

# YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

## 1. DÜNYADAKİ VE ÜLKEMİZDEKİ ENERJİ KAYNAKLARI VE KULLANIMI

### 1.1 GİRİŞ

### 1.2 ENERJİ KAYNAKLARI

### 1.3 DÜNYADAKİ ENERJİ POTANSİYELİ

### 1.4 TÜRKİYE'DE ENERJİ POTANSİYELİ

## 2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

### 2.1 HİDROLİK ENERJİ

### 2.2 RÜZGAR ENERJİSİ

### 2.3 JEOTERMAL ENERJİ

### 2.4 GÜNEŞ ENERJİSİ

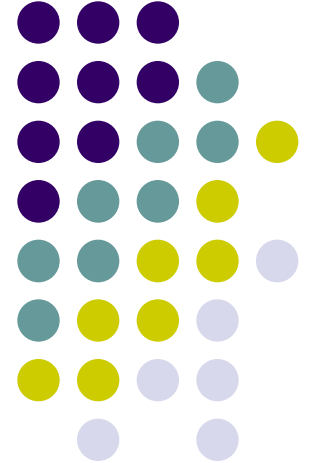
### 2.5 BİYOKÜTLE – BİYOENERJİ

### 2.6 DENİZ VE OKYANUS ENERJİSİ

#### 2.6.1 GELGİT ENERJİSİ

#### 2.6.2 DALGA ENERJİSİ

#### 2.6.3 OKYANUS ISISI ENERJİSİ ( OTEC )



# 1. DÜNYADAKİ VE ÜLKEMİZDEKİ ENERJİ KAYNAKLARI VE KULLANIMI



## 1.1 GİRİŞ

19'uncu yüzyılda ortaya çıkıp, 20. yüzyıl başında büyük bir hamle yapmış olan sanayi sektörü ve bunun sonucu olarak gelişen makinalaşma her gün artan enerji talebini ortaya koymuştur. Özellikle 1950-1973 döneminde sabit seyreden petrol fiyatı nedeniyle, enerji talebi çoğunlukla petrolden karşılanmıştır. Ancak 1972'de varili 2,5 dolar olan petrol; 1980 de 30 dolara çıkmış ve ayrıca politik bir baskı unsuru olarak da kullanılmıştır. Bütün bu gelişmelerin; dünya ekonomisi üzerinde büyük tesirleri olmuştur. 1974 yılında 4 milyar olan dünya nüfusu 2000 yılında 6,2 milyar ve günümüzde 7 milyara yaklaşmıştır. Bunun sonucu olarak ülkelerin daha hızlı kalkınmayı arzulamaları ve buna paralel olarak artan enerji talebi ve çevre kirlenmesi gibi faktörler **ucuz ve bol enerjiye** dayanan ekonomiden **pahalı, çevresel, teknolojik sorunları da beraberinde getiren** yeni bir enerji dönemine geçiş hala yaşanmaktadır.



Gelişmiş ve sağlam bir ekonomik yapıya sahip olan ülkeler bir yandan ekonomilerinde gerekli yapısal değişiklikler yaparak ve öte yandan uluslar arası teşkilatlar kurarak enerji sorununu elbirliği ile çözüm aramaya başlamışlar ve bazı planlar yaparak gerekli önlemleri almışlardır. Bunlar arasında enerji tasarrufuna önem vererek petrol tüketimindeki artışı en az düzeye indirmişlerdir.

Zengin petrol kaynaklarına sahip ülkeler; mali ve politik üstünlükler kazanırken yeterli enerji kaynağına sahip olmayan ülkeler ekonomik yönden daha büyük darboğazlara itilmişlerdir. Bu ülkelerin her yıl petrole ödedikleri döviz miktarı artmakta ve sanayi mamullerini de o nispette pahalıya satın almaktadırlar. Bu durum hızlı kalkınma zorunluluğunda olan ülkelerin kalkınmasına aksi yönde tesir etmektedir. Böylece ekonomik durumlar daha da kötüye gitmektedir.



Bütün bunlar; küresel güçlerin egemenliğindeki dünyada sermaye gruplarının teknoloji, enerji, su ve petrol kaynaklarının paylaşımı ve denetimindeki mücadelede yatmaktadır. 21. yüzyılda kapitalist sistemin işleyişini belirleyen sömürü düzeni **küreselleşme** adı altında tanımlanan yeni bir sürece girmiştir. Artık ticari, mali ve sanayi sermayenin faaliyet alanları mevcut çerçeve ve sınırları aşarak çok uluslu şirketlerin egemenliğinde dünya çapında yeni düzenlemelerin yapılması, uluslararası rekabet ve hegomanya mücadelesinin bir parçası olarak tanımlanabilir.



Burada temel aktörler emperyalist ülkeler olup; gelişmekte olan ülkelere kendi programlarını dayatarak yeni bir dönemi başlatmışlardır. Bu programlarda az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ulus-devlet yapılanması getirilmekte, kamusal varlıklar özelleştirilmekte, küçültme ve kapatma yoluyla işlevsiz hale getirilmektedir. Dünya Bankası (DB) ve Uluslararası Para Fonu (IMF) tarafından dayatılan politikalarla, ulusal düzenlemeler, küresel piyasa kurallarına bağımlı kılmaktadır. Egemen güçler, uluslararası sermayenin önündeki engelleri kaldırmak amacıyla, neo liberal politikalar doğrultusunda devleti yeniden yapılandırmakta, ekonomi siyasetten ayrıştırılmakta ve özelleştirme politikalarıyla süreç yeniden biçimlenmektedir.

Bu örgütlerin başlıcaları;

- Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ)
- Hizmet Ticareti Genel Antlaşması (GATS)
- Uluslararası Tahkim
- Çok Taraflı Yatırım Antlaşması (MAI)



## 1.2 ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji; bir cismin veya sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Başlıca enerji çeşitleri; kimyasal enerji, ısı enerjisi, elektrik enerjisi ve mekanik enerji olarak sıralanabilir. Bu enerjiler; enerji dönüşüm sistemleri ile birbirine dönüşebilirler ve bir iş yapma özelliğine sahiptirler.

Dünyadaki enerjilerin orijini **güneş enerjisi** olup, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğu enerjisini güneşten doğrudan veya dolaylı olarak almakta ve dolayısıyla bu kaynaklar sürekli olarak yenilendiklerinden tükenmezler. Kömür, gaz, petrol gibi fosil yakıtlar ve nükleer enerji gibi kaynaklar tükenir ve yenilenemez enerji kaynağı olarak tanımlanırlar.



## Çizelge 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

### Yenilenebilir Enerji Kaynakları

- 1- Direkt güneş enerjisi (ısı, ışık)
- 2- Biyolojik (Fotokimyasal)
  - a) Odun
  - b) Tahıl ve hayvanlar
  - c) Organik artıklar
  - d) Biyolojik gaz
  - e) Hayvan ve İnsan gücü
- 3- Dolaylı güneş enerjisi
  - a) Su veya hidrolik
  - b) Rüzgar
  - c) Dalga
  - d) Termik ısı farkı
  - e) Gelgit
- 4- Jeotermal (Isı akışı)

### Yenilenemez Enerji Kaynakları

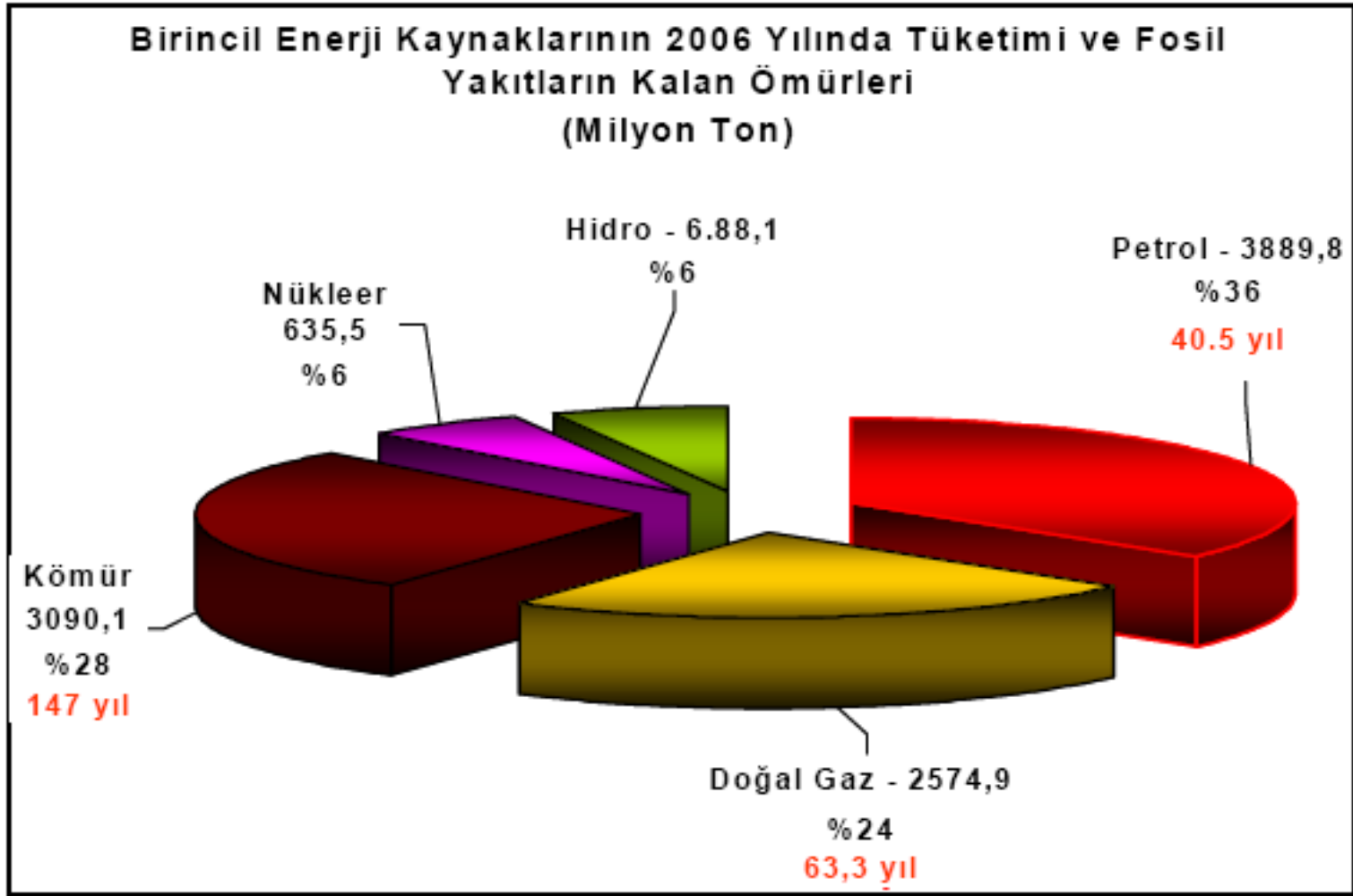
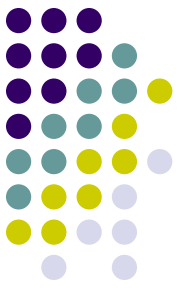
- 1- Fosil Yakıtlar
  - a) Gaz (doğal gaz)
  - b) Sıvı (petrol, katran)
  - c) Katı (kömür)
- 2- Nükleer
  - a) Fizyon ( $U_{235}$ ,  $U_{238}$ )  
( $Th_{232}$ )
  - b) Füzyon (deyeryum, lityum)
- 3- Jeotermal ( ısı kapaını)



## 1.3 DÜNYADAKİ ENERJİ POTANSİYELİ

Günümüzde kullandığımız enerjilerin çoğu fosil yakıt olup; petrol kömür ve doğalgazdır. Dünyadaki petrol rezervleri 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 65 yıl ve kömür rezervleri 150 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Ayrıca fosil yakıtların yaydığı CO<sub>2</sub> sera gazı etkisi yapıp küresel ısınmaya ve bu da küresel iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yapılan çok ciddi çalışma ve araştırmalara rağmen fosil yakıtların dünya enerji tüketimi içerisindeki payı %80 civarındadır. Dünya elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık %67'si fosil yakıtlardan (%40 kömür %20'i doğalgaz %7 petrol), %15'si nükleer enerjiden, %16 hidrolik enerjiden ve %2'ü de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Doğalgazın yakıt tüketiminde payı giderek artmaktadır. Fosil yakıtların olumsuz çevresel etkilerinden dolayı gelişmiş ülkelerde, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanan güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, biyoenerji, hidrojen, dalga ve rüzgar enerjisi gibi alanlarda çok ciddi AR-GE çalışmaları yapılmaktadır.



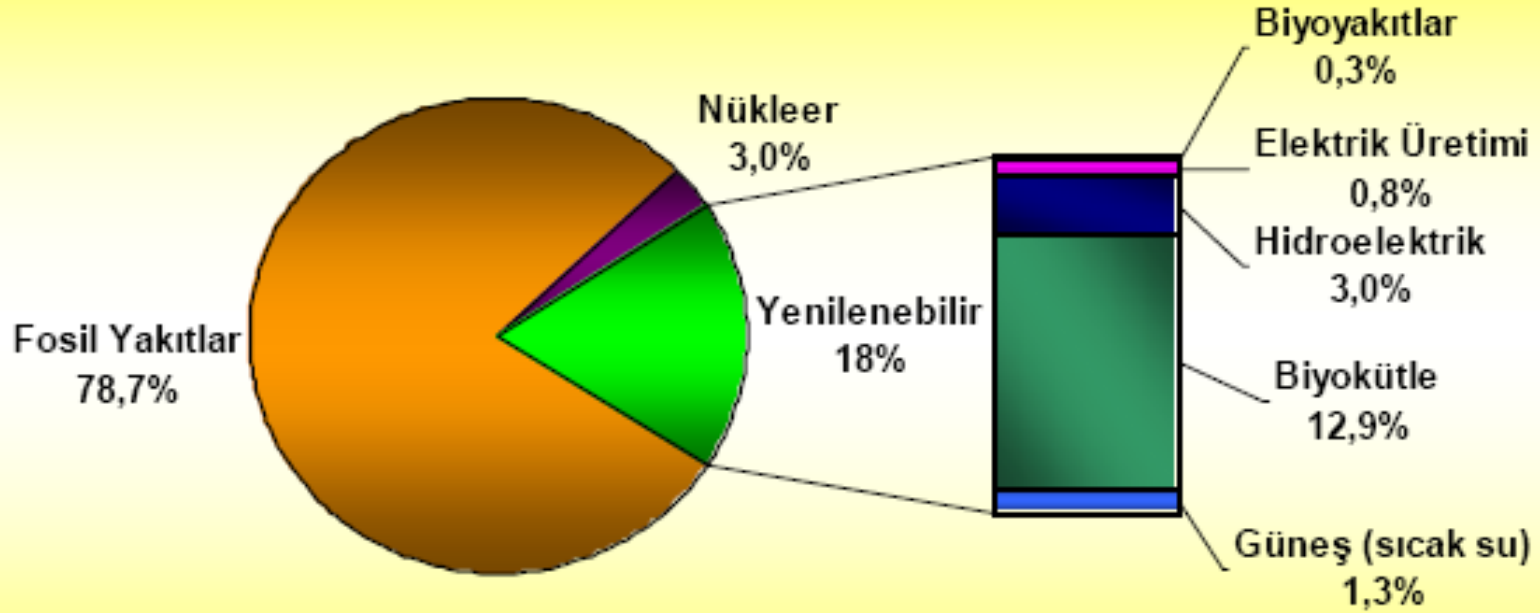


**Şekil 1:** 2006 Yılı Dünya Ticari Enerji Tüketimi\* ve Fosil Yakıtların Kalan Ömürleri

**Kaynak:** BP Statistical Review of World Energy, June 2007

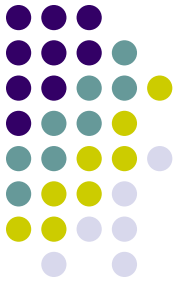


## Küresel Nihai Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı (2006)

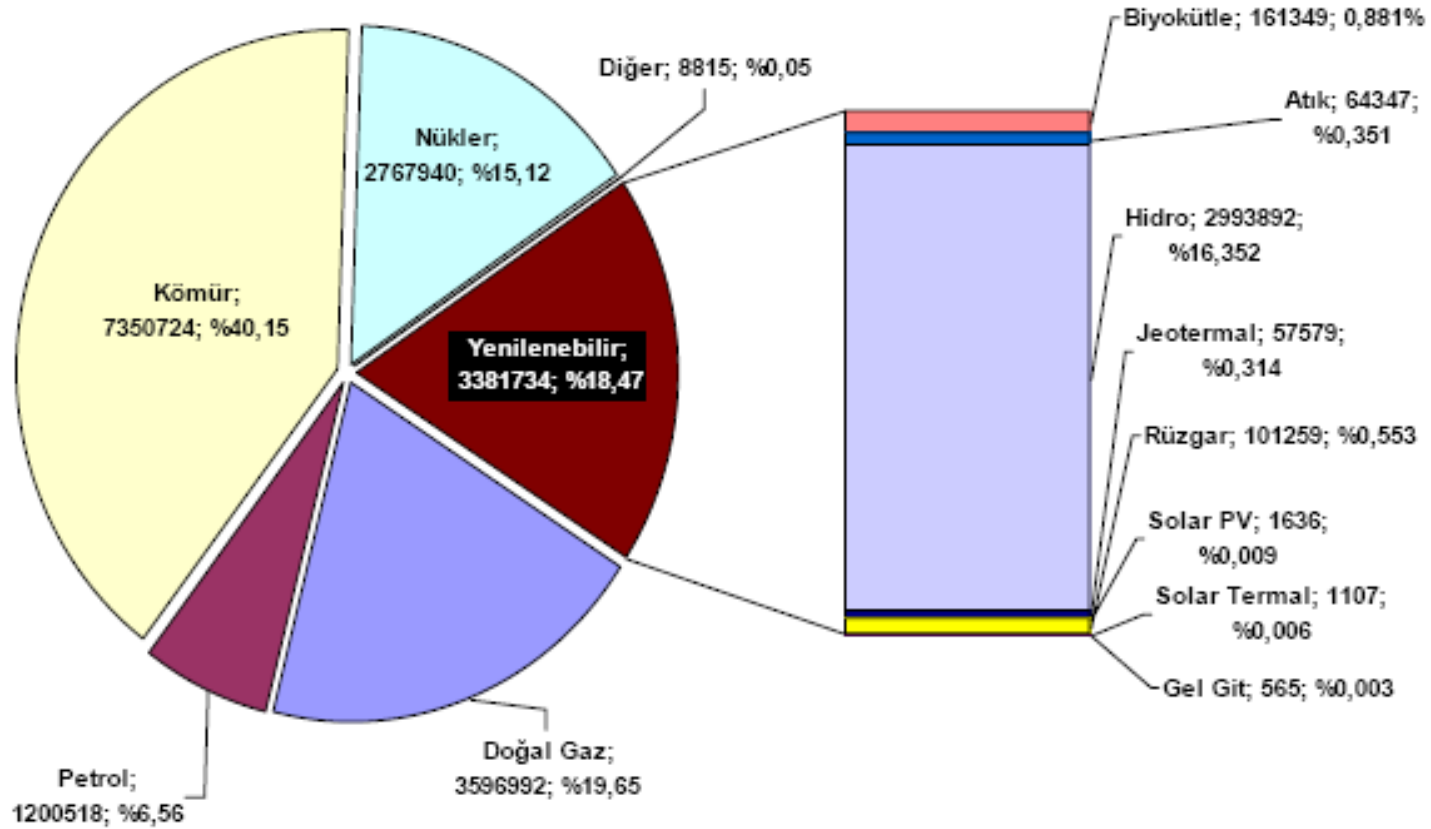


**Şekil 2:** 2006 Yılı Küresel Enerji Tüketiminde Yenilenebilir Enerjinin Payı

**Kaynak:** Renewables 2007 Global Status Report



**Şekil 3:** 2005 yılı Dünya Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Yakıtların Dağılımı<sup>3</sup>

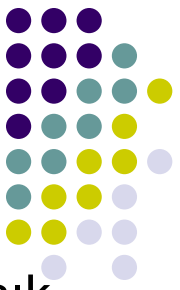


Kaynak: İEA



## 1.4 TÜRKİYE'DE ENERJİ POTANSİYELİ

Ülkemizde 1980'li yıllarda serbest piyasa ekonomisine geçişle birlikte, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi dünyadaki sermaye kuruluşları, Dünya Bankası (DB), Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ ), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD), Avrupa Birliği (AB) ve Uluslararası Para Fonu (İMF) gibi kuruluşların istekleri doğrultusunda politikalar izlenmektedir. Bunun doğal sonucunda ulusal ve kamusal bir enerji politikası yerine, doğal kaynaklarımızın etkin verimli ve yeterli bir şekilde kullanılmadığı enerji sektöründe özelleştirme ve ticarileştirme uygulamalar öne çıkmaktadır.



2006 yılında elektrik enerjisi üretim tesislerinin kurulu gücü yaklaşık 40.500 MW tır. Kişi başına yıllık elektrik enerjisi tüketimi 2006'da yaklaşık 2.393 kWh/kişi iken bu değer ABD'de 14.000 kWh /kişi ve OECD ülkelerinde 7.800 kWh/kişi dir.

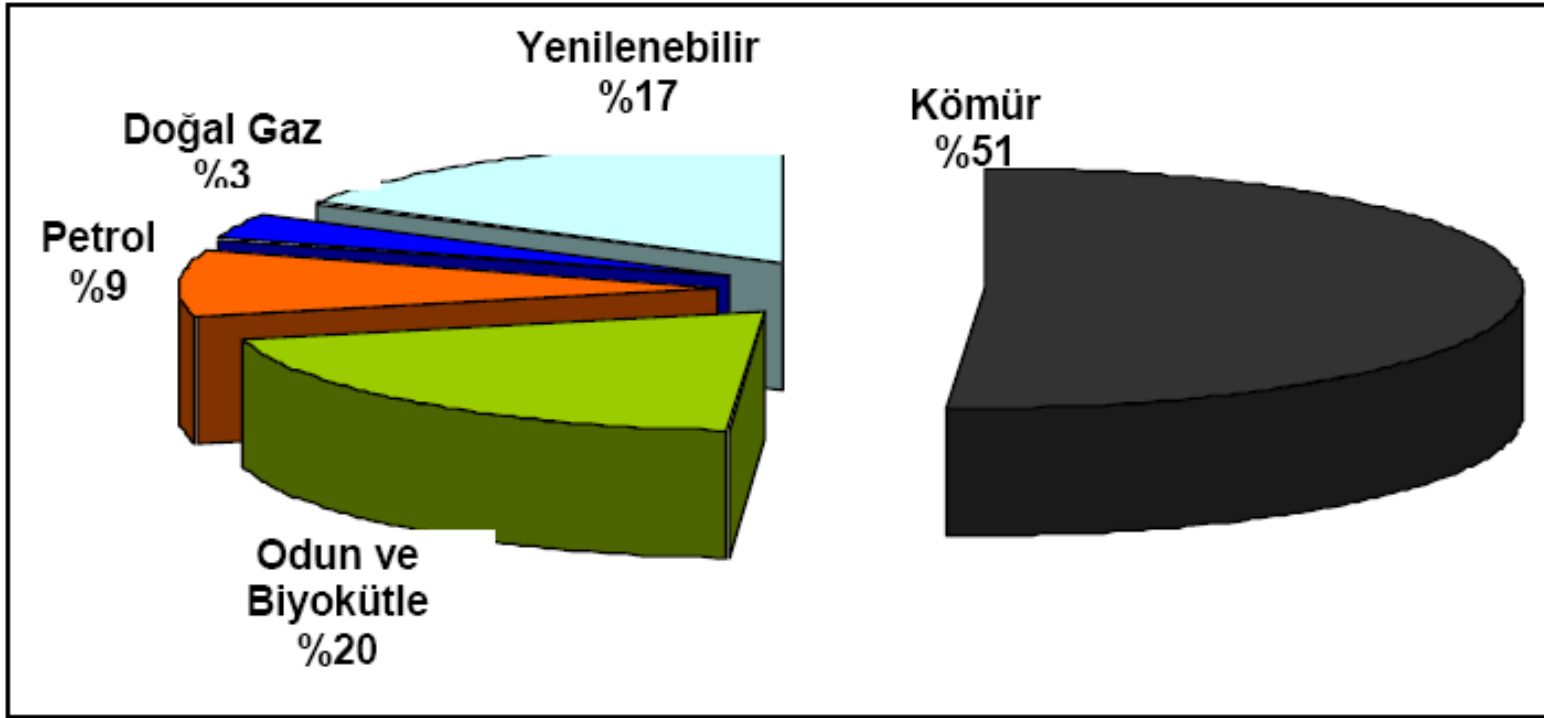
Bugüne kadar izlenen yanlış politikalar nedeniyle, enerji ihtiyacımızı kendi öz kaynaklarımız yerine dışarıdan satın alarak karşılamaktayız.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının çok zengin ve ülkenin enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilecek bir potansiyele sahip olmasına karşın yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları ya hiç kullanılmamakta ya da potansiyelinin altında değerlendirilmektedir.



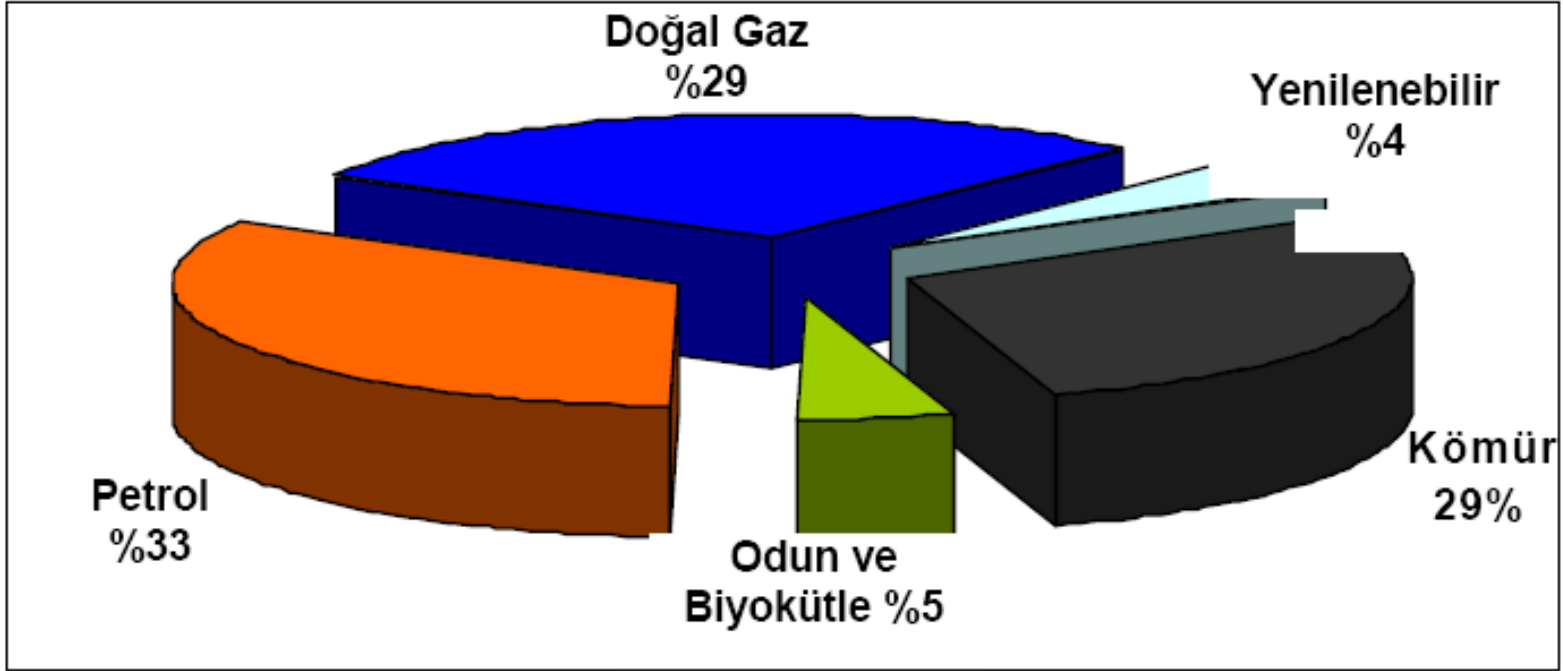
Enerji ihtiyacımızın büyük bir çoğunluğunu fosil yakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. 2006 yılı itibariyle enerji tüketiminin sadece %27'si yerli kaynaklardan karşılanmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılan projeksiyonlarda dışa bağımlılık 2010' da %71, 2015'te %68 ve 2020'de %70 ler seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir.

2006 yılı enerji tüketiminde petrol ve doğalgaz %62 pay almaktadır. Bu kaynaklarda %90 nın üzerinde dışa bağımlılık olduğunu görmekteyiz. 2006 yılında ülkemizde 31,3 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketilmiş olup bunun %3 ü yerli, üretimle karşılanmıştır. Yine aynı yılda 31,4 milyon ton petrol tüketilmiş olup bunun %7 si yerli üretimle karşılanmıştır.



**Şekil 4:** *Türkiye Birincil Enerji Üretiminin Kaynaklara Dağılımı(2006)*

**Kaynak:** ETKB 2006 Dengesi



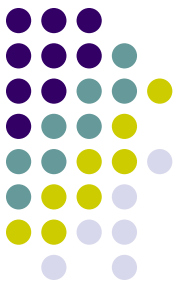
**Şekil 5:** *Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Dağılımı(2006)*  
Kaynak: ETKB 2006 Dengesi





**Çizelge 2:** *Tüketilen Kaynaklar ve Yerli Üretime Oranı*

<b>Kaynak</b>	<b>Tüketimdeki Payı %</b>	<b>Yerli karşılanma Oranı %</b>
Doğal Gaz	29	2,9
Petrol	33	7
Kömür	29	46,7

**Çizelge 3:** *Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Üretimi*<sup>13</sup>

Birincil Enerji Kaynakları Üretimi	1970	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Taşkömürü (Binton)	4.573	3.598	2.745	2.248	2.392	2.494	2.319	2.059	1.946	2170	2319
Linyit (Binton)	5.782	14.489	44.407	52.758	60.854	59.572	51.680	46.168	43.709	57708	61484
Asfaltit (Binton)	36	558	276	67	22	31	5	336	722	888	452
Petrol (Binton)	3.542	2.330	3.717	3.516	2.749	2.551	2.420	2.375	2.278	2281	2176
Doğal Gaz (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )		23	212	182	639	312	378	561	708	897	907
Hidrolik (GWh)	3.033	11.348	23.148	35.541	30.879	24.010	33.684	35.330	46.084	39561	44338
Jeotermal Elektrik (GWh)			80	86	76	90	105	89	93	94	*
Jeotermal Isı (Bintep)	23	60	364	437	648	687	730	784	811	926	1081
Rüzgar (GWh)					33	62	48	61	58	59	127
Güneş (Bintep)			28	143	262	287	318	350	375	385	403
Odun (Binton)	12.816	15.765	17.870	18.374	16.938	16.263	15.614	14.991	14.393	13819	13293
Hayvan ve Bitki Artığı (Binton)	9.253	12.839	8.030	6.765	5.981	5.790	5.609	5.439	5.278	5127	4984
Toplam (Bintep)	14.516	17.358	25.478	26.719	26.047	24.576	24.259	23.783	24.332	24559	26802



**Çizelge 4:** *Türkiye Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi*<sup>14</sup>

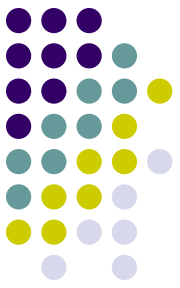
Yıllar	Taş Kömürü (Binton)	Linyit (Binton)	Asfaltit (Binton)	Petrol (Binton)	Doğal Gaz (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Hidrolik (Gwh)	Jeotermal		Rüzgar (Gwh)	Güneş (BİNTEP)	Odun (Binton)	Hayvan ve Bitki A.r.t. (Binton)	Elektrik İthalatı (Gwh)	Elektrik İhracatı (Gwh)	Toplam (BİNTEP)
							Elektrik (GWh)	Isı (BİNTEP)							
1970	4.727	5.772	36	7.579		3.033		23			12.816	9.253			18.872
1980	4.630	15.243	558	15.309	23	11.348		60			15.765	12.839	1.341		31.973
1990	8.191	45.891	287	22.700	3.418	23.148	80	364		28	17.870	8.030	176	-907	52.987
1995	8.548	52.405	66	27.918	6.937	35.541	86	437		143	18.374	6.765	0	-696	63.679
2000	15.525	64.384	22	31.072	15.086	30.879	76	648	33	282	16.938	5.981	3.791	-437	80.500
2001	11.176	61.010	31	29.661	16.339	24.010	90	687	62	287	16.263	5.790	4.579	-433	75.402
2002	18.830	52.039	5	29.776	17.694	33.684	105	730	48	318	15.614	5.609	3.588	-435	78.331
2003	17.535	46.051	336	30.669	21.374	35.330	99	784	61	350	14.991	5.439	1.158	-588	83.826
2004	18.904	44.823	722	31.729	22.446	46.084	93	811	58	375	14.393	5.278	464	-1144	87.818
2005	19.421	56.571	738	31.062	27.488	39.561	94	926	59	385	13.819	5127	636	-1798	91.362
2006	22.798	60.184	602	31.395	31.313	44.338	*	1.081	127	403	13.293	4984	573	-2236	99.590

\*2006 yılı hidrolik ve jeotermal elektrik verileri birlikte verilmiştir.



**Çizelge 5:** *Ülkemiz Kişi Başı Net Elektrik Tüketiminin (KWh) Yıllara Göre Dağılımı*<sup>15</sup>

YILLAR	NET TÜKETİM (kWh)
1975	334
1980	456
1985	586
1990	829
1995	1112
2000	1449
2001	1416
2002	1479
2003	1581
2004	1687
2005	1808
2006	1961



**Çizelge 6:** *Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim ve Kurulu Gücünün Gelişimi*

Yıllar	Kurulu Güç(MW)					Üretim (Gwh)				
	Termal	Hidro	Jeotermal + Rüzgar	Toplam	Artış	Termal	Hidro	Jeotermal+ Rüzgar	Toplam	Artış
1990	9535,8	6764,3	17,5	16317,6		34314,9	23148,0	80,1	57543,0	
2000	16052,5	11175,2	36,4	27264,1	4,4	93934,2	30878,5	108,9	124921,6	7,3
2001	16623,1	11672,9	36,4	28332,4	3,9	98562,8	24009,9	152,0	122724,7	-1,8
2002	19568,5	12240,9	36,4	31845,8	12,4	95563,1	33683,8	152,6	129399,5	5,4
2003	22974,4	12578,7	33,9	35587,0	11,7	105101,0	35329,5	150,0	140580,5	8,6
2004	24144,7	12645,4	33,9	36824,0	3,5	104463,7	46083,7	150,9	150698,3	7,2
2005	25902,3	12906,1	35,1	38843,5	5,5	122242,3	39560,5	153,4	161956,2	7,5
2006	27420,2	13062,7	81,9	40564,8	4,4	131835,1	44244,2	220,5	176299,8	8,9

**Kaynak:** TEİAŞ



Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli ise 150 milyar kWh/yıldır. Ekonomik potansiyelin, yeni projelerle birlikte önümüzdeki yıllar daha da artış göstererek yaklaşık 170 milyar kWh/yıl'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Haziran 2007 tarihi itibarıyla Türkiye'de İşletmede olan 148 HES'in toplam kurulu gücü 13 306 MW ve ortalama elektrik üretimi 47 590 GWh/yıldır. Buna göre, Türkiye teknik potansiyelinin % 22'si, ekonomik yapılabilir hidroelektrik potansiyelin ise % 32'si ancak değerlendirilmiş bulunmaktadır.



Bugünkü teknik koşullarda 10 metre yükseklikteki ortalama 7 m/s hızda, yılda 2500 saat kullanma süresi ile kurulabilecek ekonomik rüzgar potansiyeli 48.000 MW yani 120 milyar kWh düzeyindedir. Oysa, ETKB öngörülerine göre, Türkiye'nin mevcut 48.000 MW'lık rüzgara dayalı elektrik enerjisi üretim kapasitesinin 2020 yılına kadar yalnızca 3019 MW'lık kısmının değerlendirilmesi öngörülmektedir. Kalan 45.000 MW'lık kapasite de değerlendirilebilse idi yılda asgari 2500 saatlik çalışma kapasitesiyle 112.5 milyar kWh elektrik üretme imkanı olabilirdi.



Türkiye'nin jeotermal brüt teorik ısı potansiyelinin 31.500 MW, kullanılabilir ısı potansiyelinin de 3524 MW olduğu belirtilmektedir. Toplam jeotermal elektrik potansiyeli 2000 MW'dir. Türkiye güneş kuşağı içerisinde bulunan bir ülke olup, güneş enerjisi kazancı açısından zengindir. Bölgelere göre yıllık toplam güneşlenme süresi 2993-1971 saat/yıl arasında değişirken, enerji yoğunluğu 1460-1120 KWh/m<sup>2</sup>-yıl sınırlarındadır. Türkiye'nin biyokütle, biyogaz ve biyoyakıt enerji kapasiteleri de ciddi potansiyellere sahiptir.





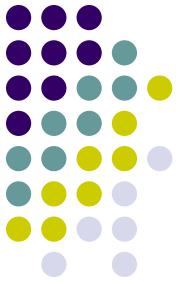
## 2.1 HİDROLİK ENERJİ

Elektrik enerjisi üretiminde en önemli kaynaklardan biri olup ve birçok ülkede enerji ihtiyacının %25'inden fazlasını karşılamaktadır. Hidroelektrik enerji , yaklaşık 65 ülkenin ulusal elektriğinin %50'sini, 32 ülkenin %80'ini ve 13 ülkenin elektriğinin hemen hemen hepsini sağlamaktadır.

Çizelge 7'deki verilerden de görüldüğü üzere, dünyadaki teknik hidroelektrik potansiyel 14368000 GWh/yıl, ekonomik hidroelektrik potansiyel ise 8576000 GWh/yıldır. Teknik potansiyelin % 20'si, ekonomik hidroelektrik potansiyelin ise % 33'ü değerlendirilebilmiş bulunmaktadır. Aynı tabloda kıta içinde üretilen hidroelektriğin, o kıtanın teknik yapılabilir hidroelektrik potansiyeline oranı da gösterilmiştir. Buna göre: Afrika (% 4), Asya (% 13), Avustralya /Okyanusya (% 27), Avrupa (% 48), Kuzey ve Orta Amerika (% 40) ve Güney Amerika (% 21'ini) geliştirmiştir. Yani kullanılmayan potansiyelin büyük bir kısmı Afrika, Asya ve Latin Amerika'da yer almaktadır (3).

**Çizelge 7:** *Dünya Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve 2004 Yılı Gelişme Durumu*

	Brüt Teorik HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Ekonomik Yapılabilir HES Potansiyeli (GWh/yıl)	İşletmede		İnş.Halinde (MW)	Planlama Aşamasında (MW)	Teknik Potansiyelin Kullanım Or.
				Kurulu Güç (MW)	Ort. Üretim (GWh/yıl)			%
AFRIKA	~4 000 000	~1 750 000	~1 100 000	~21 590	~85 000	>4800	~87 000	4
ASYA (Rusya Fed. ve Türkiye dahil)	~19 000 000	~8 800 000	~4 000 000	~268 154	~933 300	>99 080	~271 000	13
AVUSTRALYA OKYANUSYA	624 000	~200 000	~90 000	~13 470	~54 000	>3	~400	27
AVRUPA (Rusya Fed.ve Türkiye hariç)	>3 280 000	~1 140 000	~786 000	~171 000	~555 740	>2400	~14 000	48
KUZEY VE ORTA AMERİKA	~7 200 000	~1 663 000	~1 000 000	~163 500	~666 900	>4442	~15 200	40
GÜNEY AMERİKA	~6 272 000	~2 815 000	~1 600 000	~121 990	~605 300	>15 670	~65 000	21
TOPLAM	~40 000 000	~14 368 000	~ 8 576 000	~760 000	~2 900 250	~128 200	~ 452 000	20
TÜRKİYE	433 000	216 000	150387	12 554	44 155	3 099	21 297	20
DÜNYA TOPLAMINA ORANI	% 1.06	%1	p	%1.73	%1,6	%3.19	%6.04	-





Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli ise 150 milyar kWh/yıldır. Ekonomik potansiyelin, yeni projelerle birlikte önümüzdeki yıllar daha da artış göstererek yaklaşık 170 milyar kWh/yıla ulaşacağı tahmin edilmektedir (6). Hidroelektrik, 1980–2000 döneminde, Türkiye elektrik sisteminde gerek kurulu güç, gerekse yıllık üretimde % 40'ların üstünde bir paya sahipken, 2000 yılında bu oran % 25'ler seviyesine gerilemiştir. 2003 yılında hidrolik kapasite 2000'e göre yaklaşık 1400 MW artmasına karşın, yıllık üretimde payı daha da azalmış, % 17'ler dolayına düşmüştür. 2006 yılında ise % 25 olarak gerçekleşmiştir (5).



**Çizelge 8:** *Ekonomik HES Potansiyelinin Proje Durumlarına Göre Dağılımı*  
(Haziran 2007)

Proje Durumu	Proje Sayısı	K.Güç (MW)	Ort. Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	148	13 306	47 590	32
İnşa Halinde	158	6 564	23 620	16
Proje	977	22 260	79 177	52
Toplam	1 283	42 480	150 387	100

*Hazırlayan-Ayla TUTUŞ*

## 2.2 RÜZGAR ENERJİSİ

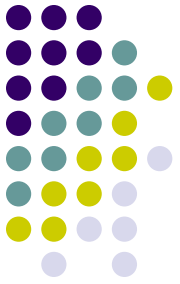


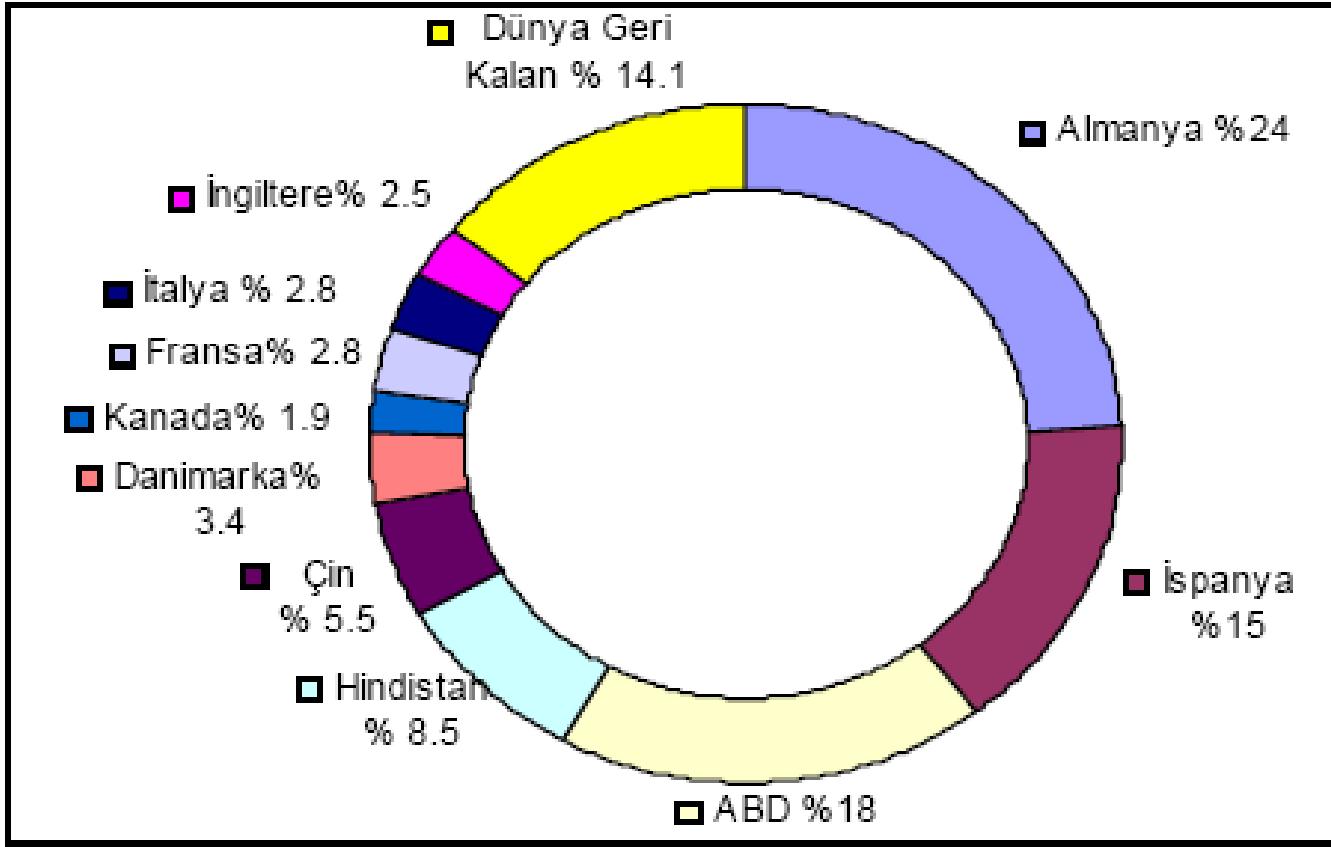
M.Ö 5000 yıl kadar önce rüzgar enerjisi yelkenlileri hareket ettirmede, mısır ve buğday öğütmede ve sulama işleminde kullanılmıştır. Günümüzde ise rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde yararlanılmaktadır.

Dünyada işletmede olan rüzgâr santrallerinin Ocak 2008 tarihi itibarıyla toplam nominal gücü 90.521 MW'tır. Bu kapasitenin % 60,88'i yani 55.114 MW'ı Avrupa'ya aittir. 2008 Ocak yılı itibarıyla bazı ülkelerin kurulu güçlerine bakarsak; Almanya'nın 21.800 MW, ABD'nin 16.842 MW, Avustralya'nın 967 MW, Hindistan'ın 7720 MW, Çin'in 5000 MW'dır. Son yıllarda özellikle ABD, Çin, Hindistan, Kanada ve Japonya rüzgar gücü kapasitelerini önemli oranda arttırmışlardır Türkiye; Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından en zengin ülkelerinden birisidir. Bu konuda **Rüzgar Atlası** çalışmaları bitirilerek 2002'de yayınlanmıştır. Rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antalya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu zengin bölgeler olup ve buralarda yöresel potansiyel belirleme çalışmaları yapılmaktadır.

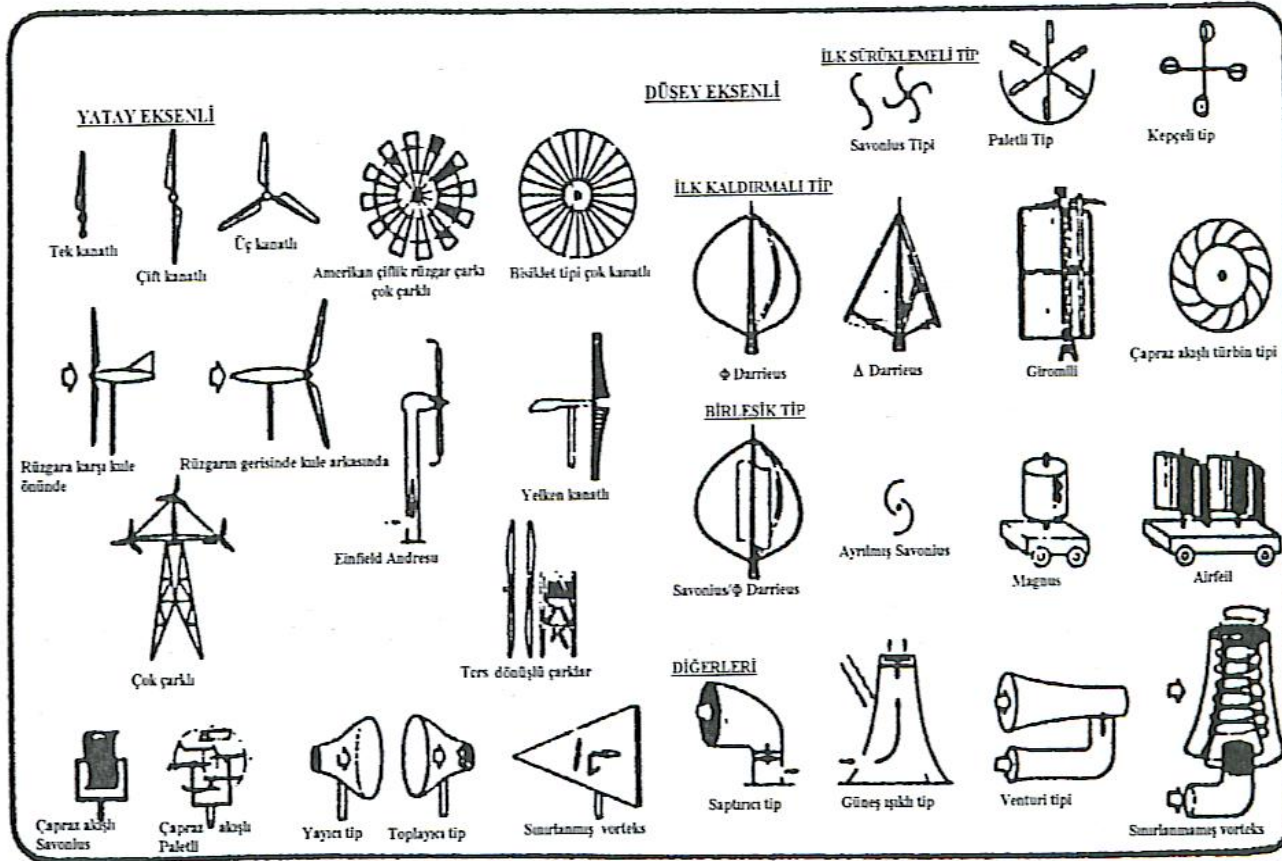
**Çizelge 9: Ocak 2008 Dünya Rüzgâr Santralleri Kurulu Gücü<sup>27</sup>**

Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW	Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW
Almanya	20.622	21.800	Kaliforniya	2.361	2.376
İspanya	11.615	13.915	Teksas	2.768	4.212
Danimarka	3.136	3.132	Iowa	936	1.073
İtalya	2.123	2.611	Minnesota	896	1.427
Hollanda	1.559	1.747	Oregon	438	760
İngiltere	1.958	2.294	Wyoming	288	288
Portekiz	1.716	2.210	New Mexico	497	496
Avusturya	965	982	Oklahoma	535	690
Fransa	1.469	2.624	Washington	818	1.163
Yunanistan	746	804	Colorado	291	1.065
İsveç	572	650	Pennsylvania	179	214
İrlanda	756	801	Kansas	364	465
Norveç	325	333	Illionis	107	648
Belçika	188	215	Kuzey Dakota	179	344
Finlandiya	86	107	Batı Virginia	66	230
Polonya	204	280	Wisconsin	53	53
Ukrayna	86	86	New York	431	672
Lüksemburg	35	35	Güney Dakota	44	94
Litvanya	56	56	Tennessee	29	29
Türkiye	84	177	Montana	146	146
Çekoslovakya	56	56	Idaho	75	75
İsviçre	12	12	Ohio	8	7
Rusya	7	7	Vermont	6	6



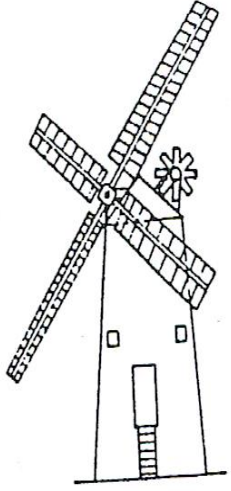


Şekil 6: 2007 Yılı Dünya Toplam Rüzgâr Gücünde Ülkelerin Payı (%)<sup>29</sup>

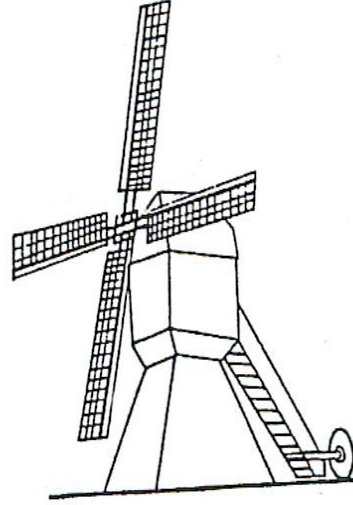


Şekil 7: Rüzgar çarklarının sınıflandırılması (Eldridge 1975).

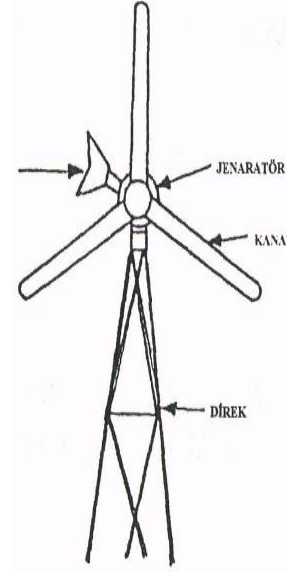




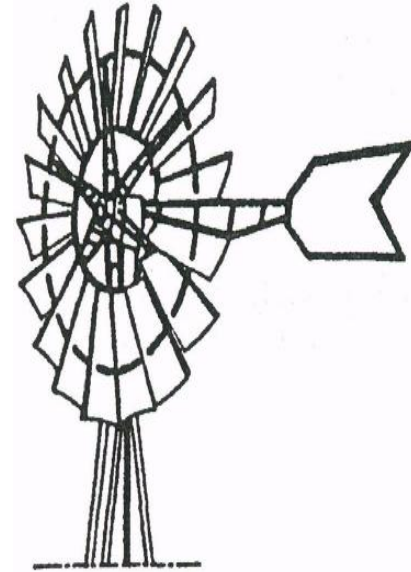
Döner çatılı



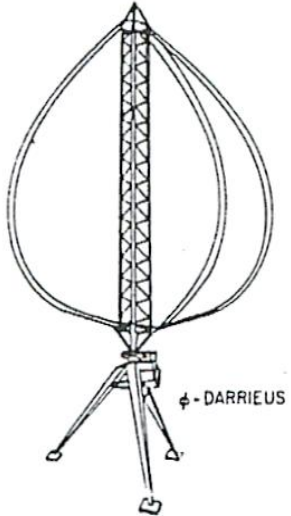
Döner kafesli



Üç kanatlı  
yüksek hızlı

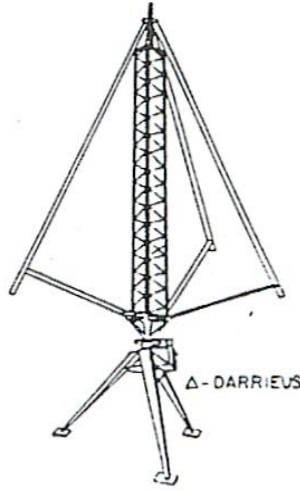


Çok kanatlı  
düşük hızlı



φ - DARRIEUS

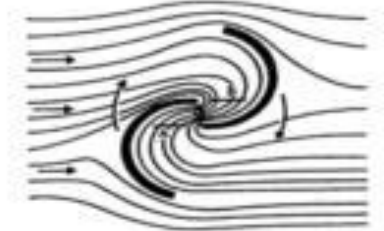
Parabolik ve konik Darrieus



Δ - DARRIEUS



Savonius rüzgar çarkı



Şekil 8: Çeşitli tipte yatay ve düşey rüzgar türbinleri



**Şekil 9.** Deniz üstü rüzgar tarlası, Horns-Rev, Danimarka (EWEA 2006)



Türkiye'nin ilk rüzgar elektriği 1986 yılında Çeşme Altinyunus tesislerinde kurulan 55 kW'lık normal güçlü rüzgar türbininden elde edilmiştir. Uluslararası boyutta ilk rüzgar elektriği 21 Şubat 1998'de Çeşme Germiyan Köyü'nde üretilmiştir. Yap-İşlet-Devret modeli ile işletmeye açılan ilk rüzgar enerjisi Alaçatı'daki ARES adlı 12 adet (7,2 MW kurulu güç) rüzgar türbininden oluşan rüzgar çiftliğidir. Yine Bozca rüzgar enerjisi Santrali ( BORES ) aynı kapsamda 10,2 MW gücünde olup 25 Temmuz 2000'de kurulmuştur.

Ülkemizde Haziran 2008 tarihi itibarıyla EPDK'dan rüzgar enerjisi üretmek için lisans almış firmaların toplam kurulu güç 249 MW olup, inşa halinde 227 MW ve tedarik sözleşmesi imzalamış 1070 MW olmak üzere toplam 1546 MW lık rüzgar kapasitesi mevcuttur.



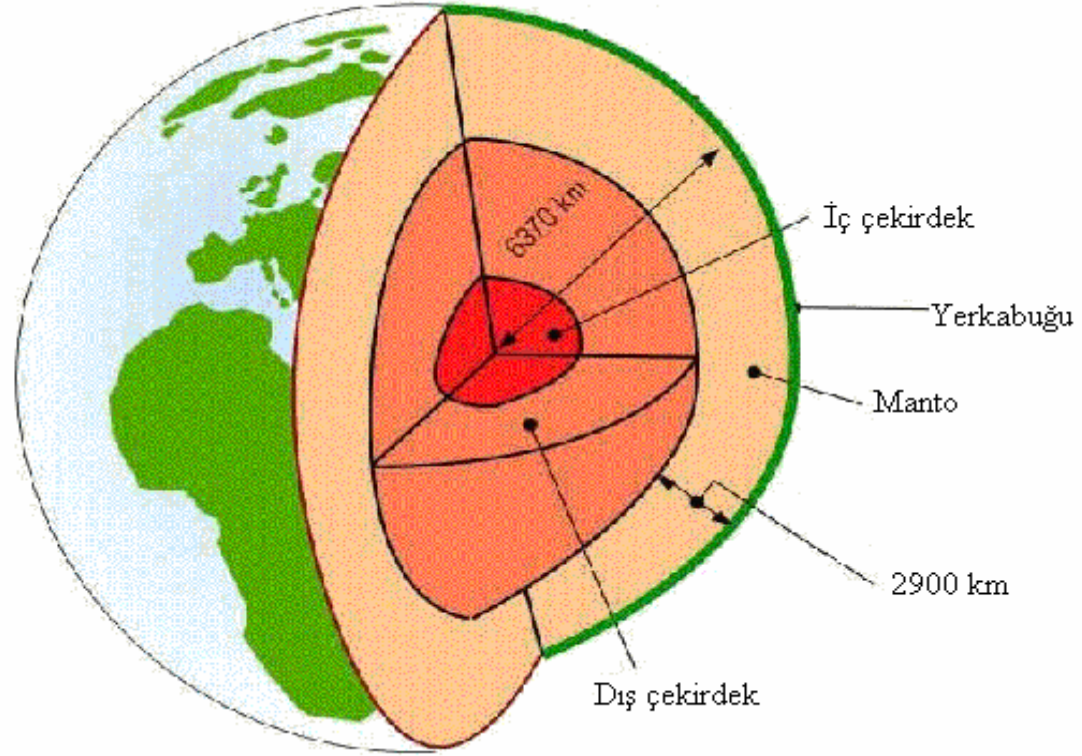
## 2.3 JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji yer kürenin daha sıcak olan merkezinden yüzeye doğru sürekli akan yerkürenin iç ısısıdır. Dünya genelinde yeryüzü ısı akışı ortalama 82 miliwatt/m<sup>2</sup> olarak kabul edilir. Yerkürenin yaklaşık 10 km derinliği içindeki kayaların içerdiği ısının dünya enerji gereksinimini 6 milyon yıl karşılayacak büyüklükte olduğu tahmin edilmektedir. Yerkürenin içindeki bu enerji derinlerde iletim yoluyla kayalara, yeryüzüne yaklaştıkça akışkanlar aracılığı ile taşınım yoluyla gerçekleşmektedir. Yeryüzüne yakın olağan dışı sıcak bölgeler jeotermal alanlar oluşturmaktadır. Jeotermal alanlardaki sıcak kayalar ve yüksek sıcaklıklı yeraltı suyu diğer alanlara göre daha sığ derinliklerde bulunmaktadır. Düşen yağışların bir kısmı geçirimli bölgelerden ısıtıcı kayaların bulunduğu derinliğe kadar inerler ve ısınarak tekrar yüzeye kendiliğinden çıkar veya çıkarılırlar.



Jeotermal enerjinin tarihi, eski Romalılar'ın doğal sıcak su olarak termal banyolarda ısıtma ve sağlıkta kullanılmasıyla başlar.ABD'de ilk defa 1891'de Idaho'da, daha sonra 1900 yılında Oregon'da konut ısıtılmasında kullanılmıştır. 1904 yılında İtalya'nın Larderello şehrinde ilk defa jeotermal kuru buhardan üretilen enerjiyle elektrik enerjisi üretilmiştir. 1960 yılında ilk ticari kuru buhar jeotermal enerjiden elektrik enerji üretimi ABD'de Kaliforniya'da yapılmış, 1969'da ise Fransa'da büyük şehirlerin jeotermal enerji ile ısıtılmasına başlanmıştır. Jeotermal enerji kaynakları,kuru buhar,sıcak su kaynakları, derin yer kabuğu ısı (sıcak kayalar) ve magma olarak tanımlanabilir.

Jeotermal enerji buhar ve sıcak su boruları ile güç santraline taşınarak elektrik enerjisi üretiminde veya konutların ısıtılmasında kullanılmaktadır.Ayrıca konut ısıtımı dışında üretimde proses ısı olarak, absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, tarımda, seracılıkta, kültür balıkçılığında ve karların eritilmesinde doğrudan kullanılır.



**Şekil 10:** Yerkürenin İç Kısımları



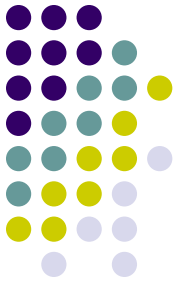
Dünyada 1995 yılından 2000 yılına kadar jeotermal elektrik üretiminde % 17, elektrik dışı jeotermal uygulamalarda ise % 87 artış olmuştur. Filipinler'de toplam elektrik üretiminin % 27'si, İzlanda'da toplam ısı enerjisi ihtiyacının % 86'sı jeotermalden karşılanmaktadır. Batı ABD'de jeotermal kurulu güç yaklaşık 2850 MW olmuştur. (Çizelge 10) (Utah Eyaletinin elektrik toplam ihtiyacının % 2'si, Kaliforniya Eyaletinin % 7'si ve Nevada Eyaletinin ise % 10'u jeotermalden karşılanmaktadır.) 1995 ile 2005 yılları arasında dünyada, jeotermal ısıtmada % 61, sera ısıtmasında % 24, balneolojik uygulamalarda % 350 ve elektrik enerjisi üretiminde % 43'lük bir artış sağlanmıştır. 2005 yılında dünyada 27.824 MWt karşılığında jeotermal akışkan elektrik üretimi dışında doğrudan kullanılmıştır. Ayrıca, 2005 yılında 8912 MWe olan dünya jeotermal elektrik kurulu gücü 2007 yılında 9732 MW'e ulaşmıştır.

**Çizelge 10:** Ülkelere Göre Jeotermal Kurulu Güç Gelişimi ve 2010 Yılı Tahmini



ÜLKELER	KuruluGüç 2000 yılı (MW)	Kurulu Güç 2005 yılı (MW)	Kurulu Güç 2007 yılı (MW)	İşletmedeki Kurulu Güç 2007 yılı (MW)	2010 Yılı İçin Tahmini Kurulu Gücü (MW)
Avustralya	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Avusturya	0	1,1	1,1	0,7	1
Çin	29,2	27,8	27,8	18,9	28
Kosta Rika	142,5	163	162,5	162,5	197
El Salvador	161	151	204,2	189	204
Habeşistan	7,3	7,3	7,3	7,3	7
Fransa	4,2	14,7	14,7	14,7	35
Almanya	0	0,2	8,4	8,4	8
Guatemala	33,4	33	53	49	53
İzlanda	170	202	421,2	420,9	580
Endonezya	589,5	797	992	991,8	1192
İtalya	785	791	810,5	711	910
Japonya	546,9	535	535,2	530,2	535
Kenya	45	129	128,8	128,8	164
Meksika	755	953	953	953	1178
Yeni Zelanda	437	435	471,6	373,1	590
Nikaragua	70	77	87,4	52,5	143
P. Yeni Gine	0	6	56	56	56
Filipinler	1909	1930	1969,7	1855,6	1991
Portekiz	16	16	23	23	35
Rusya	23	79	79	79	185
Tayland	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Türkiye	20,4	20	38	29,5	83
Amerika	2228	2564	2687	1935	2817
<b>TOPLAM</b>	<b>7973</b>	<b>8933</b>	<b>9732</b>	<b>8590</b>	<b>10993</b>





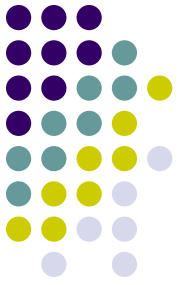
Türkiye’de jeotermal enerjinin ısıtma amacıyla ilk kullanımı 1964 yılında Gönen’de bir otelle başlamıştır. 1987’de yine Gönen’de konut ısıtılmasında kullanılmaya başlamış, kapasitesi 16,2 MW’tır.

Türkiye’de jeotermal ısı ve elektrik potansiyeli kullanımı aşağıdaki gibidir;

- Kaplıca kullanımı :215 kaplıca 402 MW (Yılda 10 milyon kişi)
- Toplam doğrudan ısı kullanımı : 1385 MW (Yılda 1.000.000 ton petrol-kalorifer yakıtı karşılığı 1,4 milyar YTL/yıl, 2007 itibariyle)
- Elektrik üretimi : 60 MW
- CO<sub>2</sub> üretimi : 120 bin ton/yıl

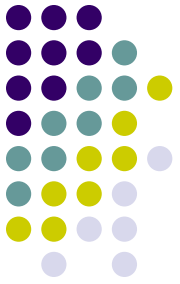
**Çizelge 11:** *Türkiye’de Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerinin Mevcut Durumu*<sup>49</sup>  
2006, T.Jeotermal Derneği Verilerine Göre Revize Edilmiştir.

Yer Adı	Isıtılan Konut Sayısı	Devreye Alma Tarihi	Jeoter. Su Sıc. (°C)	Yatırımcı
9 Eylül Üniv.Kampüsü, Balçova, narlıdere	3000	1983	137-60	Valilik + Üniversite Rektörlüğü
Gönen	3400	1987	80	Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi
Simav	5000	1991	137	Belediye
Karşehir	1900	1994	57	İl Özel İdaresi Ağırlıklı Belediye Anonim Şirketi
Kızılcahamam	2500	1995	80	Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi
Balçova	15000	1996	137	Valilik Ağırlıklı Limited Şirketi
Afyon	4500	1996	95	İl Özel İdare Ağırlıklı Belediye Anonim Şirketi
Kozaklı	1200	1996	90	Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi
Narlıdere	1500	1998	125	Belediye Ağırlıklı Limited Şirketi
Sandıklı	3600/5000	1998	70	Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi
Diyadin	400	1999	70	İl Özel İdare Ağırlıklı Anonim Şirket
Salihli	4100/24000	2002	94	Belediye
Sarayköy	1500/5000	2002	140	Belediye Ağırlıklı Anonim Şirketi
Edremit	2000/7500	2003	60	Belediye Ağırlıklı Limited Şirketi
Bigadiç	1500/3000	2005	96	Belediye
Sarıkaya	10/2000	2006	50.5	İl Özel İdare +Belediye
Yerköy	500/3000	yapılıyor	62	İl Özel İdare+Belediye+Özel Sektör
Termal tesis ve 635 dönüm sera ısıtması (Şanlıurfa, Dikili, Balçova vb.)				Jeotermal Sahada Yatırım Valilik +Sera Yatırımı Özel Sektör



Çizelge 12: Jeotermal Sahaların Yer, Kapasite ve Kullanım Alanları<sup>39</sup>

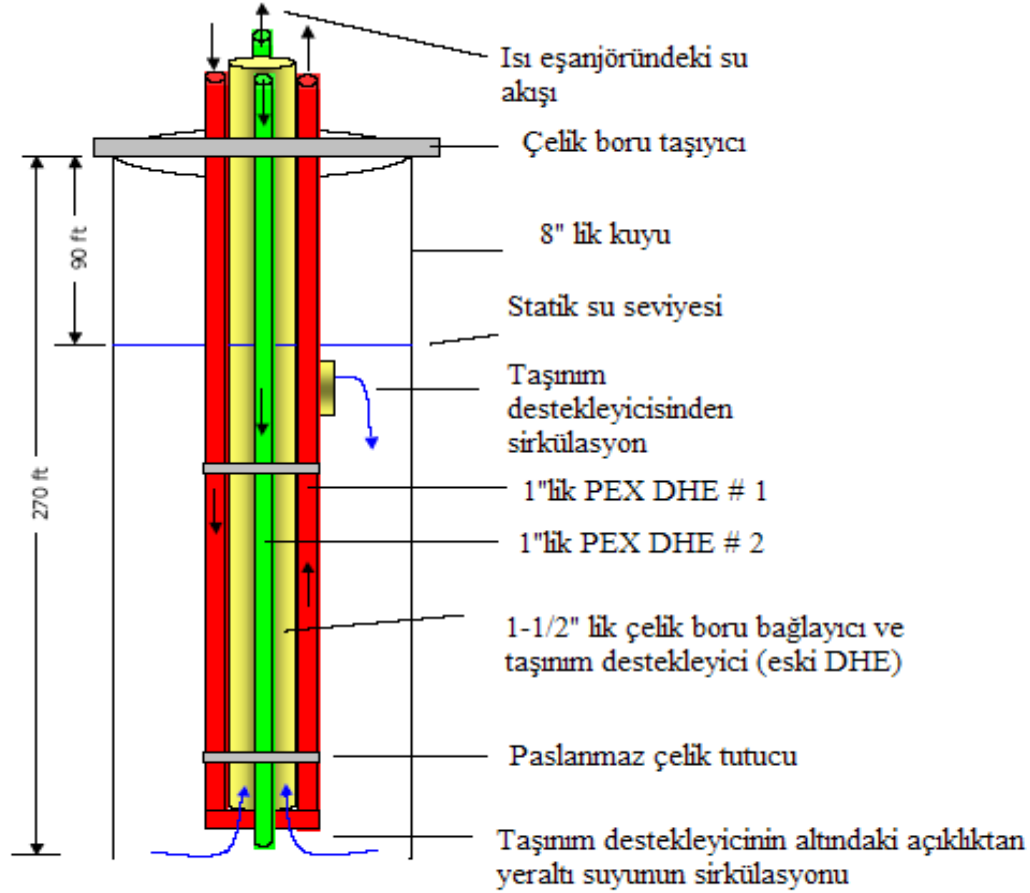
Jeotermal Alan Adı ve Yeri	Sıcaklık (°C)	Kapasite (MW)_ (MW)	Kullanım Alanı	Açıklamalar
Germencik- AYDIN	232	0,1	Sera	Elektrik üretimine uygun
Kızıldere- DENİZLİ	212	22,8	Elektrik üretimi, Sera	1984'te 20.4MW, şu an net 15 MW üretimi var
Tuzla- ÇANAĞKALE	174	9	Sera	Elektrik üretimine uygun
Salavatlı- AYDIN	171	-	-	Elektrik üretimine uygun
Simav- KÜTAHYA	163	61,6	Isıtma, Balneoloji, Sera	3200 konut ısıtması
Seferhisar- İZMİR	153	1,06	Sera	80.000m <sup>2</sup> sera ısıtılması
Dikili- İZMİR	130	2	Sera	
Balçova- İZMİR	124	143,3	Isıtma, Balneoloji, Sera	10.000 konut ısıtılması
Ilıcabaşı- AYDIN	103	-	-	
Hisaralan- BALIKESİR	100	0,49	Sera	
Tekkehamamı- DENİZLİ	100	1,8	Sera	
Ömer Gecek- AFYON	98	2,6	Isıtma, Balneoloji,	35 apart otel binası ve 5000 m <sup>2</sup> sera ısıtılması
Salihli- MANİSA	98	0,37	Isıtma, Balneoloji,	1989'dan beri otel binasının jeotermal ısıtılması
Çitgöl- KÜTAHYA	97	-	-	
Kozaklı- NEVŞEHİR	93	14,9	Isıtma, Sera	1.000 konut ısıtılması
Çamköy (Alangüllü)- AYDIN	90	0,7	Isıtma, Balneoloji,	
Zilan (Erciş)- VAN	90	-	-	



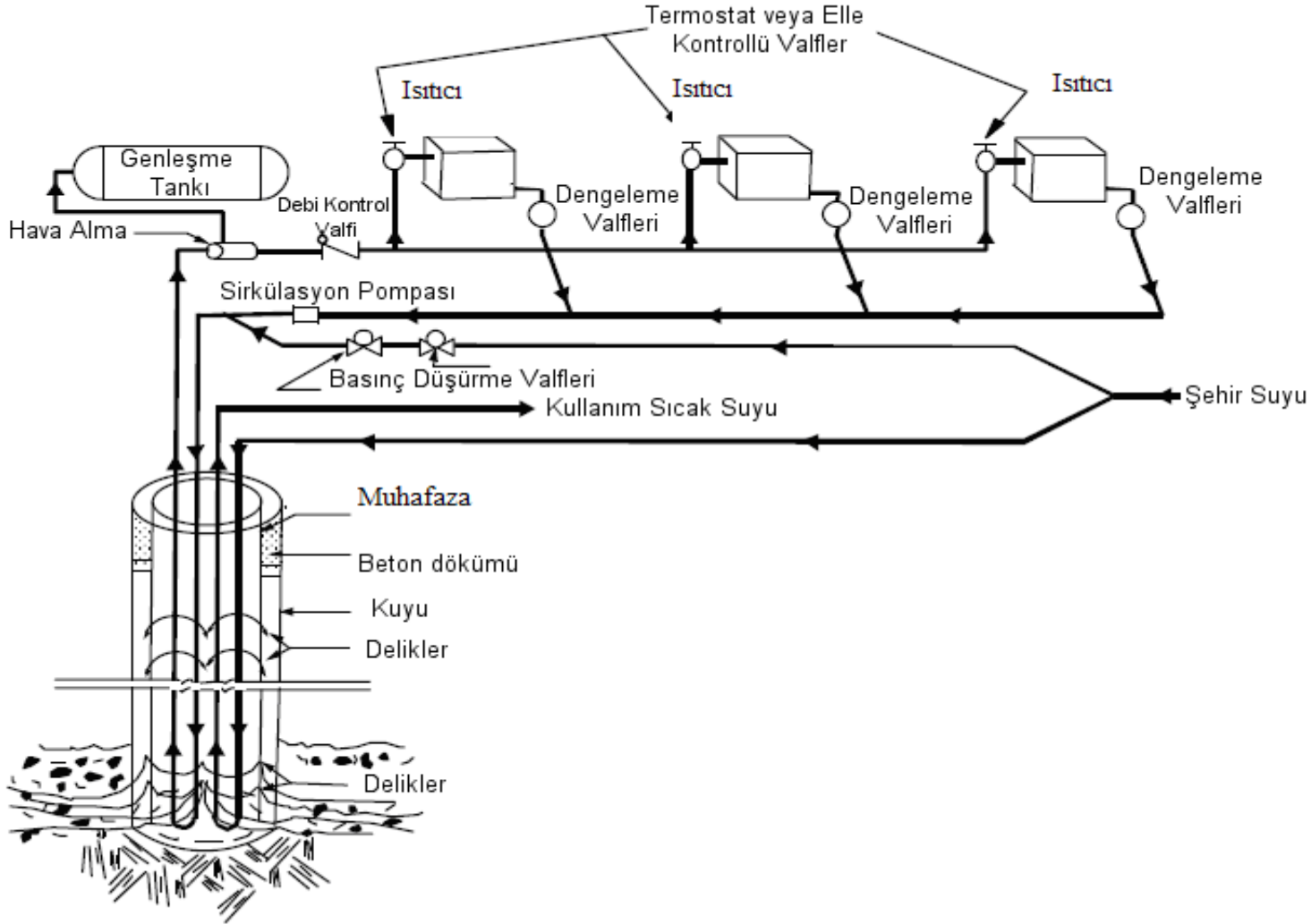


Türkiye’de neotektoniği-volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar

**Şekil 11:** Türkiye’nin volkanik etkinliği ve jeotermal alanlar (Yılancı 2003 )



**Şekil 12:** Kuyu içi eşanjör montajının şematik görünümü (Chiason 2005)



**Şekil 13:** Tipik bir kuyu içi ısı eşanjörü sistemi ve kullanılan elemanlar (Culver 1978 )



**Şekil 14:** Ucuna eski ısı eşanjörünün siyah çelik borusuna bağlanmış 2 polietilen U tütünün kurulmadan önceki durumu



Romalılardan beri yapılan seracılık ülkemizde ilk defa Antalya'da 50 yıl önce gerçekleştirilmiş, günümüzde Avrupa'da İspanya ve İtalya'dan sonra üçüncü sırada üretim yapmaktadır. Çizelge 12'de ülkemizde jeotermal enerjinin kullanıldığı seralar ve kapasiteleri gösterilmiştir. Büyük çapta sebzeçilik az miktarda kesme çiçek, meyva, iç ve dış bitki yetiştirme alanlarında kullanılır(Şekil 15).



**Şekil 15: Sera ısıtması uygulamaları**





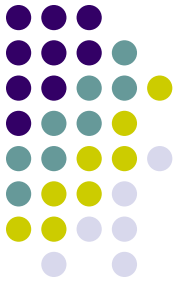
Balık üretiminde; yavru üretimi ve balık yemi üretimi de önemli olup bu alanda bir sektör oluşmuştur. Havuzlardaki sıcaklık optimum değerlerde tutulursa üretim veriminde büyük artışlar kaydedilecektir. Son yıllarda yakıt fiyatlarındaki büyük artış balık üretiminde jeotermal enerjinin kullanımının önemini bir daha ortaya koymuştur. Aşağıda balık çiftliklerinde yetiştirilen balıklar ile ilgili resimler görülmektedir(Şekil 16).



**Şekil 16: Balık çiftliklerinde yapılan üretim**



**Şekil 17: Jeotermal enerji ile ısıtılan bazı termal tesisler**



## 2.4 GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve yeryüzünde 0-1.100 W/m<sup>2</sup> değerlerinde bir ısı etkisi yaratan yenilenebilir bir enerjidir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Ayrıca değişik teknolojilerde elektrik enerjisi üretimi de yapılabilmektedir. Güneş enerjisine, ülke enerji politikalarında yer verilerek, enerji dış alımı azaltılabileceği gibi fosil yakıtların neden olduğu çevre kirliliği de azaltılmış olacaktır.

Güneş enerjisi ile çalışan ilk motor patenti 1861'de alınmış, ucuz petrol nedeniyle uzun zaman unutulmuş ve 1970'lerdeki petrol krizinde tekrar gündeme gelmiştir.

Fotovoltaik Endüstri Birliği (EPIA) ve Greenpeace tarafından yayınlanan raporda 2040 yılına kadar küresel enerji gereksiniminin %26'sı güneş enerjisinden sağlanacak ve 2 milyondan fazla kişiye istihdam olanağı sağlanacağı belirtilmektedir.



Dünya atmosferinin üst sınırında (dünya yüzeyinden takriben 160 km. yükseklikte) güneş ışınlarının gelişine dik bir yüzey üzerine gelen ortalama güneş enerjisi yoğunluğu yaklaşık 1,37 kW/m<sup>2</sup>dir. Bu değere “güneş sâbiti” denmektedir. Dünyada güneş enerjisinden yararlanmak için en elverişli alanlar, Ekvatorun 35° Kuzey ve Güney enlemleri arasında kalan kuşakta yer almaktadır. Bu bölge “Dünya Güneş Kuşağı” olarak adlandırılmaktadır. Yılda 2000-3500 saat güneş görmekte olan bu bölgenin güneş enerjisi potansiyeli 3,5-7 kWh/m<sup>2</sup>/gün arasında değişmektedir.

Dünya yüzeyindeki ortalama yıllık güneş radyasyonu miktarı kurak bölgelerde 2000-2500 kWh/m<sup>2</sup> ve daha üst enlemlerde ise 1000-1500 kWh/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu radyasyon yeryüzüne doğrudan ve/veya difüz (yaygın) radyasyon olarak ulaşmaktadır. Dünya'nın çeşitli bölgelerindeki yatay yüzeylere ulaşan günlük ortalama güneş radyasyonu miktarları, aşağıda özetlenmiştir.



**Çizelge 13:** *Dünyadaki Yıllık Ortalama Güneş Enerjisi Miktarı*

Bölge	KWh/m <sup>2</sup>
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator (Çöl Bölgeleri)	2200

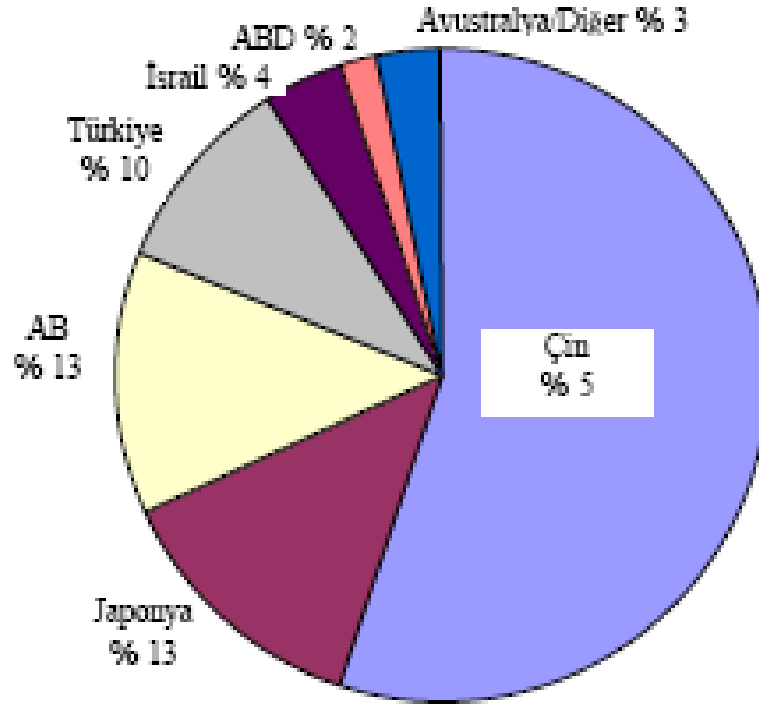
**Kaynak:** EİE (2006)



## ***Güneş enerjisi ısı teknolojileri ve uygulamaları***

- a) Düşük Sıcaklık Uygulamaları  $100^{\circ}\text{C}$ 'den az; Düzlemsel güneş kolektörleri, Güneş Havuzları ve Su Arıtma Sistemleri, Konut Isıtma, Ürün Kurutma Seralar, Güneş Ocakları vb. gibi uygulamalar,
- b) Orta Sıcaklık Uygulamaları:  $100 - 350^{\circ}\text{C}$  arası: Vakumlu Güneş Kolektörleri kullanımı ile yapılan uygulamalar,
- c) Yüksek Sıcaklık Uygulamaları:  $350^{\circ}\text{C}$ 'den daha yüksek sıcaklıklar : Güneş fırınları ve güneş kuleleri, elektrik üretimi ve madenlerin eritilmesi amacıyla yapılan uygulamalar.

Güneş enerjisi ısı teknolojileri arasında en yaygın olarak kullanılan uygulama düzlemsel güneş kolektörleridir. Dünya genelinde, kurulu olan ve ağırlıklı olarak sıcak su üreten düzlemsel güneş kolektörü miktarının takriben 94 milyon  $\text{m}^2$ 'yi geçtiği tahmin edilmektedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye 12 milyon  $\text{m}^2$  kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biridir. Bu dağılım, Şekil 18'de gösterilmektedir.



**Şekil 18:** Bazı Ülkelerde Sıcak Su Üretimi İçin Kurulu Kolektör Alanı Oranları

Kaynak: UNIDO - ICHET (2005)



Son yıllarda PV teknolojisindeki gelişmelerle ve PV pazarının büyümesiyle maliyetler düşüş eğilimi göstermektedir. Panellerin fiyatları 3-6 \$/W arasında değişmektedir ve 50 W'lık bir panelin fiyatı 200 dolar civarındadır. On yıl kadar önce, standart bir güneş pili 500 dolar civarındaydı. Avrupa Güneş Pili pazarının boyutu 2005 yılında 5 milyar euro civarında olmuştur. Son yıllarda dünyada yaygınlaşan PV uygulaması, Yapı Bileşik Güneş Pili modülleri ile evin/küçük binanın elektrik ihtiyacının karşılanması şeklindedir. Bu tür uygulamalarda çatı veya binanın uygun diğer bir yüzeyine yerleştirilmiş ünitelerle gereken elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Örneğin, Almanya'nın güneyinde bir uygulamada yıllık 2700 kWh elektrik üretimi sağlanmakta, bu da enerji verimli bir evin bütün ihtiyacını karşılamaktadır. Bu uygulamalar Amerika da 1 milyon çatı, Japonya da 70.000 çatı Almanya da 100.000 çatı gibi projeler kapsamında yaygınlaştırılmaktadır.

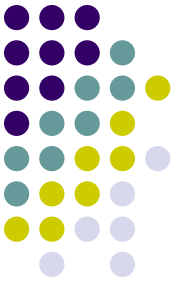




**Çizelge 14:** Bazı Ülkelerde PV Kurulu Gücünün Kümülatif Gelişimi (MW)

Ülkeler	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Avusturya	15,7	18,7	22,5	25,3	29,2	33,6	39,1	45,6	52,3	60,6	70,3
Avustralya	1,7	2,2	2,9	3,7	4,0	6,4	10,3	16,6	21,1	24	25,6
Kanada	2,6	3,4	4,5	5,8	7,2	8,8	10	11,8	13,9	16,7	20,5
İsviçre	8,4	9,7	11,5	13,4	15,3	17,6	19,5	21	23,1	27,1	29,7
Danimarka	0,2	0,4	0,5	1,1	1,5	1,5	1,6	1,9	2,3	2,7	2,9
Almanya	27,8	41,8	53,8	69,4	113,7	194,7	278	431	1044	1910	2863
İspanya	6,9	7,1	8	9,1	12,1	15,7	20,5	27	37,4	57,7	116,2
Finlandiya	1,6	2	2,2	2,3	2,6	2,7	3,1	3,4	--	--	--
Fransa	4,4	6,1	7,6	9,1	11,3	13,9	17,2	21,1	26	33	43,9
İngiltere	0,4	0,6	0,7	1,1	1,9	2,7	4,1	5,9	8,2	10,9	14
İtalya	16	16,7	177	18,5	19	20	22	26	30,7	37,5	50
Japonya	59,6	91,3	133,4	208,6	330,2	452,8	636,8	859,6	1132	1421,9	1708,5
Kore	2,1	2,5	3	3,5	4	4,8	5,4	6	8,5	13,5	34,7
Meksika	10	11	12	12,9	13,9	15	16,2	17,1	18,2	18,7	19,7
İsrail	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1	1,3

Source: PVNews, Photon International, IEA PVPS



Ülkemiz, coğrafî konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Çizelge 15'de verilmiştir.



**Çizelge 15:** *Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli*

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(KWh/m <sup>2</sup> -ay)	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
<b>Ortalama</b>	<b>308 cal/cm<sup>2</sup>-gün</b>	<b>3,6 KWh/m<sup>2</sup>-gün</b>	<b>7,2 saat/gün</b>

Kaynak: EİE (2006)



Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgesel dağılımı ise aşağıdaki Çizelge 16'da görülmektedir.

### Çizelge 16 : Bölgelere Göre Güneşlenme Potansiyeli

<u>Bölgeler</u>	<u>Toplam Güneş Işınımı(kWh/m<sup>2</sup>-yıl)</u>	<u>Güneşlenme süresi(saat/yıl)</u>
● Ege	1.304	2.738
● Karadeniz	1.120	1.971
● İç Anadolu	1.314	2.628
● Doğu Anadolu	1.365	2.664
● Marmara	1.168	2.409
● Akdeniz	1.390	2.956
● Güneydoğu Anadolu	1.460	2.993
● Ortalama	1.303	2.622,71



Türkiye’de güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar, özellikle 1970’lerden sonra hız kazanmış, sonraki yıllarda teknolojik ilerlemelere bağlı olarak güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerinde düşüş gerçekleşmiştir. Ülkemiz güneş kolektörü yıllık üretim hacmi 750 bin ile bir milyon m<sup>2</sup> arasındadır. Üretimin bir kısmı ihraç edilmektedir. Bu haliyle Türkiye dünya da kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır. Halen ülkemizde 12 milyon m<sup>2</sup> güneş kolektörü yüzey alanından elde edilen 420 bin TEP güneş enerjisi ısı uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye ısısal güneş enerjisi üretimi açısından Çin, ABD ve Japonya’dan sonra dünya 4.sü durumundadır. Güneş kolektörleri kullanılarak elde edilen ısı enerjisinin birincil enerji tüketimine katkısının yıllara göre değişimi, Çizelge17’de gösterilmiştir.



**Çizelge 17:** *Türkiye’de Güneş Kolektörleri ile Elde Edilen Enerji Miktarı Tahmini*

<b>Yıl</b>	<b>Güneş Enerjisi üretimi (bin TEP)</b>
1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

**Kaynak:** (EİE )



## 2.5 BİYOKÜTLE – BİYOENERJİ

Biyokütle dünyanın yenilenebilir enerji potansiyeli içinde oldukça ciddi bir teknik potansiyele sahiptir. Ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler **Biyokütle Enerji Kaynağı** ve bu kaynaklardan üretilen enerji de **Biyokütle Enerjisi** olarak adlandırılır. Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşur. Yılda fotosentez yoluyla oluşan enerji dünya enerji tüketiminin yaklaşık 10 katıdır.

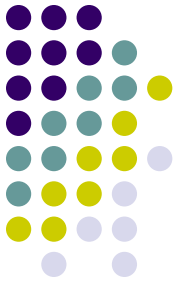
Biyokütleden ısı sağlanır, yakıt üretilir ve ayrıca elektrik üretimi için kullanılır. ABD’de hidroelektrik enerji üretiminden sonra ikincidir. Bu da ABD’nin enerji ihtiyacının %3’nü karşılamaktadır. Biyokütleden elde edilen biyogaz enerjisi dünyada ilk defa 19. yüzyılda İngiltere’de fosseptiklerde oluşan metan gazının sokak lambalarının aydınlatılmasında kullanılmıştır.



Biyokütle kökenli en önemli dizel motoru alternatif yakıtı biyomotorindir. Biyomotorin, biyodizel, yeşil dizel adları ile tanınmaktadır. Biyomotorin üretiminde bitkisel yağ olarak kolza, ayçiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları, alkol olarak metanol, katalizör olarak alkali (katalizörler sodyum veya potasyum hidroksit) tercih edilmektedir.

Biyomotorin üretmek ve kullanmak için Türkiye yeterli ve uygun alt yapıya sahiptir. Türkiye’de kolza (kanola), ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinin enerji amaçlı tarımı mümkündür. Ülkemizde biyomotorin birçok firma tarafından üretilmeye başlanmış ve bu alandaki üretici firmalar bir araya gelerek ortak bir yapılanmayı oluşturmuşlardır. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) tarafından desteklenen AR-GE projeleri yürütülmektedir.





Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilmektedir. Biyokütleden; fiziksel süreçler (boyut küçültme-kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve birikeme) ve dönüşüm süreçleri (biyokimyasal ve termokimyasal süreçler) ile yakıt elde edilmektedir. Dönüşüm süreçleri ve ürünlerine örnek olarak, uygulamada başarısını kanıtlamış aşağıdaki biyoyakıtlar verilebilir.

Bu yakıtlar içinde biyogaz, biyoetanol ve biyomotorin önde yer almaktadır. Biyoyakıtların ülkemizde uygulanır olması için gerekli potansiyel, bilgi birikimi ve altyapı mevcuttur.



### *Dönüşüm Süreci*

### *Ürün*

Biyometanlaştırma Süreçleri

: Biyogaz

Biyofotoliz Süreçleri

: Hidrojen

Fermentasyon Süreçleri

: Biyoetanol

Piroliz Süreçleri

: Pirolitik sıvı

Gazlaştırma Süreçleri

: Gaz yakıt

Karbonizasyon Süreçleri

: Biyokömür

Esterleşme Süreçleri

: Biyomotorin (Biyodizel)



## 2.6 DENİZ VE OKYANUS ENERJİSİ

Dünyanın  $\frac{3}{4}$ 'ü suyla kaplıdır. Bu nedenle gün geçtikçe artan enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla yoğun çalışmalar sürdürülmekte olup; denizlerdeki ve okyanuslardaki enerji potansiyelinden yararlanma yolları aranmaktadır. Bu konuda Avrupa Birliği tarafından yapılan araştırmalara göre, 2010 yılında bu kaynaklardan elde edilecek enerji, 1 milyon evin ihtiyacını karşılayacak kapasitededir.

Okyanustan enerji üretimi Gelgit, okyanus ısı, dalgalar, akıntılar, tuzluluk oranı ve metan gazından yapılır.



## 2.6.1 GELGİT ENERJİSİ

Gelgit enerjisi, Ay'ın çekim kuvveti ile denizlerin ve okyanusların alçalıp yükselmesi ile oluşan seviye farkı ile ifade edilir.

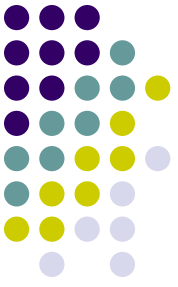
Yeryüzünde 5 metrenin üstünde seviye farkı oluşan yaklaşık 40 Gelgit bölgesi vardır. Avrupa, Filipinler, Endonezya, Çin ve Japonya'da Gelgit potansiyeli oldukça fazladır. Fransa'daki La Rance santrali 240 MW ve Kanada'daki Annoapolis santrali 16 MW gücündedir.

Hesaplara göre okyanuslardaki Gelgit hareketleri her gün 3000 TWh'lık enerji kapasitesi taşımaktadır. Bunun % 2'sinin (60 TWh) elektrik enerjisine dönüştürülebileceği tahmin edilmektedir.

## 2.6.2 DALGA ENERJİSİ

Deniz üstünde esen rüzgarların meydana getirdiği dalgaların sahip olduğu enerji potansiyeli de oldukça önemlidir. Bu konuda yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Ülkemizin Marmara Denizi hariç kıyı şeridi uzunluğu 8.210 km olup, turizm, balıkçılık ve kıyı tesisleri dışında kullanıma uygun 1/5'lik kısımda yaklaşık 18,5 TWh/yıl dalga enerjisi elde edilebileceği tahmin edilmektedir. Bu konuda 19 Mayıs 2005'te ilk ölçüm rasathanesi Karadeniz Ereğli'sine indirilmiş olup 2 yıl süreyle 10 cm ile 1m arasındaki enerji potansiyellerini ölçebileceklerdir.

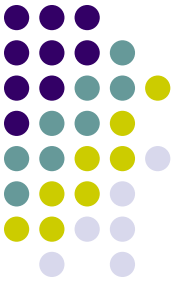




### 2.6.3 OKYANUS ISISI ENERJİSİ ( OTEC )

Termal enerji değişimi ile deniz suyunda oluşan sıcaklık farklarının meydana getirdiği bir enerji kaynağıdır. Okyanuslar yeryüzünün % 70'ini oluşturan bir güneş kollektörüdür. Burada yüzeydeki su sıcaklığı ile derindeki su sıcaklığı arasındaki fark 20°C üzerinde olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Bu çalışmaların en önemlisi Hawaii'de yapılmıştır.

Okyanus ısısı enerji üretim tesislerinin kurulması diğer canlılar için de faydalı olacaktır. Eğer deniz suyu, tuzundan ayrılırsa elde edilen su ile tarımda ve sanayide yararlanılabilir. Öte yandan zengin mineral tuzu ile kıyıdaki bitkiler de beslenebilir.



## SONUÇLAR

Türkiye bugüne kadar enerji ihtiyacını esas olarak yeni enerji arzı ile karşılamaya çalışan bir politika izlemiştir. Dağıtımda, kaçaklarla birlikte %18'e ulaşmış kayıplar ve nihai sektörlerde yer yer % 50'nin üzerine çıkabilen enerji tasarrufu imkanları göz ardı edilmiştir. Enerji ihtiyacını karşılamak üzere çok pahalı yatırımlar yapılmış ve diğer yandan bu kayıplar devam ederken, enerjideki dışa bağımlılık Türkiye için ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bundan sonraki politika "önce enerji tasarrufu için yeni yatırım yapılması, bu yatırımlarla sağlanacak tasarruflar dikkate alınarak, yeni enerji üretim tesisi planlamaları yapılması" şeklinde olmalıdır. Önümüzdeki yıllarda yaşanması beklenen enerji sıkıntısının aşılması için yapılması gereken en önemli uygulama tasarrufa yatırımdır.