

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ DURUMU - GENEL DEĞERLENDİRME

Erdem Koç

Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, Samsun
erdemkoc@omu.edu.tr

Mahmut Can Şenel*

Arş. Gör., Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, Samsun
mahmutcan.senel@omu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, enerji kaynaklarının Dünyadaki ve Türkiye'deki durumu incelenmiştir. Enerji kaynaklarının rezerv/kapasite, üretim ve tüketim değerleri üzerinde durulmuştur. Ülkelerin enerji üretimi ve tüketimi, CO₂ emisyonu ve elektrik enerjisi tüketimi incelenerek kişi başına enerji ve elektrik enerjisi tüketimi çeşitli dünya ülkeleri için karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Ayrıca yenilenemez (petrol, doğal gaz, kömür, uranyum toryum), yenilenebilir enerji kaynakları (hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi) için durum tespiti yapılmış ve ülkelerin yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, yenilenebilir enerji, yenilenemez enerji, kişi başına enerji

The State of Energy in World and Turkey - General Evaluation

ABSTRACT

In this study, the situation of energy sources was examined in the world and Turkey. Reserve/capacity, production and consumption values of energy sources were emphasized. Energy production and consumption, CO₂ emission and electricity energy consumption of countries were investigated. Energy consumption and electricity energy consumption per capita were comparatively analyzed for various countries in the world.

In addition, the situation of renewable (hydraulic energy, geothermal energy, biomass energy, solar energy and wind energy), non-renewable energy sources (oil, natural gas, coal, uranium and thorium) have been determined and the renewable electric power capacities of countries were also investigated widely.

Keywords: Energy, renewable energy, non-renewable energy, energy per capita

* İletişim yazarı

Geliş tarihi : 02.10.2012

Kabul tarihi : 12.02.2013

Koç, E., Şenel, M. C. 2013. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme," Mühendis ve Makina, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.

1. GİRİŞ

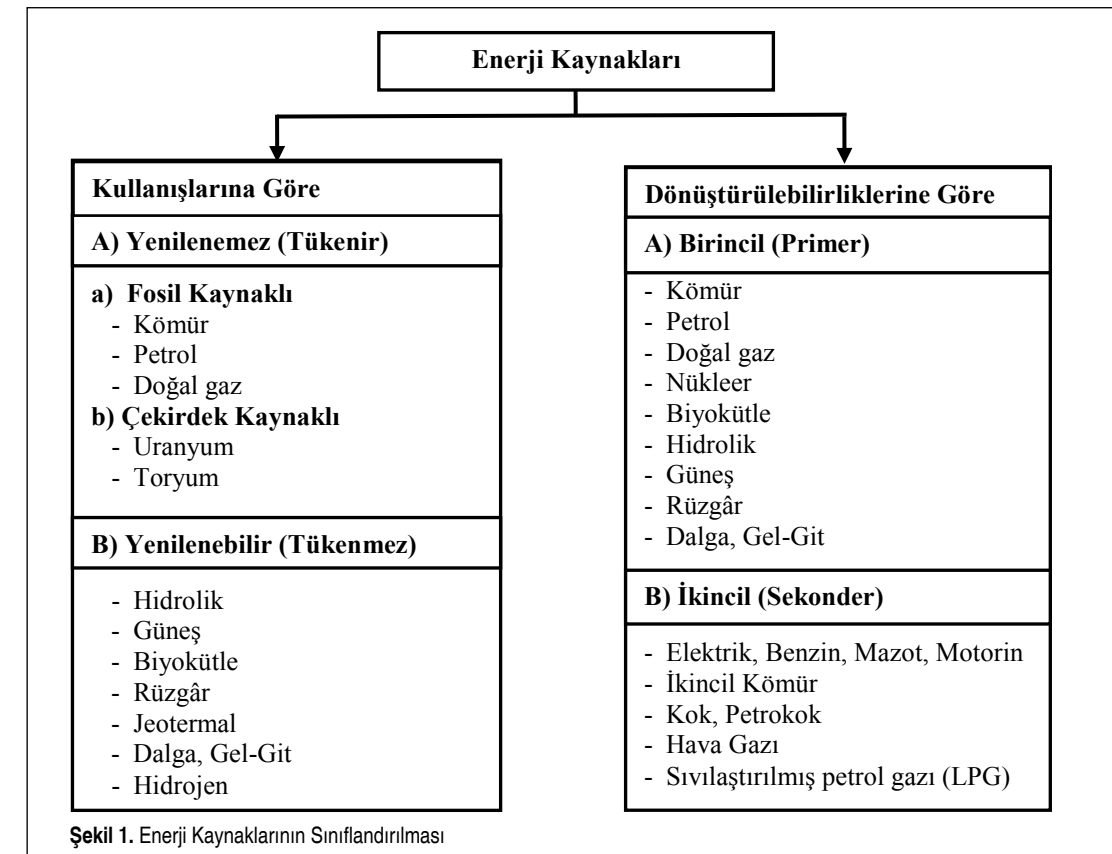
Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme enerjeye olan talebin hızla artmasına sebep olmaktadır. Enerji, üretimde zorunlu bir üretim faktörü olup bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olan temel göstergelerden biridir. Enerji tüketimiyle sosyal kalkınma arasında doğrusal bir ilişki olup, ekonomik gelişme ve refah artışıyla enerji tüketiminin de arttığı görülmektedir [1, 2].

Günlük yaşamda her aşamada kullanım alanı bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Ekonomik anlamda değişik yöntemlerle enerji elde edilen kaynaklar, enerji kaynakları olarak isimlendirilmekte ve değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir (Şekil 1). Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir [3].

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış şekline birincil (primer) 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 (sekonder) enerji şeklinde tanımlanmaktadır. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarıdır [3].

Tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan enerji kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını düzenleyebilmek amacıyla dünyadaki ve ülkemizdeki enerji kaynakları için bir durum tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarının rezerv/kapasite, üretim ve tüketim değerleri detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca sanayileşmenin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli göstergelerinden biri olan kişi başına elektrik enerjisi tüketim miktarı, çeşitli ülkeler için karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.



Şekil 1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

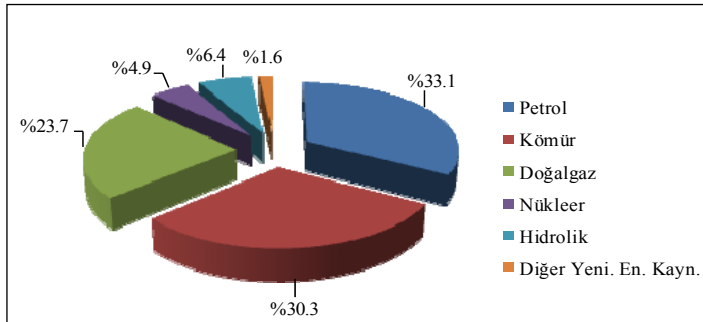
2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ DURUMU

2.1 Dünyada ve Türkiye'de Birincil Enerji Durumu

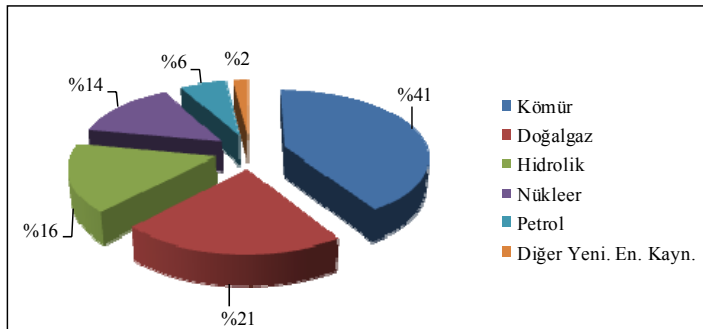
Dünyada kullanılmakta olan enerjinin çoğu birincil enerji kaynaklarından elde edilmektedir. 2011 yılı verilerine göre dünyada birincil enerji kullanım miktarı 12274.6 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Şekil 2'de birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan kaynakların sırasıyla; petrol (%33.1), kömür (%30.3) ve doğal gaz (%23.7) olduğu görülebilmektedir. Burada diğer yenilenebilir enerji kaynakları olarak bahsedilen; rüzgar, güneş, biyoyakıt ve jeotermal enerji kaynaklarıdır [4].

Dünyada 2011 yılı elektrik enerjisi üretiminde kullanılan birincil enerji kaynaklarının dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Aynı yıl birincil enerjiden elektrik enerjisi üretim miktarı 22018.1 TWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi üretiminde en büyük paya sahip olan birincil enerji kaynakları sırasıyla; kömür (%41), doğal gaz (%21) ve hidrolik (%16) olarak gerçekleşmiştir [4].

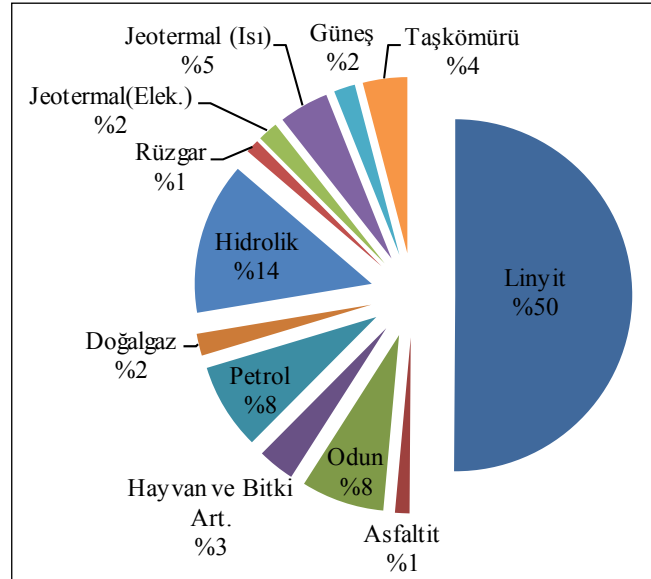
2011 yılı Türkiye birincil enerji üretimi 32228.9 Btep (bin ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıl birincil enerji üretiminin kaynaklar bazındaki dağılımı sırasıyla; linyit (%50), hidrolik (%14), odun (%8), petrol (%8), jeotermal-ısı (%5) ve taşkömürü (%4) şeklindedir (Şekil 4). 2011 yılında 2010 yılına göre; linyit, jeotermal, rüzgar, güneş gibi kaynak-



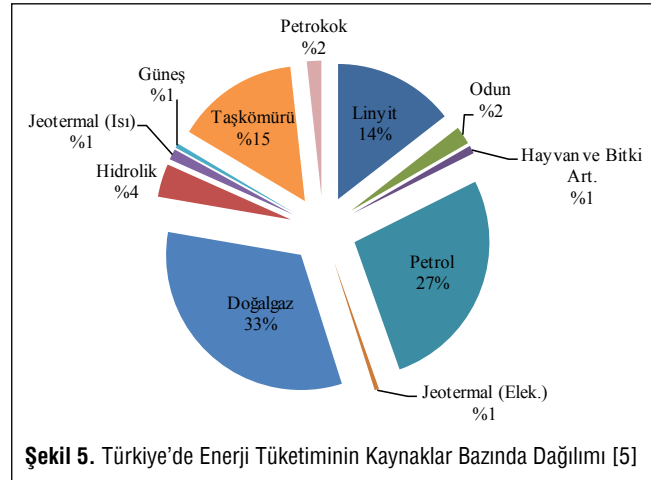
Şekil 2. Dünyada 2011 Yılı Birincil Enerji Kullanımı [4]



Şekil 3. Dünyada 2011 Yılı Birincil Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimi [4]



Şekil 4. Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklar Bazındaki Dağılımı [5]

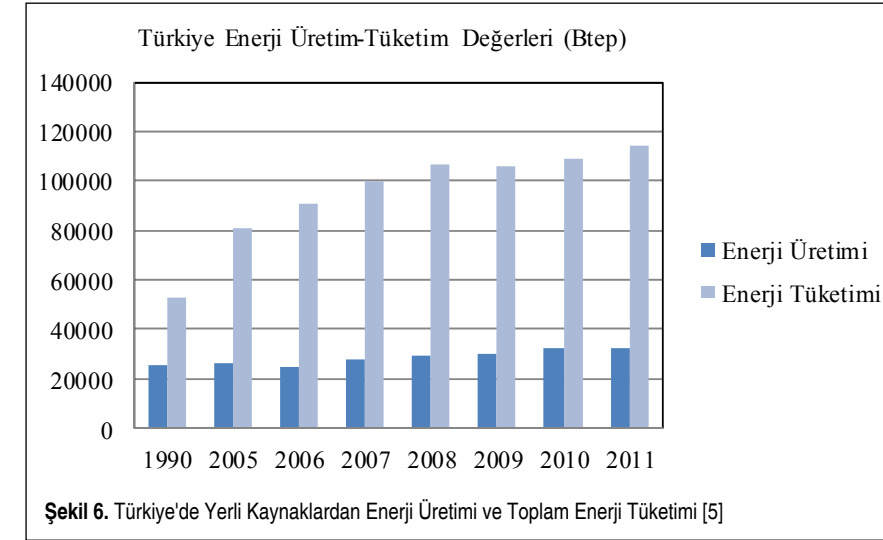


Şekil 5. Türkiye'de Enerji Tüketiminin Kaynaklar Bazında Dağılımı [5]

lardan birincil enerji üretimi artarken; odun, hayvan ve bitki artığından birincil enerji üretiminin azaldığı tespit edilmiştir [5].

Türkiye toplam enerji tüketiminin kaynaklar bazındaki dağılımı ise Şekil 5'te özetlenmiştir. Türkiye'nin 2011 yılı toplam enerji tüketimi 114480.2 Btep olup ülkemiz dünyada enerji tüketimi en yüksek 23. ülke konumundadır. Enerji tüketimimizin büyük bir kısmını dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payları sırasıyla; doğal gaz (%33), petrol (%27), taşkömürü (%15), linyit (%14) ve hidrolik (%4) şeklinde gerçekleşmiştir [5-6].

1990-2011 yılları arasında Türkiye'de yerli kaynaklardan enerji üretim miktarı ve toplam enerji tüketim miktarı Şekil 6'da verilmiştir. Türkiye'de yerli kaynaklardan enerji üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı yıllar içerisinde hız-



Şekil 6. Türkiye'de Yerli Kaynaklardan Enerji Üretimi ve Toplam Enerji Tüketimi [5]

Tablo 1. Fosil Kaynaklı Yakıtların Dünyadaki Durumu [4]

Kaynaklar	Dünya Rezervi (2011)	Dünya Rezervlerinin Kullanılabilir Süreleri (Yıl)	Dünya Fosil Yakıt Değerleri (2011)		
			Üretim (Mtep)	Tüketim (Mtep)	Tüketim Payı (%)
Petrol (Milyar ton)	225.4	54	3995.6	4059.1	38
Doğalgaz (Trilyon m³)	208.4	64	2954.8	2905.6	27.2
Kömür (Milyar ton)	Taş kömürü	112	3955.5	3724.3	34.8
	Linyit				
TOPLAM			10905.9	10689	100

la azalmıştır. Bu oran 1990 yılında %48.1 iken 2011 yılında %28.2 olarak gerçekleşmiştir [5].

2.2 Dünyada ve Türkiye'de Yenilenemez Enerji Durumu

En önemli yenilenemez enerji kaynakları; petrol, kömür, doğal gaz ve nükleer olup bu kaynaklar dünya enerji üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların rezerv miktarları ve kullanılabilir süreleri ile 2011 yılı sonu itibarıyla bu kaynaklardan üretilen ve tüketilen toplam enerji miktarları Tablo 1'de verilmektedir. Petrol, taşkömürü, linyit gibi katı yakıtların rezerv miktarları ağırlık (milyar ton) olarak ifade edilirken, gaz halinde bulunan doğal gazın rezerv miktarı ise hacim (trilyon m³) olarak belirtilmiştir. Üretim-tüketim durumu değerlendirilirken enerji kaynaklarının birimi

Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olarak verilmiştir. 2011 yılı dünya petrol rezervi 225.4 milyar ton, doğal gaz rezervi ise 208.4 trilyon m³, kömür rezervi ise 860.94 milyar ton olarak tespit edilmiştir. Petrol, doğal gaz ve kömürün kullanılabilir süreleri sırasıyla; 54 yıl, 64 yıl ve 112 yıl olarak öngörülmektedir. Dünyada fosil yakıtlardan toplam enerji üretim miktarı 10905.9 Mtep olurken; tüketim miktarı 10689 Mtep olarak gerçekleşmiştir [4].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayınlanan Mavi Kitap Raporu'na göre; ülkemizin taşkömürü rezervi 1334.6 milyar ton, linyit rezervi 11444.9 milyar ton, petrol rezervi 44.3 milyar ton, doğal gaz rezervi 6.2 milyar m³ olarak belirlenmiştir. 2011 yılı itibarıyla Türkiye'deki elektrik santrallerinin toplam kapasitesi 52911 MW'dır. Bu kuruluş gücünün %64'ünü (33931 MW) termik santraller, %36'sını (18980 MW) ise hidroelektrik, jeotermal ve rüzgar enerji santralleri oluşturmuştur [7].

Ülkemizdeki petrol durumu incelendiğinde; 2011 yılı ham petrol üretiminin 2.4 milyon ton, ortalama günlük üretimin 45 bin varil olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık aynı yıl ithal edilen ham petrolün 18.1 milyar ton ve ithal edilen petrole ödenen tutarın 21 milyar \$'ı aşığı görülmektedir. Kaynak ülke olarak bakıldığında İran, Rusya, Sudi Arabistan, Kazakistan ve Irak'ın toplam ithalat içindeki payı %97'den fazladır. Bu oranın azaltılması ve farklı kaynaklardan petrol ithalatının yapılması enerji politikalarımız

açısından son derece önem arz etmektedir [6-7].

Türkiye'de doğal gaz tüketimi 1987 yılından bu yana sürekli artan bir eğilim içindedir. 1987 yılında 500 milyon m³ olan doğal gaz tüketimi 2011 yılı sonunda, 87.75 kat artarak 43.874 milyar m³'e ulaşmıştır. Aynı yıl içerisinde ithal edilen doğal gaza ödenen toplam tutar 16 milyar \$'ı bulmaktadır. İthal edilen doğal gaz büyük oranda; Rusya (%57.9), İran (%18.7), Cezayir (%9.5) ve Azerbaycan (%8.7)'dan temin edilmektedir. Buna karşılık 2011 yılı doğal gaz üretimimiz 793.4 milyon m³, ortalama günlük üretim 2.17 milyon m³ olup üretimin tüketimi karşılama oranı ise yalnızca %2'dir [6].

Ülkemizdeki linyitin ve taşkömürünün durumu incelendiğinde; 1974-2011 yılları arasındaki 37 yıllık süreçte linyit üretiminin yıllık 8.4 milyon tondan 73 milyon tona çıkarak 8.7 kat arttığı tespit edilmiştir. Türkiye'de 1974 yılında yıllık yakla-

şık 5 milyon ton olan taşkömürü üretimi 2010 yılına kadar olan süreçte yaklaşık %48 oranında düşerek 2.59 milyon ton düzeyine inmiştir. 2011 yılı taşkömürü üretimi de 2010 yılı taşkömürü üretimine yakın bir düzey olan 2.62 milyon ton seviyelerinde gerçekleşmiştir. Ülkemiz taşkömürü açısından yeterli kaynağa sahip olmadığından dışa bağımlı konumdadır ve bu nedenle son yıllarda ülkemizin kömür ithalatı hızla artış göstermiştir. Bu durumu kömürün konut ve sanayi de kullanımının artmasına ve yeni devreye giren ithal kömürlü termik santrallere bağlayabiliriz. Türkiye'de 2010 yılında 173 bin ton kok ve 2.75 milyon ton petrokok ithal edilmiştir. Kömür ithalatının faturası 2010'da 3.225 milyar dolar, 2011'de 4.1 milyar dolar düzeyinde seyretmiş olup, 2012 yılı içinde ise 5 milyar dolara ulaşması söz konusudur [6-7].

Nükleer enerji üretiminde kullanılan çekirdek kaynaklar; uranyum ve toryumdur. Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir uranyum rezervi 5327.2 bin tondur. Rezerv açısından en zengin ülkeler; Avustralya (1661 bin ton), Kazakistan (629 bin ton), Rusya (487.2 bin ton) ve Kanada (468.7 bin ton) olup Türkiye'nin uranyum rezervi bu ülkelere kıyasla çok daha düşük seviyededir (9129 tondur). Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir toryum rezervi 5385 bin tondur. Toryum rezervi açısından önde gelen ülkeler; Hindistan (846 bin ton), Türkiye (744 bin ton), Brezilya (606 bin ton), Avustralya (521 bin ton) ve ABD (434 bin ton) şeklinde sıralanmaktadır [8].

Tablo 2. Nükleer Enerjinin Dünyadaki Durumu [8]

Ülkeler	Nükleer Elektrik Üretimi (2011)		İşletmedeki Santraller (2012)		İnşa Halindeki Santraller (2012)		Planlanan Santraller (2012)	
	Milyar kWh	Elek. En. Pay (%)	Adet	Güç Kap. (MW)	Adet	Güç Kap. (MW)	Adet	Güç Kap. (MW)
ABD	790.4	19.2	104	102195	1	1218	13	15660
Fransa	423.5	77.7	58	63130	1	1720	1	1720
Japonya	156.2	18.1	50	44396	3	3036	10	13772
Rusya	162.0	17.6	33	24164	10	9160	24	24180
Kore	147.8	34.6	23	20787	4	5205	5	7000
Almanya	102.3	17.8	9	12003	0	0	0	0
Kanada	88.3	15.3	20	14169	0	0	2	1500
Ukrayna	84.9	47.2	15	13168	0	0	2	1900
Çin	82.6	1.8	15	11881	29	30010	52	60880
İngiltere	62.7	17.8	16	10038	0	0	4	6680
Hindistan	28.9	3.7	20	4385	7	5300	18	15100
Türkiye	0	0	0	0	0	0	4	4800
Diğerleri	388.4	-	73	53819	10	9510	33	32303
Toplam	2518	13.5	436	374135	65	65159	168	185495

Nükleer enerjinin dünyadaki durumu Tablo 2'de özetlenmiştir. Dünya Nükleer Enerji Kurumunun 2011 yılı verilerine göre; dünyada nükleer santrallerden elektrik enerjisi üretimi 2518 milyar kWh olup elektrik enerjisi üretiminde nükleer enerjiden en fazla yararlanan ülke Fransa (%77.7)'dir. Aralık 2012 itibarıyla dünyada işletmede bulunan nükleer reaktör sayısı 436 ve bu reaktörlerin kurulu gücü 374135 MW'dır. Ayrıca inşa halinde 65 nükleer reaktör ve planlama aşamasında 168 nükleer reaktör bulunmakta olup bunların toplam güç kapasiteleri sırasıyla 65159 MW ve 185495 MW'dır [8].

Türkiye'de 2013-2014 yılında Mersin Akkuyu'da yapımına başlanacak dört reaktörden oluşan toplamda 4800 MW kapasiteli nükleer santralin 2018-2021 yılları arasında faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Ayrıca Sinop'a 5600 MW kapasiteli bir nükleer santralin kurulumu da proje aşamasındadır [8].

2.3 Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Durumu

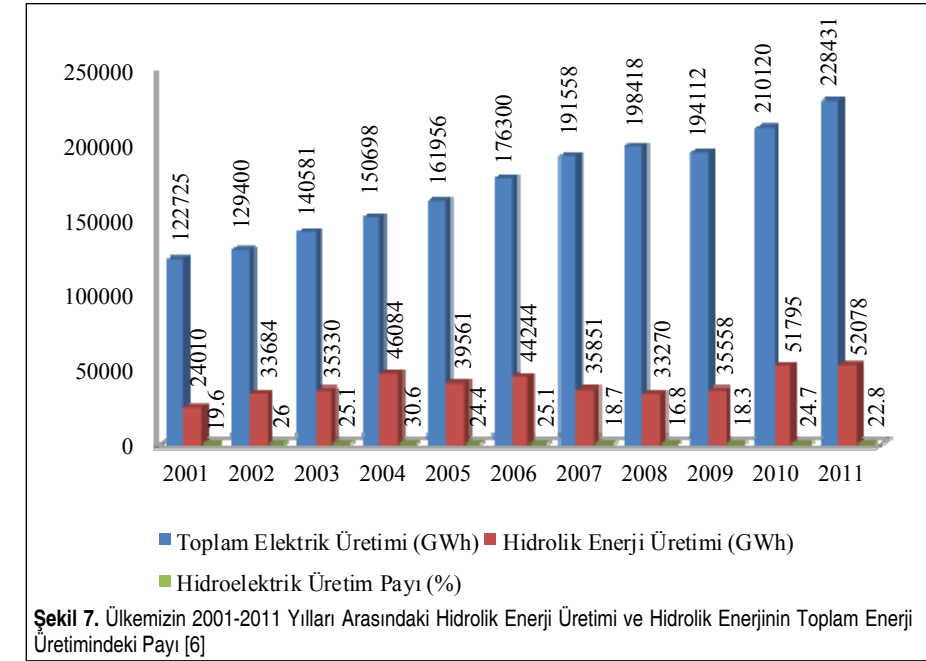
Dünyada yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisidir. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Küresel Durum Raporu'na göre seçilmiş ülkeler için 2011 yılı yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre yenilenebilir elektrik güç kapasitesi bakımından yenilenebilir enerjiden en fazla yararlanan ülkenin Çin (282

Tablo 3. Ülkelerin 2011 Yılı Yenilenebilir Elektrik Güç Kapasitesi (GW) [9]

Kaynaklar	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa Birliği	Dünya
Rüzgâr	62	47	16	29	1.7	94	238
Biyokütle	4.4	13.7	3.8	7.2	~0	26	72
Güneş (Pv)	3.1	4	0.5	25	0	51	70
Jeotermal	~0	3.1	0	~0	0.1	0.9	11.2
Güneş (Termal)	0	0.5	~0	0	0	1.1	1.8
Okyanus	~0	~0	0	0	0	0.2	0.5
Hidrolik	212	79	42	4.4	17.1	120	970
Toplam	282	147	62	65	19	294	1360

Tablo 4. Hidrolik Enerjinin Dünyadaki Durumu [4, 9]

Ülkeler	Hidrolik Kurulu Gücü (GW)	Elektrik Enerjisi Üretimi (TWh)	Dünya Hidrolik Enerji Üretimindeki Payı (%)
Çin	212	722	19.8
ABD	79	328	9.4
Brezilya	79	430	12.3
Kanada	75	377	10.8
Japonya	28	85	2.4
Rusya	47	165	4.7
Hindistan	42	132	3.8
Norveç	30	122	3.5
Türkiye	17	52	1.5
Toplam	970	3498	100



Şekil 7. Ülkemizin 2001-2011 Yılları Arasındaki Hidrolik Enerji Üretimi ve Hidrolik Enerjinin Toplam Enerji Üretimindeki Payı [6]

GW) olduğu görülmektedir. Çin, 212 GW'lık hidrolik enerji kapasitesiyle ve 62 GW'lık rüzgar enerji kapasitesiyle hidrolik enerji ve rüzgar enerjisinden en fazla faydalanan ülke konumundadır. Ayrıca enerji üretiminde fotovoltaik (Pv) panellerden en fazla faydalanan ülkenin Almanya (25 GW); biyoyakıtlardan en fazla faydalanan ülkenin ise ABD (13.7 GW) olduğu belirlenmiştir. Dünyanın, Avrupa Birliği'nin ve Türkiye'nin yenilenebilir elektrik güç kapasiteleri sırasıyla; 1360 GW, 294 GW ve 19 GW olarak tespit edilmiştir [9].

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerjinin en yaygın kullanım şekli nehirler üzerinde barajlar inşa ederek suyu büyük rezervuarlarda biriktirmek ve suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üretmektir. Bunun için hidroelektrik santrallerden faydalanılır.

Tablo 4'te ülkelerin 2011 yılı hidrolik enerji kurulu gücü, hidrolik enerjiden elektrik enerjisi üretim miktarı ve dünya hidrolik enerji üretimindeki payı verilmektedir. 2011 yılı itibarıyla dünyanın toplam hidrolik kurulu gücü 970 GW olup kurulu gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla; Çin, ABD, Brezilya ve Kanada'dır. Ayrıca aynı yıl hidrolik santrallerde gerçekleşen toplam 3498 TWh'lik elektrik enerjisi üretimiyle bu santraller dünya elektrik enerjisi üretiminin %14'ünü karşılamıştır. Türkiye'nin hidrolik enerji potansiyeli 36603 MW/yıl olarak öngörülmektedir. Ülkemizin 2011 yılı hidrolik enerji üretimi 53 TWh olup aynı yıl elektrik enerjisi ihtiyacımızın %22.8'i hidrolik enerjiden karşılanmıştır [4, 9].

Ülkemizde 2011 yılı sonu itibarıyla işletmede olan hidrolik santrallerin toplam kapasitesi 17137.1 MW'dır. Ayrıca yatırımı devam eden hidroelektrik santrallerin kapasitesi 15236.30 MW, lisans başvurusu uygun bulunanların kapasitesi 4033.61

MW, lisans alma aşamasında olanların kapasitesi 4221.67 MW'dır. Elektrik üretiminde doğal gazla ağırlık verilmesi sonucu, hidrolik enerji üretimi ve hidrolik enerjinin toplam enerji üretimindeki payı Şekil 7'den görülebileceği üzere hızla azalmıştır. 2004 yılında hidrolik enerjinin toplam elektrik enerjisi üretimindeki payı %30.6 iken 2011 yılında %22.8'e düşmüştür [5-6]

Jeotermal enerji, yerkürenin iç ısısıdır. Bu ısı, merkezdeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru yayılarak elektrik enerjisi üretimi, evlerin ısıtılması, kışın kaldırımlarda biriken karların eritilmesi, tarım, seracılık, balıkçılık gibi birçok amaç için kullanılabilir. Dünya jeotermal enerji kurulu gücü; elektrik ve ısı üretim gücü olmak üzere iki şekilde ifade edilmektedir. Tablo 5'te 2011 yılı dünya jeotermal enerji kurulu gücü verilmiştir. Jeotermal elektrik kurulu gücü yüksek olan ülkeler; ABD, Filipinler, Endonezya ve Meksika iken; jeotermal ısı kurulu gücü yüksek olan ülkeler; ABD, Çin ve İsveç'tir [4,10].

Türkiye, dünyanın 7. büyük jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Ülkemiz jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üreti-

Tablo 5. Dünyada 2011 Yılı Jeotermal Enerji Kurulu Gücü [4, 10]

Ülkeler	Elektrik (MW _e)	Isı (MW _t)
ABD	3112	12611.5
Filipinler	1967	3.3
Endonezya	1189	2.3
Meksika	887	155.8
İtalya	863	867
Yeni Zelanda	769	393.2
İzlanda	665	1826
Japonya	502	2099.5
Kosta Rika	208	1
El Salvador	204	2
Kenya	170	16
Türkiye	114	4078
Nikaragua	88	0
Rusya	82	308.2
Çin	24	8898
Almanya	8	2485.4
Norveç	0	3300
Belarus	0	3422
İsveç	0	4460
Toplam	11014	50583

minde dünya kapasitesinin %0.23'üne, ısı enerjisi üretiminde ise dünya kapasitesinin %4.3'üne sahiptir. Daha çok Batı Anadolu'da yer alan jeotermal sahaların %95'i bölgesel konut ısıtılması, seracılık ve kaplıca turizmüne uygundur. Ülkemizdeki jeotermal ısı güç potansiyeli 31500 MWt olup bu ısı güç 5 milyon konutun ısıtılmasına eşdeğerdir. Ayrıca Türkiye'nin jeotermal elektrik teknik potansiyeli 600 MW (4 milyar kWh/yıl, keşfedilen 15 saha) olarak belirlenmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından ısıtılmış jeotermal ısı kapasite toplamı 4078 MWt düzeyindedir. Türkiye'de Aralık 2011 itibarıyla mevcut yedi jeotermal elektrik santralının toplam kurulu gücü 114 MW'dır. Ayrıca 400 MWe kurulu gücünde 13 jeotermal santral fizibilite ve/veya proje aşamasındadır. Otuzun üzerinde firma ise jeotermal projeleri için etüt arama ve sondaj çalışmalarına devam etmektedir [6-7].

Biyokütle enerji kaynakları, içerisinde karbonhidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddelerdir. Biyokütle enerji kaynakları kullanılarak, biyoetanol, biyodizel ve biyogaz olmak üzere üç temel yakıt elde edilebilmektedir. Dünyada 2011 yılında toplam biyoetanol üretimi 86.1 milyar litre iken; biyodizel üretimi 21.4 milyar litre olarak gerçekleşmiştir. En fazla biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkeler ABD, Brezilya, Çin, Kanada olurken; en fazla biyodizel üretimi gerçekleştiren ülkelerin Almanya, ABD, Arjantin, Brezilya, Fransa olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 6) [9].

Ülkemizdeki biyodizel durumu incelendiğinde; 14 Eylül 2011 verilerine göre Enerji Piyasası Düzenleme Kuruluna (EPDK) kayıtlı 36 firmanın biyodizel üretim lisansına sahip olduğu görülmüştür. Ancak yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma bulunmaktadır. Bu firma verimsiz tarım arazilerinde yetiştirilen aspir bitkisiyle biyodizel üretimini gerçekleştirmektedir. Çevre Bakanlığı verilerinde üç adet tesis atık yağdan biyodizel üretimi için izinli görün-

Tablo 6. Ülkelerin 2011 Yılı Biyoyakıt Üretim Miktarları (milyar litre) [9]

Ülkeler	Biyoetanol	Biyodizel	Toplam
ABD	54.2	3.2	57.4
Brezilya	21	2.7	23.7
Almanya	0.8	3.2	3.9
Arjantin	0.2	2.8	3.0
Fransa	1.1	1.6	2.7
Çin	2.1	0.2	2.3
Kanada	1.8	0.2	2.0
Endonezya	0.0	1.4	1.4
İspanya	0.5	0.7	1.2
Dünya	86.1	21.4	107

de bunlardan sadece bir tanesi EPDK'dan lisanslıdır ve aktif üretim yapmaktadır. Ülkemizde yerli ham maddeyle üretilen biyodizelin motorinle harmanlanan %2'lik dilimi Özel Tüketim Vergisi (ÖTV)'nden muaf tutulmaktadır. 27.09.2011 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren EPDK Kararı gereğince piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyodizel içeriğinin 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla en az %1, 1 Ocak 2015 tarihi itibarıyla en az %2, 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla en az %3 olması zorunluluğu getirilmiştir [6].

Biyoetanol pazarında ise daha istikrarlı bir süreç işlemiştir. Biyodizele benzer şekilde 2000'li yılların başında başlayan biyoetanol akımı istikrarlı yapılanmayla günümüze kadar gelse de bugüne kadar kullanım zorunluluğu olmaması nedeniyle sektörde bir canlılık sağlanamamıştır. Ülkemizde, biyoetanol sektöründe mevcut durumda üç üretim tesisi bulunmaktadır. Türkiye'de kurulu biyoetanol üretim kapasitesi 149.5 milyon litredir. Biyoetanol kurulu kapasitemiz benzin tüketimimizin yaklaşık %7'sini karşılar durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketimimizin %1'inin çok altındadır. Sadece şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim potansiyelimiz 2-2.5 milyon ton civarındadır. Bu değer 2011 yılı benzin tüketimimizin tümünü karşılamaktadır. Ülkemizde biyodizelde olduğu gibi biyoetanolde de yerli ham maddeyle üretilen biyoetanolden benzinle harmanlanan %2'lik dilimi ÖTV'den muafır. EPDK'dan yapılan açıklamaya göre, piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerine, 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren %2, 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla da en az %3 oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyoetanol ilave edilmesi zorunlu kılınmıştır [6].

Ülkemizde biyogaz sektörü başta bazı şehirlerimiz olmak üzere çöpten biyogaz üretimi, bazı sanayi tesisleri ve belediyelerin atık su ve tesislerinden biyogaz üretimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Anadolu'nun farklı yörelerinde yürütülen gazifikasyon demonstrasyon projeleri ve özel sektörde yürütülmekte olan sayıları az da olsa nitelikli biyogaz projelerinden oluşmaktadır. Ayrıca ülkemizde hayvancılık alanında da gerekli yatırımlar yapılarak hayvan atıklarından biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Yıllık hayvan dışkı biyogaz teorik potansiyelimizin büyüklüğü tahminen; kümes hayvanları için 401.5 milyon m³, küçükbaş hayvanlar için 852.6 milyon m³, büyükbaş hayvanlar 1354.2 milyon m³ olmak üzere toplam 2608 milyon m³ gaz üretilebilir. Bu bilgiler ışığında Türkiye'nin biyogaz potansiyelinin 1400-2000 Btep/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Ocak 2012 itibarıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kurulundan (EPDK) lisans alıp yapımı süren biyogaza dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 93 MW, biyokütleyle dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü ise 12.8 MW'dır [6].

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreciyle açığa çıkan ışın enerjisidir. Dünya atmosferinin dışın-

da güneş enerjisinin şiddeti 1370 W/m² değerindedir. Ancak yeryüzünde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim göstermektedir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden güneş kolektörleri, güneş santralleri ve güneş pilleri (fotovoltaik piller) olmak üzere üç şekilde yararlanılmaktadır. Güneş kolektörleri genelde sıcak su temininde kullanılmaktadır. 2011 yılı dünya güneş kolektörü kapasitesi 182 GWt olup kapasitesi yüksek olan ülkeler; Çin (118 GWt), Türkiye (9.3 GWt), Almanya (9.2 GWt) ve Japonya (4.0 GWt)'dir. Ayrıca elektrik enerjisi üretiminde kullanılan dünya toplam güneş pili (fotovoltaik pil) kapasitesi 70 GW olup kapasitesi yüksek olan ülkeler; Almanya (24.8 GW), İtalya (12.8 GW), Japonya (4.9 GW) ve ABD (4.0 GW)'dir [9].

Türkiye, coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre daha avantajlı konumdadır. Ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi metrekarede 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti metrekarede yılda 1311 kWh (günlük ortalama 3.6 kWh) olarak tespit edilmiştir. Türkiye 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye, günde birim metrekaresinden 1100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir. Ülkemizde en fazla güneş enerjisi alan bölge Güneydoğu Anadolu olup, bunu Akdeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir (Tablo 7) [6, 11].

Güneş kolektörleriyle sıcak su üretimi (2010 yılında 12 milyon m² civarında düzlemsel güneş kolektörü) çoğunluğu Akdeniz ve Ege bölgesinde olmak üzere ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kolektörlerden yararlanılarak üretilen ısı güç 9.3 GWt seviyelerindedir. Fotovoltaik güç sistemleri ise küçük güçte ve modüler olarak kurulabilme özellikleri nedeniyle uzun yıllardır elektrik şebekesi olmayan ücre yerlerde enerji ihtiyacının karşılanmasında şebekeden bağımsız küçük güç birimleri olarak kullanılmasının yanı sıra şebekeye bağlı enerji santrali olarak da kullanılmaktadır. Hâlen telekom istasyonları, deniz fenerleri, otoyol ve park aydınlatmaları, trafik

Tablo 7. Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı [6]

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme süresi (Saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Akdeniz	1120	1971

ikaz sistemleri, su pompalama ve bazı ev ve iş yerleri vb. otonom sistemlerde kullanılmakta olup bu kapsamdaki tesislerin toplam kurulu gücünün 5 MW'a ulaştığı belirtilmektedir [6].

En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmamasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu basınç farkları havanın hareketine neden olur. Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava hareketi de rüzgârı oluşturur. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi rüzgâr türbinleriyle gerçekleştirilmektedir. Rüzgâr türbinlerinin genel olarak çalışma prensibi; kinetik enerji, mekanik enerji ve elektrik enerjisi döngüsüne dayanmaktadır.

Dünya Rüzgâr Enerji Kurumunun (WWEA) 2011 yılı Dünya Rüzgâr Enerjisi Raporu'na göre ülkelerin rüzgâr türbin güç kapasiteleri Tablo 8'de verilmiştir. 2011 yılı dünya rüzgâr türbin güç kapasitesi 237227 MW olarak gerçekleşmiştir. Rüzgâr türbin güç kapasitesi sıralamasında 2010 yılında 1. sırada yer alan Çin, 2011 yılında da ilk sırada yer almıştır. Türkiye ise 2011 yılında güç kapasitesini %35.7 oranında arttırıp 1729 MW'a çıkararak dünya rüzgâr türbin güç kapasitesi sıralamasında 17. sırada yer almıştır [12].

Elektrik enerjisi üretiminde, rüzgâr türbin kurulu gücü payının en yüksek olduğu üç Avrupa ülkesi; Almanya, İspanya, İtalya'dır. Dünya rüzgâr türbin kurulu gücü projeksiyonuna göre toplam kapasitenin 2015 yılında 600000 MW, 2020 yılında 1500000 MW'dan fazla olacağı öngörülmektedir. Dünyada karaya (onshore) kurulan rüzgâr türbinlerinin yanında denize (offshore) kurulan rüzgâr türbinleri de elektrik enerjisi

üretiminde kullanılmaktadır. 2011 yılı offshore rüzgâr türbinlerinin toplam kapasitesi 3117.6 MW olup offshore rüzgâr türbin kapasitesi en yüksek olan ülkeler; İngiltere (1341 MW), Danimarka (854 MW) ve Hollanda (249 MW) şeklindedir [12].

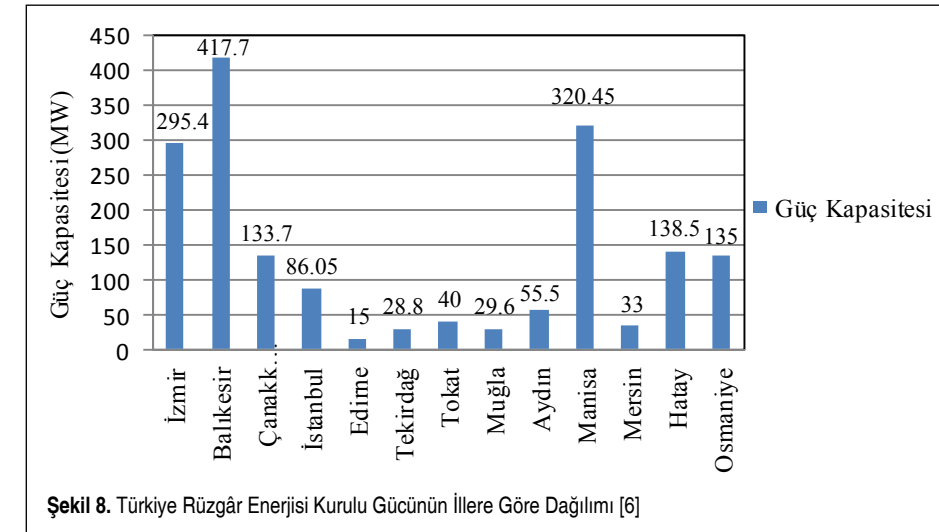
Dünyadaki rüzgâr türbin imalatının büyük kısmı; Çin, ABD, Almanya, Danimarka, İspanya ve Hindistan gibi rüzgâr türbin güç kapasitesi yüksek olan ülkelerde gerçekleştirilmektedir. 2011 yılı pazar payı en yüksek olan rüzgâr türbin üreticileri sırasıyla; Vestas-Danimarka (%12.9), Goldwind-Çin (%9.4), GE Wind-ABD (%8.8), Gamesa-İspanya (%8.2), Enercon-Almanya (%7.9) ve Suzlon-Hindistan (%7.7) olarak belirlenmiştir [9].

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından 50 m yükseklikte yapılan rüzgâr hız ölçümlerine göre 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızları değerlendirildiğinde Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131756.40 MW; rüzgâr hızının 7.0 m/s'nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr hızının 6.5 m/s'nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW olarak tespit edilmiştir [6-7].

Türkiye'nin rüzgâr türbin güç kapasitesi her yıl artmakta olup 1998 yılında 9 MW düzeyinde olan rüzgâr türbin güç kapasitesi Aralık 2011 itibarıyla 1729 MW düzeyine ulaşmıştır. Rüzgâr kurulu gücü Türkiye 2011 toplam kurulu gücünün (52911 MW) %3.2'sini oluşturmaktadır. 2011 yılında rüzgâr santrallerinden üretilen elektrik enerjisi 4726 milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup toplam elektrik üretiminin %2.07'sine

Tablo 8. Ülkelerin Rüzgâr Türbin Güç Kapasitelerindeki Değişim [12]

2011 Yılı Sıra No	Ülke	2011 Yılı Toplam Kapasite (MW)	2011 Yılı Büyüme Oranı (%)	2010 Yılı Sıra No	2010 Yılı Toplam Kapasite (MW)
1	Çin	62364	39.4	1	44733
2	ABD	46919	16.8	2	40180
3	Almanya	29075	6.8	3	27215
4	İspanya	21673	4.8	4	20676
5	Hindistan	15880	21.54	5	13065.8
6	İtalya	6787	17.1	6	5797
7	Fransa	6640	17.3	7	5660
8	İngiltere	6018	15.7	8	5203.8
9	Kanada	5265	31.4	9	4008
10	Portekiz	4379	18.3	11	3702
17	Türkiye	1729	35.7	17	1274
	Toplam	237227	18.8	-	199739



Şekil 8. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücünün İllere Göre Dağılımı [6]

Tablo 9. Ülkeleri 2011 Yılı Nüfus, GSYİH/kişi, Enerji Üretim ve Tüketim Miktarı [4, 13]

Ülkeler	Nüfus (milyon)	GSYİH/kişi (\$/kişi)	Enerji Tüketimi (Mtep)	Elektrik Tüketimi (TWh)	CO ₂ Emisyonu (milyon ton)
Çin	1348.1	5445	2613.21	4700.07	8979.14
ABD	313.1	48112	2269.33	4308	6016.61
Rusya	142.8	13089	685.63	1051.59	1675.04
Hindistan	1242.6	1489	559.10	1006.17	1797.99
Japonya	126.5	45903	477.59	1104.18	1307.40
Kanada	34.3	50345	330.27	607.59	624.44
Almanya	82.1	44060	306.41	614.5	802.82
Brezilya	196.7	12594	266.88	501.32	481.89
Kore	48.4	22424	263.01	520.10	738.06
Türkiye	74.7	10444	118.80	228.41	323.40
Dünya	6978.3	10027	12274.62	22018.12	34032.75

karşılık gelmektedir. Rüzgâr santralleri yoğun olarak Balıkesir, Manisa, İzmir, Hatay, Osmaniye, Çanakkale ve İstanbul illerinde yer almaktadır (Şekil 8) [6].

2.4 Dünyada ve Türkiye'de Elektrik Enerjisi Durumu

Dünya enerji üretimi ve tüketimi, ülkelerin sanayileşme ve kalkınmaya yönelik yaptıkları yatırımlarla birlikte giderek artmaktadır. Dünya Bankasının ve British Petrol'ün 2011 yılı verilerine göre; ülkelerin nüfusu, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasılası (GSYİH/kişi), enerji üretim-tüketim miktarı ve CO₂ emisyon miktarı Tablo 9'da verilmiştir. Dünyada en fazla enerji tüketimi gerçekleştiren ülkeler sırasıyla; Çin, ABD, Rusya, Hindistan ve Japonya olurken; bu ülkelerin aynı zamanda en fazla CO₂ emisyonu yaydığı belirlenmiştir. Elekt-

rik enerjisi tüketimi en yüksek olan ülkeler ise sırasıyla; Çin, ABD, Japonya, Rusya ve Hindistan'dır. Dünyada 2011 yılı enerji tüketimi 12274.62 Mtep, elektrik enerjisi tüketimi ise 22018.12 TWh olarak gerçekleşmiştir (Tablo 9) [4, 13].

Türkiye yüzölçümü ve nüfusu itibarıyla dünya üzerinde kayda değer bir duruma sahiptir. Nüfusumuz 74.7 milyonu aşmaktadır. 2011 verileriyle gayri safi yurt içi hasılamız 772.298 milyar dolar olup kişi başına düşen milli gelir 10444 \$ seviyelerindedir. Türkiye'nin enerji tüketimi 2011 yılında 118.8 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi tüketimi ise 2011 yılında, bir önceki yıla göre %8'lik bir artışla 228.41 milyar kWh'e ulaşmıştır [4, 6].

2.5 Dünyada ve Türkiye'de Kişi Başına Enerji Tüketimi

Gelişmiş ülkelerde, enerji verimliliğini arttırmak, enerji yoğunluğunu azaltmak ve kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimini arttırmak, enerji politikalarının temelini oluşturan unsurlardır. Enerji yoğunluğu, toplam milli hasılaya düşen birincil enerji tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik seviyesi, o ülkenin kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğuyla belirlenir. Kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması, o ülkenin ekonomik kalkınmışlık seviyesini ve refah düzeyinin yüksekliğini gösterir. Enerji yoğunluğunun düşüklüğü ise aynı miktar enerjisiyle daha fazla iş yapılması anlamına gelmektedir. Tablo 10'da ülkelerin 2011 yılı enerji yoğunlukları, kişi başına elektrik enerjisi tüketimi, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu verilmiştir [14].

Dünyada kişi başına elektrik enerjisi tüketimi yüksek olan ülkeler sırasıyla; İzlanda, Norveç, Kuveyt, Katar, Kanada, İsveç ve ABD şeklindedir. Bu ülkelerden Norveç, İsveç ve ABD'nin enerji yoğunlukları daha düşük olduğundan refah düzeylerinin de daha yüksek olduğu söylenebilir. Dünyada 2011 yılı kişi başına enerji tüketimi 1.87 tep (ton eşdeğer petrol), kişi başına elektrik enerjisi tüketimi 3155 kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise aynı yıl 1.59 tep'lük kişi başına enerji tüketimi, 3058 kWh'lik kişi başına elektrik enerjisi tüketimiyle dünya ortalamasının altında yer almıştır [15].

Tablo 10. 2011 Yılı Ülkelerin Kişi Başına Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Enerji Yoğunluğu [15]

Ülke	Kişi Başına Elektrik Tüketimi (kWh/kişi)	Kişi Başına Enerji Tüketimi (tep/kişi)	Enerji Yoğunluğu (tep/bin dolar)	Kişi Başına CO ₂ Emisyonu (ton/kişi)
İzlanda	53072	17.42	0.52	10.52
Norveç	25876	8.77	0.14	9.14
Kuveyt	20965	11.92	0.26	32.87
Katar	18395	15.7	0.17	39.95
Kanada	17620	9.58	0.22	18.1
İsveç	16656	5.34	0.14	5.8
ABD	13926	7.28	0.17	19.31
BAE	13837	11.05	0.19	28.73
Finlandiya	13653	5.14	0.20	9.8
Türkiye	3058	1.59	0.11	4.33
Dünya	3155	1.87	0.19	4.88

3. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Enerji, sosyal ve ekonomik kalkınmanın en temel girdilerinden birisidir. Sürdürülebilir bir kalkınma için enerji kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımının sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması gerekmektedir. Bu yüzden, bu çalışmada dünyadaki ve ülkemizdeki enerji kaynakları için bir durum tespiti yapılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

3.1 Birincil Enerji İçin Durum Değerlendirmesi

1) Dünyada 2011 yılı birincil enerji kullanım miktarı 12274.6 Mtep olup birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan kaynaklar sırasıyla petrol (%33.1), kömür (%30.3) ve doğal gaz (%23.7)’dir. Aynı yıl birincil enerjiden toplam 22018.1 TWh elektrik enerjisi üretilmiş olup elektrik enerjisi üretiminde en büyük paya sahip olan birincil enerji kaynakları sırasıyla; kömür (%41), doğal gaz (%21) ve hidrolik (%16) şeklindedir [4].

2) 2011 yılı Türkiye birincil enerji üretimi 32228.9 Btep’dür. Aynı yıl ülkemizin toplam enerji tüketimi ise 114480.2 Btep olup enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payları sırasıyla; doğal gaz (%32), petrol (%27), taşkömürü (%15), linyit (%14) ve hidrolik (%4) şeklinde gerçekleşmiştir. 2011 yılı Türkiye enerji üretim-tüketim verilerine göre; enerji üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı %28.2 olarak gerçekleşmiştir [5].

3.2 Yenilenemez Enerji İçin Durum Değerlendirmesi

1) Ülkemizin taşkömürü rezervi 1334.6 milyon ton, linyit rezervi 11444.9 milyon ton, petrol rezervi 44.3 milyon ton,

doğal gaz rezervi 6.2 milyar m³ olarak tespit edilmiştir. 2011 yılı itibarıyla Türkiye’deki elektrik santrallerinin toplam kapasitesi 52911 MW olup bu kapasitenin %64’ünü termik santraller, %36’sını ise hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr enerji santralleri oluşturmaktadır [7].

2) Ülkemizde 2011 yılı ham petrol üretimi 2.4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Buna karşılık aynı yıl ithal edilen ham petrol 18.1 milyar ton ve ithal edilen petrole ödenen tutar 21 milyar \$’ı aşmaktadır. Petrolde %93 oranında dışa bağımlı bir ülke konumundayız. İthal petrol için ödenen tutar, ülkemizin

GSYİH’sının %2.72’sine karşılık gelmektedir. Bu oranın düşürülmesi için atılması gereken en önemli adım; yerli biyodizel ve biyoetanol üretiminin teşvik edilip benzin ve dizele katkı olarak kullanımının sağlanmasıdır [6-7].

3) Türkiye’de 1987 yılında 500 milyon m³ olan doğal gaz tüketimi 2011 yılı sonunda, 43.874 milyar m³e ulaşmıştır. Aynı yıl içerisinde ithal edilen doğal gaza ödenen toplam tutar 16 milyar \$ olup bu tutar ülkemizin GSYİH’sının %2.1’ine karşılık gelmektedir. Türkiye’nin 2011 yılı doğal gaz üretimi 793.4 milyon m³ olup üretimin tüketimi karşılama oranı ise yalnızca %2’dir [6].

4) Ülkemizin 2011 yılı linyit üretimi 73 milyon ton; taşkömürü üretimi ise 2.62 milyon ton seviyelerindedir. Türkiye, taşkömürü açısından yeterli kaynaklara sahip olmadığından dışa bağımlı konumda olup son yıllarda kömür ithalatımız hızla artmıştır. Kömür ithalatının faturası 2011 yılında 4.1 milyar dolar düzeyinde seyretmiş olup, 2012 yılı içinde 5 milyar dolara ulaşması söz konusudur. Bu nedenle taşkömüründe dışa bağımlılığın azaltılması için termik santrallerde ve ısınmada yerli kömür kullanımı teşvik edilmelidir [6-7].

5) Dünyada 2011 yılı için çıkartılabilir uranyum rezervi 5327.2 bin ton olup rezerv açısından en zengin ülkeler; Avustralya, Kazakistan, Rusya, Kanada’dır. Türkiye’nin uranyum rezervi ise bu ülkelere kıyasla çok daha düşük seviyededir (9129 tondur). 2011 yılı verilerine göre; dünyada nükleer santrallerden elektrik enerjisi üretimi 2518 milyar kWh’dır. Türkiye’de 2013-2014 yılında Mersin Akkuyu’da yapımına başlanacak dört reaktörden oluşan toplamda 4800 MW kapasiteli nükleer santralin 2018-2021 yılları arasında faaliyete geçmesi planlanmaktadır [8].

3.3 Yenilenebilir Enerji İçin Durum Değerlendirmesi

1) 2011 yılında yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretiminden en fazla yararlanan ülke Çin (282 GW)’dir. Dünya yenilenebilir elektrik güç kapasitesi 1360 GW olup aynı yıl Türkiye’nin yenilenebilir elektrik güç kapasitesi 19 GW olarak gerçekleşmiştir [9].

2) 2011 yılı itibarıyla dünyanın toplam hidrolik kurulu gücü 970 GW olup kurulu gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla Çin, ABD, Brezilya ve Kanada’dır. Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeli 36603 MW/yıl olarak belirlenmiştir. Ülkemizin 2011 yılı hidrolik enerji üretimi 53 TWh olup aynı yıl elektrik enerjisi ihtiyacımızın %23’ü hidrolik enerjiden karşılanmıştır. Ülkemizde 2011 yılı sonu itibarıyla işletmede olan hidrolik santrallerin kapasitesi 17137.1 MW’dır. Son yıllarda doğal gazla çalışan termik santrallere ağırlık verilmesiyle hidrolik enerjinin toplam enerjisi üretimindeki payı hızla azalmıştır [4, 9].

3) Jeotermal elektrik kurulu gücü yüksek olan ülkeler; ABD, Filipinler, Endonezya ve Meksika iken; jeotermal ısı kurulu gücü yüksek olan ülkeler; ABD, Çin ve İsveç’tir. Ülkemiz 600 MW/yıl jeotermal elektrik potansiyeline ve 31500 MWt/yıl jeotermal ısı potansiyeline sahiptir. MTA tarafından ispatlanmış jeotermal ısı kapasite toplamı 4078 MWt düzeyindedir. Türkiye’de Aralık 2011 itibarıyla mevcut yedi jeotermal elektrik santralının toplam kurulu gücü 114 MW’dır. Enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması için elektrik enerjisi üretiminde kullanılabilir olan 600 MW’lık jeotermal enerji kapasitesi en kısa sürede değerlendirilmeli ve jeotermal kaynakların doğrudan kullanımı artırılarak onbinlerce evin jeotermal enerjiyle ısıtılmasının önü açılmalıdır [4, 6, 10].

4) Dünyada 2011 yılında toplam 21.4 milyar litre biyodizel üretilmiş olup en fazla biyodizel üretimi gerçekleştiren ülkeler; Almanya, ABD, Arjantin, Brezilya, Fransa’dır. Ülkemizdeki biyodizelin durumu incelendiğinde; 14 Eylül 2011 verilerine göre yerli tarım ürünlerinden aktif biyodizel üretimi yapan sadece bir firma bulunmaktadır. Ayrıca Çevre Bakanlığı verilerinde üç adet tesis atık yağdan biyodizel üretimi için izinli görünse de bunlardan sadece bir tanesi EPDK’dan lisanslıdır ve aktif üretim yapmaktadır [6, 9].

5) 2011 yılı dünya biyoetanol üretimi 86.1 milyar litre olup en fazla biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkeler; ABD, Brezilya, Çin, Kanada’dır. Ülkemizde, biyoetanol sektöründe mevcut durumda üç üretim tesisi bulunmakta olup kurulu biyoetanol üretim kapasitesi 149.5 milyon litredir. Ülkemizin biyoetanol kurulu kapasitesi benzin tüketimimizin yaklaşık %7’sini karşılar durumdadır. Ancak pazarda yer alan biyoetanol benzin tüketimimizin %1’inin çok altındadır. Ülkemizde sadece şeker pancarına dayalı biyoetanol üretim potansiyeli

2–2.5 milyon ton civarındadır. Bu değer 2011 yılı benzin tüketimimizin tümünü karşılamaktadır [6, 9].

6) Türkiye’nin biyogaz potansiyeli 1400-2000 Btep/yıl olarak öngörülmektedir. Ocak 2012 itibarıyla EPDK’ndan lisans alıp yapımı süren biyogaza dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulu gücü 93 MW, biyokütleyle dayalı olan tesislerin kapasitesi ise 12.8 MW’dır [6].

7) Türkiye, coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre avantajlı konumdadır. Ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi metrekarede 2640 saat olup, ortalama toplam ışınım şiddeti metrekarede yılda 1311 kWh olarak tespit edilmiştir. Türkiye’de gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye, günde birim metrekaresinden 1100 kWh’lik güneş enerjisi üretebilir. Ayrıca ülkemizde kolektörlerden yararlanılarak üretilen ısı güç 9.3 GWt seviyelerinde olup fotovoltaik sistemlerinin kurulu gücü ise 5 MW’a ulaşmıştır [6, 11].

8) Dünya rüzgâr türbin güç kapasitesi 2011 yılında 237227 MW olarak gerçekleşmiştir Rüzgâr türbin güç kapasitesi yüksek olan ülkeler sırasıyla; Çin, ABD, Almanya, İspanya ve Hindistan’dır. Türkiye’nin rüzgâr türbin güç kapasitesi Aralık 2011 itibarıyla 1729 MW düzeyine ulaşmıştır. Rüzgâr kurulu gücü Türkiye 2011 toplam kurulu gücünün (52911 MW) %3.2’sini oluşturmaktadır. 2011 yılında toplam elektrik enerjisi üretiminin %2.07’si rüzgâr enerjisinden sağlanmıştır. Temiz, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisinin kullanımının artırılması ülkemiz menfaatleri açısından son derece önemlidir. Bu yüzden rüzgâr türbin kurulu gücümüzün 2023 yılı hedefi olan 20000 MW kapasiteye ve izleyen dönemlerde toplam potansiyel olan 48000 MW kapasiteye ulaştırılmasına gayret gösterilerek enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması gerekmektedir [6,12].

3.4 Elektrik Enerjisi ve Kişi Başına Enerji Tüketimi İçin Durum Değerlendirmesi

1) Dünyada 2011 yılı enerji üretiminin 12274.62 Mtep, elektrik enerjisi tüketiminin ise; 22018.12 TWh olduğu tespit edilmiştir. Türkiye yüzölçümü ve nüfusu itibarıyla dünya üzerinde kayda değer bir duruma sahiptir. 2011 yılı milli gelirimiz 772.298 milyar dolar olup kişi başına düşen milli gelirimiz 10444 \$ seviyelerindedir. Aynı yıl Türkiye’nin enerji tüketimi 118.8 Mtep olarak gerçekleşmiş olup elektrik enerjisi tüketimi ise 228.41 milyar kWh’e ulaşmıştır [4, 6, 13].

2) Dünyada 2010 yılı kişi başına enerji tüketimi 1.87 tep (ton eşdeğer petrol), kişi başına elektrik enerjisi tüketimi 3155 kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise aynı yıl 1.59 tep’lük kişi başına enerji tüketimi, 3058 kWh’lik kişi başına elektrik enerjisi tüketimiyle dünya ortalamasının altında yer almıştır [15].

KAYNAKÇA

1. **Koç, E., Kaplan, E.** 2008. “Dünyada ve Türkiye’de Genel Enerji Durumu-I Dünya Değerlendirmesi,” Termodinamik Dergisi, sayı: 187, s.70-80.
2. **Koç, E., Kaplan, E.** 2008. “Dünyada ve Türkiye’de Genel Enerji Durumu-II Türkiye Değerlendirmesi,” Termodinamik Dergisi, sayı:188, s.106-118.
3. **Şenel, M. C.** 2012. “Rüzgar Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış,” Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
4. BP Statistical Review of World Energy, 2012. British Petroleum (BP), London, UK.
5. Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı, 2012. “2011 Yılı Enerji Dengesi,” http://www.enerji.gov.tr/EKLENTI_VIEW/index.php, son erişim tarihi: 19.12.2012.
6. MMO, 2012. Türkiye’nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/588, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
7. Mavi Kitap, 2011, Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
8. World Nuclear Association, 2012. “World Nuclear Power Reactors&Uranium Requirements,” <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, son erişim tarihi: 19.12.2012.
9. REN21, 2012. Renewables 2012 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris, France.
10. The International Geothermal Association(IGA), 2012. “Geothermal in the World,” http://www.geothermal-energy.org/226,installed_generating_capacity.html, son erişim tarihi: 20.12.2012.
11. **Çanka, Kılıç, F.** 2011. “Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerdeki Son Gelişmeler,” Mühendis ve Makina Dergisi, cilt: 52, sayı : 614, s.103-115.
12. World Wind Energy Association, 2012. Worldwide Wind Energy Statistics 2012-Half Year Report, World Wind Energy Association, Bonn, Germany.
13. The World Bank, 2012. “Gross Domestic Product per Capita by Country in Current US\$,” <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>, son erişim tarihi: 23.12.2012.
14. **İskender, S.** 2007. Asrın Çözülemeyen Problemi Enerji, Tütev Yayınları, Ankara.
15. knoema.com, 2012. “Statistical Review of World Energy-2012 Main Indicators,” <http://knoema.com/BPWES2012>, son erişim tarihi: 24.12.2012.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi



| ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

» HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.

makalelerinizi online sistem üzerinden ulaştırabilirsiniz