki alınmaktadır. Daha sonra geliştirilen Maki (2012) testi, maksimum kırılmaya eşit sayıda veya daha az kırılmaya sahip bir koentegrasyon testidir. Bu testte en fazla 5 kırılmayı içeren modelleme yapılabilmektedir.

Yapısal kırılma sayısını ve tarihlerini içsel olarak belirleyebildiği için diğer kırılmalı eşbütünleşme testlerinden daha güçlüdür. Bu testte her bir dönem muhtemel bir kırılma noktası olarak alınmakta, *t* istatistikleri hesaplanmakta ve *t*'nin minimum olduğu noktalar, kırılma noktası olarak kabul edilmektedir.

Çoklu kırılmayı izin veren koentegrasyon için aşağıdaki modeller kullanılmaktadır.

Sabit terimi kırılmalı trendsiz model:

$$y_t = \mu + \sum_{i=}^{k} \mu_i D_{i,t} + \beta' x_t + u_t \qquad (8)$$

Sabit ve eğim kırılmalı trendsiz model:

$$y_t = \mu + \sum_{i=}^{k} \mu_i D_{i,t} + \beta' x_t + \sum_{i=1}^{k} \beta_i' x_t D_{i,t} + u_t \qquad (9)$$

Sabit ve eğimde kırılmalı trendli model:

$$y_t = \mu + \sum_{i=}^{k} \mu_i D_{i,t} + \gamma t + \beta' x_t + \sum_{i=1}^{k} \beta_i' x_t D_{i,t} + u_t \qquad (10)$$

Sabitte, eğimde ve trendde kırılmalı model:

$$y_t = \mu + \sum_{i=}^{k} \mu_i D_{i,t} + \gamma t + \sum_{i=1}^{k} \gamma_i t D_{i,t} + \beta' x_t + \sum_{i=1}^{k} \beta_i' x_t D_{i,t} + u_t \qquad (11)$$

Bu denklemlerdeki y_t ve $x_t = (x_{1t}, ..., x_{mt})$, $I(1)$ değişkenleri göstermektedir.

$$D_i = \begin{cases} 1, & t > T_B \quad ise \\ 0, & Diger\ durum \end{cases}$$

T_B, yapısal kırılma tarihini göstermektedir.

Testin sıfır hipotezi altındaki varsayımı şöyledir: yapısal kırılmalar altında seriler arasında koentegrasyon (eşbütünleşme ilişkisi) yoktur. Testin uygulanma aşaması ile ilgili detaylar Maki (2012)'de anlatılmıştır. Bu testte ait kritik değerleri Monte Carlo simülasyonu ile elde edilmiştir.

3. VERİLER VE AMPİRİK UYGULAMA

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ampirik ilişkiyi test edebilmek için, Türkiye'nin 1970-2013 yılları arasındaki veri aralığı kullanılmıştır. Veriler Dünya Bankası'nın Dünya Gelişim Göstergelerinden (World Development Indicator) alınmıştır. Enerji tüketimi (ENE) göstergesi olarak kişi başı enerji tüketimi [Energy use (kg of oil equivalent per capita)] ve ekonomik büyüme (KGDP) göstergesi kişi başı gayri safi milli hasıla [GDP per capita (constant 2005 US$)] kullanılmıştır. Her iki değişkenin logaritması alınmıştır.

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki koentegrasyon ve nedensellik analizi ile araştırılmıştır. Koentegrasyon ilişkisi Maki (2012) çoklu kırılmalı koentegrasyon testi kullanılmıştır. Bu testin uygulanabilmesi için değişkenlerin I(1) olması gerekir. Bu amaçla kırılmalı birim kök testi ile değişkenlerin bütünleşme dereceleri araştırılmıştır. Kapetanious (2005) birim kök testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Kapetanios Birim Kök Testleri

Değişkenler	τ *istatistiği*	*Kritik Değerler*			**Yapısal Kırılma Tarihleri**
		% 1	% 5	% 10	
ENE	-6.206	-6.587	-6.113	-5.847	1984 2000
KGDP	-3.355	-6.587	-6.113	-5.847	2000 2003

Birim kök testi sonucu hem ENE hem de KGDP durağan değildir. Her iki seri, birinci farklarda durağan hale geldiğinden aralarında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı Maki (2012) koentegrasyon testi ile araştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Maki Koentegrasyon Testi

	Maksimum 2 kırılma	Maksimum 3 Kırılma
Test İstatistiği	-6.57*	-6.58*
Kritik Değerler	-6.620 -6.100	-7.082 -6.524
%1, %5, %10	-5.845	-6.267
Kırılma Tarihleri	1983, 2003	1983, 2003

*, % 1 düzeyde anlamlılığı göstermektedir.

Yapısal kırılmalar, maksimum 5 kırılmaya kadar denenmiştir. Ancak, uygun kırılma sayısı 2 olarak elde edildiğinden diğer kırılmalar gösterilmemiştir. Hem maksimum iki kırılma, hem de maksimum 3 kırılma için hesaplanan test istatistiği değeri, kritik değerlerden (% 1) küçük olması nedeniyle, enerji ile gayri safi yurt içi hasıla arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Kırılma tarihi 1983 ve 2003 olarak bulunmuştur.

Ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki uzun dönemli ilişkiyi tahmin etmek amacıyla Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (Full Modified Least Squares-FMOLS) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, standart en küçük kareler yöntemindeki otokorelasyon, değişen varyans gibi sorunlardan kaynaklanan sapmaları hesaba katmaktadır. Ayrıca değişkenlere ilişkin denklemlerin hata terimleri arasındaki eş dönemli korelasyonları da gözönünde bulundurduğundan, en küçük kareler yöntemine göre daha güçlü bir tahmincidir (Phillips ve Hansen 1990).

Enerji Tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi ve kırılma tarihlerinin etkisi içeren model tahmini şöyledir.

Tablo 3: Enerji Tüketimin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi

	Katsayılar	Olasılık Değerleri
ENE	0.872	0.000
D_{1984}	0.013	0.39
D_{2003}	0.09	0.00
Sabit	2.517	0.00

Ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerindeki etkisinin ve kırılma tarihlerinin etkisinin FMOLS ile tahmini şöyledir.

Tablo 4: Ekonomik Büyümenin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi

	Katsayılar	**Olasılık Değerleri**
KGDP	0.79	0.00
D_{1984}	0.11	0.00
D_{2003}	0.03	0.07
Sabit	2.04	0.00

Tablo 3 ve Tablo 4'de görüldüğü gibi enerji tüketiminin ekonomik büyümeye etkisi ve ekonomik büyümenin enerji tüketime etkisi pozitif ve anlamlıdır.

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini ortaya koymak üzere Hacker-Hatemi- J (2006) nedensellik analizi Tablo 5'de verilmiştir. Bu teste göre değişkenlerin bütünleşme ve entegre olma bilgisi olmadan nedensellik ilişkisi araştırılmaktadır.

Tablo 5: Hacker-Hatemi-J Nedensellik Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	**Kritik Değerler**		
		%1	%5	% 10
KGDP ⟶ ENE	1.403	8.032	4.472	3.078
ENE ⟶ KGDP	0.524	7.610	4.252	2.916

Değişkenlerin durağanlık mertebelerini ve eşbütünleşme ilişkilerini dikkate almayan Hacker-Hatemi-J (2006) nedensellik testine göre ENE ile KGDP arasında nedensellik bulgusuna rastlanılmamıştır. Çünkü test istatistik değerleri, kritik değerleri aşmamıştır. Bu nedenle serilerdeki pozitif ve negatif değişimleri için ayrı ayrı nedenselliği araştıran Hatemi-J (2012) asimetrik nedensellik ilişkisi araştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo: 6 Asimetrik Nedensellik Testi Sonuçları

	Test İstatistiği	Kritik Değerler		
		% 1	% 5	% 10
$ENE^{+} \rightarrow KGDP^{+}$	0.276	7.232	4.475	2.846
$ENE^{-} \rightarrow KGDP^{-}$	5.165*	11.875	4.546	2.657
$KGDP^{+} \rightarrow ENE^{+}$	3.803**	8.087	4.636	3.378
$KGDP^{-} \rightarrow ENE^{-}$	0.034	10.156	3.651	2.647

*, % 5 düzeyine göre anlamlılığı göstermektedir. ** ise % 10 düzeyine göre anlamlılığı göstermektedir.

Serilerin pozitif ve negatif değişimlerine göre nedensellik ilişkisini araştıran asimetrik nedensellik testine göre, pozitif şoklarda enerji kullanımından, ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyümeden enerji tüketime doğru ise, negatif şoklarda nedensellik bulgusuna ulaşılmıştır.

SONUÇ

Enerji sektörü ekonominin sanayi, tarım ve hizmetler sektörleriyle yakın ilişkilidir. Ekonomik faaliyetlerin temelinde enerji tüketimi vardır. Enerji ayrıca ülkelerin gelişmişlik düzeylerini de etkilemektedir. Enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji talebindeki artış, ekonomik büyümenin nedenidir. Büyüme daha fazla enerji tüketimine yol açar. Türkiye gelişmekte olan bir ülke olarak enerji kullanımı artan seyir izleyen ülkeler arasındadır.

Türkiye petrol ve doğalgazda sürdürülebilir enerji rezervlerine sahip değildir. Ancak özellikle linyit ve yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça şanslı bir ülkedir. Türkiye söz konusu potansiyelini kullanma konusunda daha fazla çalışma yapmalıdır. Ülke hala enerji ihtiyacının çok büyük bir oranını ithal etmektedir. Petrol ve doğal gaz tükenebilir olmaları nedeni ile, bağımlılıkları azaltılması gereken enerji kaynaklarındandır. Enerji üretiminde ağırlık yenilenebilir enerji kaynaklarına verilmelidir. Yerli kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynakları dikkate alınarak, enerji yatırımlarına yön verecek enerji arz talep projeksiyonları, beş ve on yıllık vadeler için yapılmalıdır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi için gerekli olan teknolojilerin kullanılabilmesi için yasal düzenlemelerin yapılması ve bürokrasinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'de petrol ve doğal gaza bağlı enerji kullanımı, enerji ithalatı üzerinden cari açığın artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle ülkenin enerjiye bağımlılığını azaltmak gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin olan Türkiye için, bu kaynakları verimli kullanmak, enerjide dışa bağımlılığa alternatif bir çözüm olmaktadır.

Enerji sektöründe uygulanacak politikalar, enerji üretiminin dayanacağı kaynakların seçimi, enerjinin daha verimli kullanımı, çevreye verilen zararın asgari düzeyde olması, yatırımın yapılacağı yerde yaşayan insanların çıkarlarının korunması vb. ölçütleri gözeterek yapılmalıdır. Elektrik üretiminde fosil yakıtların payını arttırmayı öngören uygulamalardan vazgeçilmelidir. Destekler, yenilenebilir enerji kaynaklarına verilmelidir. Enerji yatırımlarında dışa bağımlılığı yoğunlaştıran doğal gaz ve ithal kömür yerine, yerli kaynaklar değerlendirilmelidir. Planlama çalışmaları üniversiteler, bilimsel araştırma kurumları, meslek odaları, uzmanlık dernekleri, sendikalar ve tüketici örgütlerinin katılımları ile gerçekleştirilmelidir. Enerji sektöründe denetlemenin, fiyat oluşumunun, kayıp, kaçak oranlarının etkinleştirilmesi konusunda da ek çalışmalar yapılmalıdır.

Türkiye'de sürdürülebilir bir kalkınmanın gerçekleşebilmesi için, fosil yakıtlara alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam enerji kaynakları üretimi içerisindeki payının arttırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilen üretim teknolojilerinin geliştirilebilinmesi için, gelişmiş ülkeler Ar-Ge yatırımlarının GSYİH içerisindeki payını arttırmaktadırlar. Bu ülkeler hükümetleri aracılığıyla, enerji kaynaklarına yönelik her türlü teşvik mekanizmasını uygulamaya geçirmektedirler. Enerji sektörünü teşvik sistemlerinde, enerjinin fiyatlandırılmasında, vergilendirilmesinde, enerji sektörü yatırımlarının finansmanında fayda-maliyet ve etki analizi çalışmaları yapmaktadırlar.

Avrupa ülkeleri, güneş enerjisi kaynağı bakımından yüksek potansiyele sahip değillerdir. Ancak bu durumda bile güneş enerjisi kaynağını kullanabilme teknolojileri için çalışmalar yapmışlardır ve bu çalışmalardan verimli sonuçlar çıkarmışlardır. Ancak Türkiye gibi güneş enerjisi bakımından yüksek potansiyele sahip bir ülke, bu durumdan potansiyelin çok altında fayda sağlamaktadır.

Yine Türkiye'de sanayileşme politikalarında öncelikler gözden geçirilmelidir. Yarattığı katma değeri görece düşük, enerji yoğun sanayi sektörleri yerine enerji tüketimi düşük, yaratacağı katma değeri yüksek ileri teknolojili sanayi dallarının (elektronik, bilgisayar donanım ve yazılım, nano-teknolojiler vb.) gelişimine ağırlık verilmelidir.

Yenilenebilir enerji, teşvikler nedeni ile ucuzlasa da, halen fosil yakıtlarıyla rekabet etmektedir. Fosil yakıt teşvikleri, yenilenebilir enerjiyi göreceli olarak daha maliyetli hale getirmektedir. Bu da, yenilenebilir enerjiye yatırım oranlarını azaltmaktadır.Ayrıca yenilenebilir enerji projeleri, fosil yakıta dayalı projelere kıyasla daha küçük ölçekte olmaktadırlar.

Bu nedenlerle Türkiye'de yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payını artırmak için finansal teşvikler arttırılmalı, ileri teknoloji ile üretim yapmanın yolu olan AR-GE çalışmalarına önem verilmelidir. Fosil yakıt kullanımını azaltıcı politikalar düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

Acar Sevil, Lucy Kitson, Richard Bridle, GSI Report, İİSD (International Institute for Sustainable Development), **Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri**, Mart 2015.

Altaş İsmail H., "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye'deki Potansiyel", **Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e**, Sayı 45, Bileşim Yayıncılık A.Ş., İstanbul, Şubat 1998, ss.58-63.

Arslan Sinan, Mustafa Darıcı, Çetin Karahan, "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli", **Jeotermal Enerji Semineri**, İYTE, 2001, ss.21-28.

Atılgan İbrahim, "Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış", **Gazi Üniv. Müh.Mim.Fakültesi Dergisi,** Cilt 15, No 1, 31-47, 2000.

ATIG FOREX, **Dünyada Enerji Görünümü**, 22 Ocak, 2015.

Ayaz M.Emrah, Müberra Şahin, Sedat İnal, **Çorum İlinin Doğal Kaynaklar Potansiyeli**, MTA Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü, Çorum, 2010.

Aydın Fatma Fehime, "Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme", **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 35, Ocak-Temmuz 2010, ss. 317-340.

Aydal Doğan, Yelda Cumalıoğlu, **Enerjiye Açılan Karanlık Kapılar**, Destek Yayınevi:145, İstanbul, 2011.

Bacanlı Ülker Güner, "Türkiye'de Enerji Kaynakları ve Hidroelektrik Enerjinin Önemi", **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi**.

Bahar Ozan, "Türkiye'de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme", **Muğla Üniversitesi SBE Dergisi,** Bahar 2005, Sayı 14.

Başol Koray, Mustafa Durman, Hüseyin Önder, **Doğal Kaynakların ve Çevrenin Ekonomik Analizi**, Alfa Aktüel Yayıncılık, Bursa, 2007.

Bayraç H. Naci, "Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 10(1).

Bayraç H. Naci, "Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları", **Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt/Vol. XXX, Sayı/No. 1, 2011, ss. 37-57.

Bayrak Metin, Ömer Esen, "Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözümüne Yönelik Arayışlar", **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 28, Sayı: 3, 2014, ss. 139-158.

Bayrakdar Ezgi, Mehmet Ali Faruk Öksüzömer, Tuba Gürkaynak Altınçekiç, "Nikel Esaslı Katalizörlerin Poliol Yöntemiyle Hazırlanması ve Karakterizasyonu", **Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi**, 3-6 Eylül 2012, Koç Üniversitesi, İstanbul, 2012, ss. 1-6.

Berkün Mehmet, Egemen Aras, Tuğçe Koç, "Barajların ve Hidroelektrik Santrallerin Nehir Ekolojisi Üzerinde Oluşturduğu Etkiler", **TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri,** Sayı: 452, 2008/6, 2008, ss. 41-48.

Bockrıs John O'M., T.Nejat Veziroğlu, Debbı Smıth, **Güneş Enerjisi**, İletişim Yayınları, İstanbul.

Cömert Nusret, "Türkiye'nin Petrol Potansiyeli ve Yeni Petrol Kanunu", **PETFORM Yayını**.

Çetintaş Hakan, İbrahim Murat Bicil, "Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Yapısal Dönüşüm", **Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi**, 2015, 2(2), ss. 1-15.

Çolak İlhami, Mehmet Demirtaş, "Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi", **Türk Bilim Araştırma Vakfı Yayını**, Cilt:1, Sayı: 2, 2008, ss. 55-62.

Çondur Funda, Umut Evlimoğlu, "Türkiye'de Madencilik Sektörünün Girdi-Çıktı Analizi Yöntemiyle İncelenmesi", **Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Sayı: 17, 2007, ss. 25-41.

Demirtaş Mehmet, İbrahim Sefa, Erdal Irmak ve İlhami Çolak, "Güneş Enerjili Sistemler İçin Mikrodenetleyici Tabanlı DA/DA Yükselten Dönüştürücü", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 23, No 3, 2008, ss. 719-728.

Dinçer Furkan, "Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme", **KSU Mühendislik Dergisi**, 14(1), 2011, ss.8-17.

Dickey, D.A. ve Fuller, W.A., (1979) "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", **Journal of the American Statistical Society**, 75, 427: 431.

Dickey D.A.ve Fuller W.A.(1981), "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", **Econometrica,** 49(4), ss. 1057 1072.

Dickey, D.A.ve Fuller W.A. (1979), "Distribution of the Estimators for Auto-regressive Time Seres With a Unit Root", **Journal of the American Statistical Association**, 74, 366, ss. 427 431.

Dolun Leyla, **Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi ve Kullanılan Kaynaklar**, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. Yayını, Aralık 2002, Ankara.

DOĞAKA (Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı), **Enerji Sektörü Raporu (TR63 Bölgesi Enerji Sektör Raporu)**, 2014.

Doğanay Hayati, **Ekonomik Coğrafya 2 Enerji Kaynakları**, Şafak Yayınevi, Erzurum, 1998.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ, "Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi", 2009.

ETİMENKUL, **Enerji Sektörü Raporu**, Eti Menkul Kıymetler A.Ş. Araştırma Bölümü.

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI, **Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü 2015**, 2015.

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU, **Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2013**, Haziran 2014, Ankara.

Engin Mustafa, Metin Çolak, "Güneş-Rüzgar Hibrid Enerji Üretim Sisteminin İncelenmesi", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt:11, Sayı:2, 2005, ss.225-230.

Ertuğrul H. Murat, "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz", **Enerji, Piyasa ve Düzenleme,** Cilt:2, 2011, ss.49-73.

Ertuğrul Ömer Faruk, M. Bahattin Kurt, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, ss. 37-41.

Eskin Nurdil, "Türkiye'de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme", **Tesisat Mühendisliği Dergisi**, Sayı: 91, 2006, ss.74-82.

Gökdemir Murat, Murat İhsan Kömürcü, Taylan Ulaş Evcimen, "Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış", **TMH-471,** 2012/1.

Göksu Ekrem, **Enerji Kaynakları I**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları No: 21, İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Ofset Matbaası, İstanbul, 1986.

Gregory, A.W., B.E. Hansen (1996), "Residual-Based Tests for Cointegration in Models With Regime Shifts", **Journal of Econometrics**, 70(1), 99-126.

Gregory, A.W. ve Hansen, B.E. (1996). Tests for Cointegration in Models with Regime and Trend Shifts, **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 58(3): 555-560.

Güvenek Burcu, Volkan Alptekin, "Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi", **Enerji, Piyasa ve Düzenleme**, Cilt:1, Sayı:2, 2010, Sayfa 172-193.

Hacker, R.S. and Hatemi-J, A. (2006). "Tests for Causality Between İntegrated Variables Using Asymptotic and Bootstrap Distributions: Theory and Application", **Applied Economics,** 38(13), pp.1489-1500.

Hatemi-J A. (2008). Tests for Cointegration with Two Unknown Breaks with an Application to the Financial Market Integration, **Empirical Economics**, 35(3): 497-505.

Hatemi-J, A. (2012), "Asymmetric Causality Tests with an Application", **Empirical Economics**, 43: 447:456

Hayli Selçuk, Rüzgar Enerjisinin Önemi, Dünyada ve Türkiye'deki Durumu", **Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 2001, ss.1-30.

IEA Bioenergy Task: 37, 2011.

İnan Aybüke, "Kerkük-Yumurtalık Petrol Boru Hattı ve Türkiye-Irak İlişkileri (1973-2011)", **Ortadoğu Analiz,** Ağustos 2013, Cilt: 5, Sayı: 56, ss. 68-855.

İşcan Erhan, "Petrol Fiyatının Hisse Senedi Piyasası Üzerindeki Etkisi", **Maliye Dergisi**, Sayı 158, Ocak-Haziran, 2010.

İşeri Emre, Cem Özen, "Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerjinin Konumu", **İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi**, No:47, Ekim 2012, ss.161-180.

İTO, **Enerji ve Çevre Uyumu**, İTO Yyın No: 2008-31, İstanbul, 2008.

Kantörün Ufuk, "Bölgesel Enerji Politikaları ve Türkiye", **Bilge Strateji**, Cilt 2, Sayı 3, Güz 2010, ss.87-114.

Kar Muhsin, Esra Kınık, "Türkiye'de Elektrik Tüketimi Çeşitleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ekonometrik Bir Analizi", **Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi**, C.X ,S II, 2008, ss. 333-353.

Karadayı Sezen, Zafer Hüseyin Ergan, "Geleneksel/ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Arttırılması İçin Öneriler", **EJOIR**, Aralık 2015, IWCEA Özel Sayısı Cilt 2, ss.111-122.

Karagöl Erdal, Erman Erbaykal, H. Murat Ertuğrul, "Türkiye'de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı", **Doğuş Üniversitesi Dergisi,** 8 (1) 2007, ss.72-80.

Karagöl Burak, **Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı**, Kalkınma Bakanlığı Bilgi Toplumu Dairesi Başkanlığı, Yayın No: 2850, Mayıs, Ankara, 2013.

Karakış Esra, **Aylık Enerji İstatistikleri Raporu-5**, EİGM Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Mayıs 2015.

Karaman Sedat, Ahmet Kurunç, "Seraların Jeotermal Enerji ile Isıtılmasında Ortaya Çıkabilecek Çevresel Etkiler", **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 2004, 21 (2), ss.80-85.

Karayılmazlar Selman, Nedim Saraçoğlu, Yıldız Çabuk, Rıfat Kurt, "Biyokütlenin Türkiye'de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi", **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, Cilt: 13, Sayı: 19, 2011, ss.63-75.

Kaygusuz Kamil, Ahmet, Sarı, "Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu, Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", **Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, TMMOB, 3-4 Ekim 2003, Kayseri, ss.347-356.

Kılıç Fatma Çanka, "Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri", **Mühendis ve Makine Dergisi**, Cilt: 52, Sayı: 617, ss.94-106.

Kılıç Fatma Çanka, Mehmet Keskin Kılıç, "Jeotermal Enerji ve Türkiye", **Mühendis ve Makina**, C. 54, S: 639, 2013.

Koç Erdem, Mahmut Can Şenel, "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme", **Mühendis ve Makina Dergisi**, Sayı: 639, Cilt: 54.

Korkmaz Özge, Abdülkadir Develi, "Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki", **Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt:27, Sayı:2, Yıl:2012, ss.1-25.

Köksal Bülent, Abdülkadir Civan, "Nükleer Enerji Sahibi Olma Kararını Etkileyen Faktörler ve Türkiye için Tahminler", **Uluslararası İlişkiler**, Cilt 6, Sayı 24, Kış 2010, ss. 117-140.

Kum Hakan, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar", **Erciyes Üniversitesi ktisadi ve dari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Sayı: 33, Temmuz-Aralık 2009, ss.207-223.

Kwiatkowski, D. , Phillips, P.C. B. , Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992), "Testing The Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That The Economic Time Series Have a Unit Root?", **Journal of Econometrics**, 54, ss.159- 178.

Lee Chien-Chiang, "The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited", **Energy Policy**, 34 (9), 2006, 1086–1093.

Maki, D. (2012). Tests For Cointegration Allowing for an Unknown Number of Breaks, **Economic Modelling**, 02392: 1-5.

Mehrübeoğlu Mehrübe, Lifford McLauchlan, David Nicholas Patterson, "Deniz Dalgalarından Elekrik Üretimi: Küçük Çapta Bir Uygulama", **EMOBİ-LİM**, 2009, ss.32-41.

Mutlu Ahmet, "Nükleer Demodelik mi, Sürdürülebilir Enerji mi", **Standart**, Temmuz, 2002.

Narayan Paresh Kumar, Seema Narayan, Arti Prasad, "A Structural VAR Analysis of Electricity Consumption and Real GDP: Evidence from The G7 Countries", **Energy Policy**, 36 (7), 2008, 2765– 2769.

Önal Eylem, Rahmiye Zerrin Yarbay, "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği", **İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Yıl: 9, Sayı: 18, Güz 2010, ss.77-96.

Özcan Emine Sonnur, **Dünyada ve Türkiyede Güneş Enerjsi**, TUBİTAK 2012.

Özdemir Nevin, E. Omca Çobanoğlu, "Türkiye'de Nükleer Santrallerin Kurulması Ve Nükleer Enerji Kullanımı Konusundaki Öğretmen Adaylarının Tutumları", **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi** (H. U. Journal of Education) 34: 2008, ss.218-232.

Öztürk Nihat, Mehmet Bilgiç, Cemali Arslan, "Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'deki Hidrojen Potansiyeli", **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayını**.

Perron, P. 1989. The Great Crash, The Oil Price Shock, and The Unit Root Hypothesis, **Econometrica,** 57(2): 1361-1401.

Perron, P. 1997. Further Evidence on Breaking Trend Functions in Macroeconomic Veriables, **Journal of Econometrics,** 80: 355-385.

Phillips, P., & Hansen, B. (1990). "Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes". **Review of Economic Studies**, *57*, 99–125.

Phillips, P.C. B ve Perron, P. (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", **Biometrika**, 75(2), ss.335 346.

Sağlam Mustafa, Tanay Sıdkı Uyar, "Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli", **Elektrik Mühendisleri Odası**, Ankara, 2005.

Soytaş Ugur ve Ramazan Sarı, "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets", Energy Economics, 25(1), 2003, 33-37.

Şekkeli Mustafa, Ö. Fatih Keçecioğlu, "Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması", **KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 14(2), 2011, ss.19-26.

Şengüler İlker, Sürdürülebilir Enerjive Linyit Kaynaklarımız, **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 10. Enerji Kongresi**,Ankara, 2012, ss.25-31.

Tamzok Nejat, "Kömür Rezervlerine Sahip Ülkelerde Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynakların Seçimi Ve Türkiye'nin Konumu", **TMMOB Maden Mühendisleri Odası**, Ankara, ss. 279-291.

Taner Ahmet Cangüzel, Fizik Yüksek Mühendisi, "Afrika, Asya ve Avrupa Ülkelerinde Baz Yük Kaynağı Küresel Kömür ve Düşük Kalorili Linyit Tüketen Elektrik Santralleri Önlenemeyen Yükselişi", **Fizik Mühendisleri Odası**, ss.1-8.

Taşgetiren Süleyman, "Rüzgar Enerjisi", **ÇEV KOR Dergisi**, Ekim-Kasım-Aralık, Cilt:8, Sayı: 29, 25-30, 1998, ss.23-30.

Topal Murat, E.Işıl Arslan, Biyokütle Enerjisi ve Türkiye, **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, UTES, 17-19 Aralık, 2008, İstanbul, ss.241-248.

Tutar Filiz, Mehmet Vahit Eren, "Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye", **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, Yıl:3, Sayı:6, Kış, 2011.

Türkiye Taşkömürü Kurumu Genel Müdürlüğü, **Taşkömürü Sektör Raporu Mayıs 2015**, 2015, Ankara.

Türkiye Petrolleri, **Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu Mayıs 2015**, 2015.

Türkyılmaz Oğuz, "Enerji Politikaları Artan Bağımlılık Çıkmazında", **Bülten TMMOB Makina Mühendisleri Odası Ocak 2015 İtibarıyla Türkiye'nin Enerji Görünümü Raporu**, Şubat 2015 Sayı 200, İstanbul.

ULUSLARARASI STRATEJİK ARAŞTIRMALAR KURUMU (USAK) Enerji Güvenliği Araştırmaları Merkezi, **Boru Hatlarının Güvenliği Özelinde Türkiye'de Kritik Enerji Altyapısı ve Güvenliği**, Kritik Enerji Altyapı Güvenliği Projesi Sonuç Raporu, No:4, Ankara.

Varınca Kamil B., M. Talha Gönüllü, "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", **UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi**, 21-23 Haziran, ESOGÜ, Eskişehir, 2006.

Veysel Ayhan, "Avrupa'nın Enerji Arz Güvenliğinde Türkiye: Petrol, Doğal Gaz ve Entegrasyon", **Uluslararası İlişkiler**, Cilt 5, Sayı 20 (Kış 2009), ss. 155-178.

Yarman Tolga, **Enerji ve Türkiye**, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:89, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 21, Eskişehir, 1985.

Yazar Yusuf, **Enerji İlişkileri Bağlamında Türkiye ve Orta Asya Ülkeleri**, Ahmet Yesevi Üniversiesi, Ankara, 2011.

Yerebakan Metin, **Rüzgar enerjisi**, İTO Yyın No: 2001-33, İstanbul, 2001.

Yeşil Muhammed Alperen, **TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu**, Serhat Kalkınma Ajansı Yayını, Ocak 2015.

Yigit Vecihi, "Genetik Algoritma ile Türkiye Net Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2020 Yılına Kadar Tahmini", **International Journal of Engineering Research and Development**, Vol.3, No.2, June 2011, ss.37-41.

Yiğitgüden H.Yurdakul, **Türkiye'de Elektrik Enerjisi Sektöründe Özelleştirme Politikaları ve Çalışmaları**, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1999-57, İstanbul, 1999.

Yorulmaz Şerife, "Türkiye'de Kömürün Keşfi ve Kömür İşletme İmtiyazları (1829-1937)", **Türkiye 11. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı**, 10-12 Haziran 1998, Bartın-Amasra.

Yorkan Arzu, "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye'ye Etkileri", **Bilge Strateji**, Cilt 1, Sayı 1, Güz, 2009.

İnternet Kaynakları

BİYOGAZ DERNEĞİ, http://www.biyogazder.org/biyogaz_enerjisi.htm.

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI, http://www.enerji.gov. tr/index. php? dil=tr&sf=web pages&b=ruzgar &bn=231&hn=&nm=384&id=40696# (2)

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI, http://www.enerji.gov.tr/ tr/inc_ jeotermal.php (3).

Gençoğlu Muhsin T., Mehmet Cebeci, Murat Güneş, "Güneş Enerjisi İle Çalışan PLC Kontrollü Su Pompası Sistem Tasarımı", https://www.researchgate .net/profile /MT Gencoglu/publication/266346239 _Gne_Enerjisi_le_ alan_PLC_ Kontroll_Su_Pompas_Sistem Tasarm/ links/5565611108ae94e957205aa2.pdf.

http://yenilenebilirenerjikaynaklari.biz/yenilenebilirenerjikaynaklari/yenilenebilir-enerji-2/dalga-gelgit-ve-akinti-enerjisi-nedir.html.

http://vizyon21yy.com/documan/Genel_Konular/Enerji/Dalga_Enerjisi/Dalga_Enerjisi.pdf.

http://enerjigunlugu.net/petrol-dustu-diye-buyur-muyuz_11892.html.

http://www.nukte.org/node/179.

http://itunovatto.com.tr/h2o/news/view/dalgalarin-mekanik-hareketi-elektrik-enerjisine-donusuyor/19.

http://enerjigunlugu.net/petrol-dustu-diye-buyur-muyuz_11892.html

http://www.emo.org.tr/ekler/0082ac261d74f5a_ek.pdf.

Kadıoğlu Sedat, Zarife Tellioğlu, Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkiler; TMMOB Enerji Sempozyumu 2013; http://www.emo.org.tr/ekler/63ea51 eeb9eb4b9 _ek.pdf.

MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ; http://www.mta.gov.tr/ v2.0/ dairebaskanliklari/enerji/index.php?id= jeotermal_ potansiyel.

www.petform.org.tr/?lang=tr&a=2&s=4.

www.nukte.org/node/179.

www.enerjiatlasi.com/ruzgar.

www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/nukleer-enerji-dosyasi-1-bolum/8888#ad-image0.

www.globalenerji.com.tr/dergide-bu-sayi/2011/12/14/enerji-sektorunde-liberali zasyon--i.

www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-ener gy.html.