

## **Türkiye'nin Alternatif Enerji Üretim İmkânları ve Fırsatları**

Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK\*

### **Giriş**

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumunda olup, sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğal gaz) üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Özellikle enerji çevrim santralleri asit yağmurları gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle çevre sorunları ulusal olduğu gibi uluslararası nitelikler de taşımaktadır. Fosil yakıtların (kömür, doğal gaz, petrol) hem tükenmekte oluşu, hem de küresel ölçekte ısınma, bölgesel ölçekte asit yağmurlarına yol açmaları dolayısıyla hidrolik, nükleer ve yenilenebilir enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Antropojenik kaynaklardan oluşan hava kirliliğinin bir göstergesi olan karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) derişimi, 18 ve 19. yüzyıllarda 280–290 ppm arasında iken, fosil yakıtların yakılması sunucunda eksponansiyel bir artış göstererek 1990'lı yılların sonunda 370 ppm'e, 2006 yılının başında yaklaşık 382 ppm'e kadar ulaşmıştır. Yapılan tahminler, 21. yüzyılın sonunda CO<sub>2</sub> derişiminin 600 ppm civarında olacağını göstermektedir.

Bugünün enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji kaynakları (jeotermal enerji, güneş, rüzgâr, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Dünya'da büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılıyor olması (ticari talebin %90'ı fosil yakıtlardan, %10'u ise hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır), çevre sorunlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Bu nedenle çevresel etkileri az olan yenilenebilen enerji kaynaklarına yöneliş, her bakımdan avantajlı olmaktadır. Ancak bazı teknik sorunların çözümlenebilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve bu da söz konusu geçişin oldukça uzun bir süre alacağını göstermektedir. Çizelge 1'de dünyanın geçmişteki enerji tüketiminde kaynakların rolü ve gelecekteki kaynaklara göre enerji tahminleri gösterilmiştir.

\*Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi / TASAM

**Çizelge 1** Kaynaklara Göre Dünya Enerji Arzı Tahminleri [1]

Kaynak	1960		1980		2000		2020	
	10 <sup>9</sup> TEP*	%	10 <sup>9</sup> TEP	%	10 <sup>9</sup> TEP	%	10 <sup>9</sup> TEP	%
<b>Kömür</b>	1.250	36	1.830	24	2.930	26	4.650	30
<b>Petrol</b>	1.170	33	3.100	41	3.415	31	3.175	21
<b>Doğal gaz</b>	0.411	12	1.301	17	1.885	17	2.570	17
<b>Hidrolik</b>	0.171	5	0.383	5	0.650	6	1.050	7
<b>Nükleer</b>	---	---	0.156	2	0.845	8	1.730	11
<b>Tic. Olmayan</b>	0.490	14	0.768	10	1.095	10	1.140	8
<b>Yeni Enerji</b>	---	---	---	---	0.285	2	0.845	6
<b>Toplam</b>	3.500	100	7.538	100	11.105	100	15.115	100

\*10<sup>9</sup> TEP: milyar ton eşdeğer petrol

Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun artması, enerjiye olan talebin hızını artırmaktadır. Öte yandan, gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından, kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının ikame edilmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Elektrik üretimi için termik, hidrolik, nükleer, yenilenebilir gibi alternatif üretim kaynak ve teknolojileri bulunmaktadır. Bütün bu santrallerin yatırım ve işletme maliyetleri, işletmeye hazır bulunma dönem ve süreleri, işletmeye giriş-çıkış özellikleri büyük farklılıklar göstermektedir.

Ülke elektrik tüketimi, geçmiş kırk yılda, yıllık ortalama %10 gibi yüksek bir hızla büyümüştür. Bu artış hızı son yirmi yılda %8,5 düzeyine gerilemiştir. Azalan artış hızına rağmen ülke elektrik talebi daha uzun bir süre yüksek oranlarda artmaya devam edecektir. Yapılan çalışmalar, 1999 yılında 118 500 GWh olan elektrik tüketiminin, 2010 yılında 295.000 GWh civarında olduğu tahmin edilmektedir [3].

Sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı içinde, ekonomik ve sosyal gelişimi destekleyecek, çevreyi en az (kabul edilebilir) düzeyde tahrip edecek, en az maliyette enerji tüketimi hedef alınmak durumundadır.

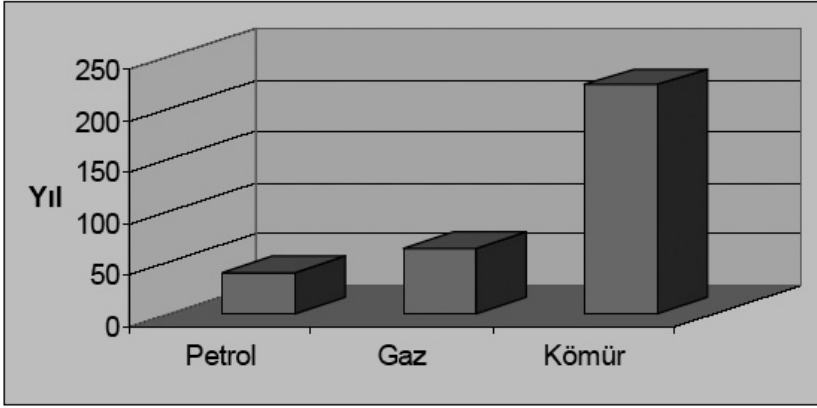
### **Enerji Kaynaklarının Mevcut Durum ve Potansiyeli**

#### ***Fosil Yakıtlar***

Dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin coğrafi dağılımı incelendiğinde, sıvı ve gaz yakıt rezervleri dünyanın belirli coğrafi bölgelerine yoğunlaşmışken, kömürün düzenli bir dağılım göstermekte ve üretimi 50’den fazla ülkede gerçekleştirilmektedir. Ayrıca 1998 yılı üretimi temel alındığında kömürün bilinen rezervlerinin yaklaşık 200 yıl olacağı tahmin edilmektedir. Bu süre petrol (sıvı yakıt) ve doğal gaz rezervleri için geçerli sürenin yaklaşık dört katıdır [2]. Dünya fosil yakıt rezervlerinin ömrü Şekil 1’de verilmiştir.

Tüm fosil yakıtlar içinde kömür, dünyada en çok bulunan yakıt türüdür. 1998'de mevcut kömür çıkarma teknolojileri kullanılarak ve ekonomik olarak çıkarılabilecek kömür miktarı 1.000 milyar ton civarında ve bu kömürün yarısı da taş kömürüdür. Kömür rezervleri sadece çok miktarda değil, aynı zamanda coğrafi olarak 100 ülkeden daha fazla ülkeye ve bütün kıtalara yayılmış durumdadır [3].

**Şekil 1** Dünya Fosil Yakıt Rezervlerinin Ömrü (Bp Amoco, 1999)



### ***Nükleer Enerji***

Nükleer teknoloji, dünyanın elektrik gereksinmesinin %17'sini karşılamasının yanı sıra, tıpta ve endüstride kullanılan birçok izotopun üretilmesi için de kullanılmaktadır. Hem araştırma yapmak hem de tıpta ve endüstride kullanılan izotopları üretebilmek için 59 ülke toplam 273 araştırma reaktörü işletmektedir. Bunların yanı sıra 250'yi aşkın gemi ve denizaltı nükleer enerji ile hareket edebilmektedirler. Günümüzde 31 ülke nükleer enerji santrali işletmektedir. Dünya genelinde, 1000'i aşkın, ticari, askeri ve araştırma amaçlı nükleer reaktör işletilmektedir [4].

Nükleer elektrik tüketiminin toplam elektrik üretimi içinde payı, Litvanya'da %80, Fransa'da %78, İsveç'te %50, İsviçre'de %40, İspanya'da %24, Japonya'da %25, Almanya'da %28, İngiltere'de %24, Amerika'da %19,9, Rusya'da %17 civarında olup, dünya ortalaması yaklaşık %17'dir [9].

AB nükleer kurulu gücünün gelişimi Çizelge 2'de, nükleer santralardan elde edilen elektriğin dünyadaki payı Çizelge 3'te, kurulu bulunan ve inşa halindeki nükleer enerji santrallerinin ülkelere göre dağılımı ise Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 2** AB Nükleer Kurulu Gücünün Gelişimi [5]

	Kurulu Güç (GW)	İnşaatı süren nükleer santraller (GW)	İşletmeden çıkarılan nükleer kapasite (GW)	
			1995–2015	2015–2030
	1995	1995–2010	1995–2015	2015–2030
<b>Belçika</b>	5,9	0,0	0,0	5,8
<b>Finlandiya</b>	2,4	0,3	0,0	2,4
<b>Fransa</b>	66,7	6,4	1,2	56,0
<b>Almanya</b>	25,1	0,0	4,1	21,0
<b>Hollanda</b>	0,5	0,0	0,5	0,0
<b>İspanya</b>	7,5	0,0	0,2	7,3
<b>İsveç</b>	10,4	0,0	2,7	7,8
<b>İngiltere</b>	13,4	0,0	2,7	9,4
<b>Toplam</b>	131,9	6,7	11,3	109,7

**Çizelge 3** Nükleer Elektriğin Dünyadaki Payı\*

ÜLKE	NÜKLEER ELEKTRİĞİN PAYI (%)	ÜLKE	NÜKLEER ELEKTRİĞİN PAYI (%)
LİTVANYA	80	İNGİLTERE	24
FRANSA	78	İSPANYA	24
SLOVAKYA	57	TAYVAN	22
BELÇİKA	55	ABD	19,9
ISVEC	50	RUSYA	17
UKRAYNA	46	KANADA	12,5
GÜNEY KORE	40	ROMANYA	9,3
İSVİÇRE	40	ARJANTİN	8,6
SLOVENYA	40	GÜNEY AFRİKA	6,1
BULGARİSTAN	38	MEKSİKA	5,2
ERMENİSTAN	35	HOLLANDA	4,5
MACARİSTAN	33	BREZİLYA	3,7
ÇEK CUMHURİYETİ	31	HİNDİSTAN	3,3
ALMANYA	28	PAKİSTAN	2,4
FİNLANDİYA	27	ÇİN	2,2
JAPONYA	25		

\* Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, www.iaea.org. erişim: 23.03.2006

**Çizelge 4** Kurulu Bulunan ve İnşa Halindeki Nükleer Enerji Santralleri (1999)\*

Ülke	Çalışır Durumdaki Reaktör Sayısı	İnşa Halindeki Reaktör Sayısı
ABD	104	-
Almanya	18	-
Arjantin	2	1
Belçika	7	-
Brezilya	2	-
Bulgaristan	4	-
Çek cum.	6	-
Çin	9	2
Ermenistan	1	-
Finlandiya	4	-
Fransa	59	-
G. Afrika Cum.	2	-
G. Kore	19	1
Hindistan	14	8
Hollanda	1	-
İngiltere	27	-
İran	-	2
İspanya	9	-
İsveç	11	-
İsviçre	5	-
Japonya	54	2
Kanada	17	-
K.Kore	-	1
Litvanya	2	-
Macaristan	4	-
Meksika	2	-
Pakistan	2	-
Romanya	1	1
Rusya	30	3
Slovakya	6	-
Slovenya	1	-
Ukrayna	13	4
Toplam	436	25

\*Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, [www.iaea.org](http://www.iaea.org), erişim: 23.03.2006

### *Türkiye’nin Komşularındaki Nükleer Santraller*

Ermenistan’ın Türkiye sınırına yalnızca 10 km uzaklıktaki Medsamor ve Bulgaristan’da bulunan Kozloduy nükleer santralleri, Türkiye için birer tehdit niteliği taşımaktadır. ABD Enerji Ofisi’nin yayınladığı raporda Medsamor ve Kozloduy santralleri Sovyetler Birliği’nin dağılmasından önce de faaliyette olan en tehlikeli dokuz nükleer santral arasında gösterilmişti. ABD Denetleme Kurumu (GAO) 1995 yılında hazırladığı raporda her iki santralin de uzun yıllar kapalı kaldıktan sonra yeniden açıldığını ve özellikle Ermenistan’daki Medsamor’un deprem kuşağında bulunması nedeniyle büyük tehlike yarattığının altını çizmektedir. Medsamor’un 1988’de yaşanan depremde zarar gördüğü, reaktörün kaza anında sızıntıyı önleyebilecek çelik-beton kubbeye sahip olmadığı ve acil durumlarda ısıyı çekecek soğutma sistemlerinin yetersiz olduğu belirtilmektedir [6].

GAO’nun raporunda tehlikeli reaktörlerin yanı sıra nükleer atık depolama merkezlerine de değinilmektedir. Ermenistan ve Azerbaycan’ın birer tane nükleer atık depolama ve nükleer yakıt deposuna sahip oldukları raporun dikkat çeken noktalarında biridir. Türkiye’nin Karadeniz komşusu Ukrayna’nın 26 nükleer tesisi arasında 12 atık deposu ve üç nükleer araştırma merkezi bulunmaktadır [6].

TAEK Ermenistan ve Bulgaristan’da bulunan Rus yapımı, VVER-440 tipi bu santrallerle ilgili inceleme başlatarak, her iki ülkenin sınırlarına monte edilen 32 istasyon aracılığıyla Radyasyon Erken uyarı ağı kurmuştur [6].

Şekil 2’de Türkiye’nin etrafında bulunan nükleer santrallerin yerleri gösterilmiştir.

**Şekil 2** Türkiye’nin Etrafındaki Nükleer Santrallerin Yerleri [7]



### ***Hidrolik Enerji Potansiyeli***

Ülkemizdeki 26 adet hidrolojik havzada bulunan akarsuların yıllık ortalama su potansiyeli yaklaşık 193 (186+7) milyar m<sup>3</sup>'tür. Öte yandan, brüt teorik hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl mertebesinde [3]. Türkiye'nin 1999 yılı sonu itibariyle kurulu gücü toplamı 26.117 MW olup, bu gücün 10.537 MW'ı hidrolik santraller vasıtasıyla üretilmektedir. Toplam elektrik enerjisi üretimi ise 1999 yılında 11.6440 GWh olarak gerçekleşmiş ve bu enerjinin 81.661 GWh'ı (%70) termik santrallerden, 34.678 GWh'ı (%30) hidrolik santrallerin üretimlerinden elde edilmiştir[3].

Türkiye'de hidroelektrik enerji potansiyeli ve 1999 yılı sonunda gelişme durumu Çizelge 5'te verilmiştir.

**Çizelge 5** Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve 1999 Yılı Sonunda Gelişme Durumu [3]

Hidroelektrik Santral Projelerinin Durumu	HES Adet	Toplam Kurulu Gücü MW	Ortalama Yıllık Üretimi GWh/yıl	%Oranı %
1.1999 yılı sonu itibarı ile işletmede olan	114	10.537	39.145	32
2. İnşaatı devam eden	37	4.057	13.368	11
3. İnşaatına geçilmeyen	332	19.715	69.619	57
<b>TOPLAM POTANSİYEL</b>	<b>483</b>	<b>34.592</b>	<b>122.322</b>	<b>100</b>

### ***Yenilenebilir Enerji Kaynakları***

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda kısmen dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Yerel doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve küresel ısınmanın kontrol edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının geliştirilmek istenmesinin bir başka nedeni de, dünyada sınırlı olan fosil yakıt rezervlerini tükenmekten olabildiğince korumaktır. Sürdürülebilir ekonomik büyüme için uygun teknolojilerle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir.

### ***Güneş Enerjisi***

Güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesin-

den ortalama olarak 1.500 kW saatlik güneş enerjisi üretebilir. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini gösteren zaman ve bölgesel değerler Çizelge 6 ve Çizelge 7’de gösterilmiştir [2].

**Çizelge 6** Türkiye’nin Aylık Güneş Enerjisi Potansiyeli [2]

AY	TOPLAM ENERJİ (kWsaat/m <sup>2</sup> )	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat)
Ocak	5	150
Şubat	62	189
Mart	9	265
Nisan	125	359
Mayıs	155	429
Haziran	169	485
Temmuz	181	503
Ağustos	164	457
Eylül	131	375
Ekim	97	269
Kasım	62	179
Aralık	47	132

**Çizelge 7** Güneş Enerjisi Olan Bölgelerin Dağılımı [2]

Bölgeler	Yıllık Ortalama (kWs/m <sup>2</sup> )	En Büyük (Haziran) (kWs/m <sup>2</sup> )	En Küçük (Aralık) (kWs/m <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama (saat)	En Büyük (Haziran) (saat)	En Küçük (Aralık) (saat)
Güneydoğu Anadolu	1.491	1.980	729	3.015	407	126
Akdeniz	1.452	1.869	476	2.928	360	101
Ege	1.406	1.863	431	2.726	371	96
Orta Anadolu	1.433	1.855	412	2.711	381	98
Doğu Anadolu	1.398	1.723	420	2.693	373	165
Marmara	1.144	1.529	345	2.526	351	87
Karadeniz	1.086	1.315	409	1.966	273	82

Çizelgelerin yakından incelenmesi sonucunda genel olarak Türkiye’nin en büyük ve en küçük güneş enerjisi üretilecek ayların sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kW saat enerji üretilebilir ve toplam güneşli saat miktarı ise 2.500 saattir. Buna göre Türkiye’de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 10<sup>15</sup> kW saat kadardır [2].



Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir. Doğrudan dönüşümün günümüzde en yaygın teknolojisi fotovoltaik dönüşüm veya güneş pilidir. Dolaylı dönüşüm, güneş termik santrallerinde güneş enerjisinden yararlanılarak üretilen buhar ile buhar-güç çevrimi, ya da güneş enerjisiyle elde edilen hidrojen ve bunun kullanıldığı yakıt pilidir. Termal güneş güç santrallerinde mevcut teknoloji, tek eksende güneşi izleyen doğrusal yoğunlaştırıcı (parabolik yansıtıcı oluk) ve çift eksende izleyici noktasal (paraboloid çanak) yoğunlaştırıcı ile bir akışkanın buharlaştırılarak mekanik enerji üretilmesine dayanmaktadır[3].

Yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması, temiz bir enerji kaynağı olması, vb gibi nedenlerle dünya genelinde fotovoltaik elektrik enerjisi kullanımı sürekli artmaktadır. Avrupa Birliği 2010 yılında fotovoltaik elektriğin elektrik üretimi içindeki payının %0,1 olmasını hedeflemiştir [3].

### *Rüzgâr Enerjisi*

Rüzgârdan enerji üretimi için kullanılan rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren mekanik sistemlerdir. Ülkemizde mevcut rüzgâr potansiyelinin ve uygun yerlerin belirlenmesi kapsamında yapılan rüzgâr ölçümleri EİE tarafından ağırlıklı olarak Ege ve Marmara olmak üzere çeşitli bölgelerde yer alan 7 ölçüm istasyonunda tamamlanmış ve halen 14 ölçüm istasyonunda sürdürülmektedir [3].

ABD'nin uzay çalışmaları ile saptadığı meteorolojik veriler, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin bulunduğu coğrafi yöreye bağlı olarak komşu ülkelerde ve bölge ülkelerinde yapılmış ölçüm verileri de bu bulguyu desteklemektedir. Ayrıca Türkiye'nin rüzgâr atlasını oluşturma amacını güden EİEİ projesinin en kısa zamanda sonuçlandırılması EİEİ'ce 10.000 MW tahmin edilen genel potansiyelin belirlenmesine yardımcı olabilecektir. Eylül 1999 itibarıyla dünyadaki toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 12.300 MW'dır. Bu gücün yaklaşık 8.000 MW'ı Avrupa, 2.500 MW'ı ABD ve geri kalanı diğer ülkelerdedir. RES'lerinin toplam kurulu güç içindeki payı Avrupa için %1,4, ABD için ise %0,3 mertebesindedir [3].

Türkiye'nin şebeke bağlantılı ilk rüzgâr santrali, oto prodüktör santral olarak, 3 adet 580 kW'lık türbinle toplam 1,74 MW güçte olmak üzere Çeşme-Germiyan'da 1998 Şubat ayında kurulmuştur. Yap-İşlet-Devret modeli ile inşa olunan 7,2 MW'lık ilk rüzgâr santrali ARES de Çeşme-Alaçatı'da kurulmuş bulunmaktadır. İSKİ tarafından yaptırılan rüzgâr enerjisi çalışmaları sonunda,

İstanbul’un Avrupa ve Asya yakalarında kullanılmak üzere 80 MW’lık bir kurulu gücün yapılması planlanmıştır [2].

Rüzgâr kaynağı açısından cazip yerlerin genellikle bölgesel tüketimin düşük olduğu şebekenin uç noktaları olması büyük kapasitede RES tesisi kurulması durumunda yeni iletim tesisleri gerektirmekte ve bunlarla ilgili yatırımlar ve enerjinin uzak noktalara taşınması nedeniyle kayıpların artması gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır.

Üyesi olmayı hedeflediğimiz Avrupa Birliği (AB) tarafından 2010 yılında rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisi talebinin karşılanmasındaki payının %2 civarında olacağı öngörülmektedir. Türkiye’de şimdiye kadar yapılan rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu güç toplamı 1,5 MW’ı Çeşme-Germiyan, 7,2 MW’ı yine Çeşme-Alaçatı’da ve 10,2 MW’ı da Bozcaada’da olmak üzere toplam 19 MW civarındadır [2].

#### *Jeotermal Enerji*

Konum olarak Türkiye dünyanın genç tektonik kuşağı içinde yer aldığından doğal olarak fazla miktarda da jeotermal enerji kaynaklarına sahiptir. Yapılan çalışmalar sonucunda şimdiye kadar 600 civarında, genellikle Kuzey Anadolu fay hattının yakınlarında, deprem yörelerinde ve son zaman volkanlarının bulunduğu yerlerde kaynak bulunmuştur[2].

Ülkemizdeki jeotermal sahalardan 5 tanesi elektrik üretimine elverişlidir. Bunlar Denizli-Kızıldere (242 °C), Aydın-Germencik (230 °C), Çanakkale-Tuzla (173 °C), Aydın-Salavatlı (171 °C), Kütahya-Simav (162 °C)’dır. Sefirhisar (153 °C), Salihli-Caferbeyli (155 °C), Dikili (130 °C), Gölemezli (80 °C) jeotermal sahaları ise ileride işletilebilecektir Ülkemizde, 2005 yılı hedefi 185 MW, 2010 yılı hedefi 500 MW ve 2020 yılı hedefi 1.000 MW olarak öngörülmektedir [3].

#### *Canlı Kütle (Biyokütle) Enerjisi*

Türkiye’de biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlatılmıştır. 1980’li yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapsamında yürütülen çalışmalar uluslararası bazı anlaşmalarla desteklenmiş olmasına karşın 1987 yılında kesilmiştir. Türkiye’de biyogaz potansiyelinin 1.400–2.000 Btep/yıl düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı odun ile hayvan ve bitki artıklarını kullanan klasik biyokütle enerji üretiminin 2000 yılında 6.963 Btep ve 2020 yılında 7.530 Btep olmasını planlamıştır. Modern biyokütle enerji üretimi ise hiç ön görülmemiştir. Oysa ticari olmayan klasik biyokütle enerji üretiminin giderek azaltılması ve modern biyokütle enerji üretimine başlanarak bu üretimin artırılması gerekir [3].

### *Deniz Kaynaklı Enerjiler*

Deniz enerjileri, deniz dalga, boğaz akıntıları, med-cezir ve deniz sıcaklık profili gibi çeşitli enerji türleridir. Türkiye'de bunlardan yalnızca deniz dalga ve boğaz akıntıları olanağı vardır. Med-cezir olanağı bulunmadığı gibi, denizlerimizde farklı sıcaklıklarda akıntılara da rastlanmamaktadır.

Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi'nde, tuzluluk değişiminin farklı oluşu nedeni ile İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında üst ve alt akıntılar oluşmuş bulunmaktadır. Akıntının hızı birçok yerde 14,8 km/h (4,1 m/s) olarak saptanmıştır. Bu değer önemli bir kinetik enerji potansiyeline işaret etmektedir [2].

Etrafı denizlerle çevrili olan ülkemizde dalga enerjisi ile yapılacak çalışmalar desteklenmelidir. Deniz dalga konvektörleri ile bu enerjiden yararlanılması düşünülmeli, bu kaynağın değerlendirilmesi için dalga rasatlarından başlanarak, teknik ve ekonomik incelemeler yapılmalıdır.

### *Hidrojen Enerjisi*

Hidrojen bir birincil enerji çeşidi olmayıp, bir başka enerji tüketilerek elde olunan sentetik yakıt durumundaki enerji taşıyıcısıdır. 21. yüzyılın yakıtı olarak varsayılmaktadır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı olarak kullanılabilirliği gibi sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Uygulamaya aktarılacak üretim, taşıma, dağıtım, kullanım teknolojileri geliştirilmiş, uluslararası standartlar çıkarılmıştır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10–15 yılda girilmesi beklenmektedir.

Hidrojen yakıtı üretiminde kullanılacak olası kaynaklar; hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, deniz-dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerjidir. Yakıt pilleri, yakıt olarak kullanılan hidrojeni havadaki oksijenle birleştirerek direk olarak izotermal bir işlemle elektrik enerjisine çeviren aletlerdir. Mevcut tüm yakıt pilleri hidrojen ve oksijenin su oluşturmak üzere fonksiyonlarından faydalanarak elektrik üretmektedirler. Yakıt pillerinin kurulu güçleri 200 kW–25 MW arasında değişmektedir [3]. Türkiye gibi gelişme sürecinde ve teknolojik geçiş aşamasındaki ülkeler açısından, kısa dönemde hidrolik ve nükleer, uzun dönemde fotovoltaiik güneş-hidrojen sistemi uygun görülebilir. Türkiye, üç tarafı denizlerle kaplı olması, oldukça fazla sayıda göllerin ve akarsuların bulunması ve yağışlı bölgelerinin de bulunması açısından, hidrojen elde edilmesi için yeterli potansiyele sahiptir. Türkiye için güneş enerjisi merkezleri güney ve güneydoğu bölgelerinde tesis edilebileceği gibi, Arabistan çöllerinden de yararlanma düşünülmelidir. Çöllerdeki güneş enerjisi

si, borular vasıtasıyla Türkiye’ye taşınarak hidrojen üretilebilir. Türkiye’nin hidrojen üretimi açısından bir başka potansiyeli de, Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz’in suyunun %90’ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür ( $H_2S$ ) içermektedir. 1.000 m derinlikte 8 ml/l olan  $H_2S$  konsantrasyonu, tabanda 13,5 ml/l düzeyine ulaşmaktadır. Elektroliz reaktörü ve oksidasyon reaktörü gibi iki reaktör kullanılarak,  $H_2S$ ’den hidrojen üretimi konusunda yapılmış teknolojik çalışmalar vardır [3]. Yakın zamanda, Birleşmiş Milletler (UNIDO) desteği ile ICHET projesi kapsamında kurulan İstanbul Hidrojen Enstitüsü, hidrojen üretimi ile ilgili çalışmalarına başlamıştır.

### **Sonuç ve Öneriler**

Sürekli artan enerji ihtiyacının yanında, kaynakların kısıtlı olması ve mevcut teknolojiler, enerji ihtiyacının karşılanması ve sürekliliğin sağlanması için doğru ve etkin bir enerji politikasının oluşturulması ve işletilmesini gerekli kılmaktadır. Bunun için de bilinmesi gereken en öncelikli veri, ülkenin enerji ihtiyacı ve enerji üretiminde kullanılacak kaynaklarının potansiyelidir. Enerji kaynaklarının etkin kullanımı ancak mevcut potansiyelin bilinmesi ve doğru bir dağılımın uygulanmasıyla gerçekleştirilebilir.

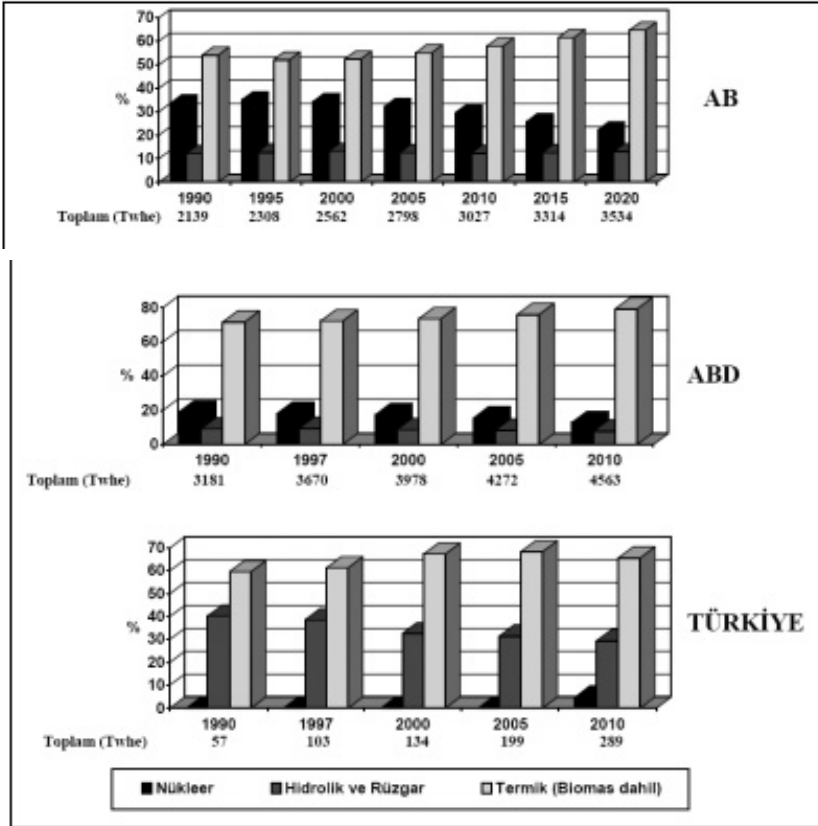
Bütün bu planlamalar yapılırken, dünyanın yaşanabilirlik ortamının korunması ve sürekliliğinin sağlanması, yani sürdürülebilir kalkınma için, enerji üretim, iletim ve tüketiminden kaynaklanan çevresel etki ve sorunlar mutlaka dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

Arz ve talep birbiriyle paralellik göstermeli, arz talebi karşılayabilmelidir. İleriye dönük enerji yatırımları bu gerçek göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Türkiye’nin mevcut enerji kaynaklarından hiçbiri tek başına ülkenin toplam enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir.

Konvansiyonel ve yenilenebilir enerji üretimlerinin dağılımları, AB, Fransa, ABD ve Türkiye’de nükleer, hidrolik-rüzgâr ve termik üretimin elektrik enerjisi içindeki paylarını gösteren Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekil 3’ten görüldüğü gibi, Türkiye’de konvansiyonel enerji üretiminde nükleer enerjinin payı hâlihazırda bulunmamaktadır. Nükleer enerji santralleri, özellikle *yer tespitin-de ÇED çalışmaları kapsamlı bir şekilde yapılırsa ve çok daha önemlisi, yerli emniyet koşullarını gerçekleştiren en son teknolojiye göre projelendirilirse*, yerel, bölgesel ve küresel ölçekteki çevresel etkiler açısından fosil yakıtlarla çalışan termik santrallere göre sürdürülebilir kalkınma hedeflerine çok daha uygundur.

Öte yandan, Türkiye uzun vadede rüzgâr, güneş ve hidrojen gibi yenilenebilir enerji üretimlerinin geliştirilmesine de ağırlık vermek zorundadır. Özellikle, ICHET projesi kapsamında kurulan İstanbul Hidrojen Enstitüsünün, hidrojen üretimi ile ilgili çalışmalarına mutlaka destek verilmelidir.

**Şekil 3** AB, ABD ve Türkiye’de Nükleer, Hidrolik-Rüzgar ve Termik Üretim Elektrik Enerjisi İçindeki Payları [8]



Enerji üretiminde arz ve talebin dengelenmesinin yanında arz güvenliği ve kaynak çeşitliliği de önemli bir diğer husustur. Arz güvenliğinin sağlanamaması fiyatları da etkilemekte, fiyatların artmasına ve bağımlılığa sebep olmaktadır. Tek bir kaynağa bağımlı kalmak ve dışa bağımlılığın yüksek oranlarda olması da yine arz güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye sokabilmektedir.

Türkiye enerji üretiminde hem dışa bağımlı bir çizgi izlemekte hem de kaynak çeşitliğine pek uymamaktadır. Büyükşehirlerde meydana gelen hava kirliliğinin çözümüne yardımcı olan doğal gaz ile ısınma sisteminin yaygınlaştırılması sonucunda çoğunlukla ısınma amacıyla kullanılan doğal gazda %60'lara varan dışa bağımlılık, satın alınan doğal gazın depolanamıyor olması ülke açısından ciddi bir tehlike ve risk oluşturmaktadır. Ülkemizle aynı konumda olan Almanya ise satın aldığı doğal gazı %40'lara kadar depolayabilmektedir.

Gelecekte ciddi sorunlarla karşılaşmamak için bir an evvel kaynak çeşitliğine gereken önem verilmeli ve kaynak çeşitliliğine gidilmeli, alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çalışmalara hız verilmeli, bu tür çalışmalar teşvik edilmeli, AR-GE çalışmalarına yeterli kaynak ayrılmalıdır. Ayrıca enerji kaynaklarının kullanımında dışa bağımlılığın azaltılması için yerli kaynak potansiyelinin verimli kullanılmasına dönük çalışmalar yapılmalı, bu tür çalışmalara destek olunmalı, teşvik verilmeli ve depolama imkânları artırılmalıdır.

### **Kaynaklar**

- [1]. ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, “*Çevreyi Öncelikle Etkileyen Bazı Sanayiler ve Temel Sektör Faaliyetleri*”, Ankara, 1996.
- [2]. ŞEN Zekâi, “*Türkiye’nin Temiz Enerji İmkânları*”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.
- [3]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “*Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*”, DPT: 2569 – ÖİK: 585, Ankara, 2001.
- [4]. Türkiye Çevre Vakfı, “*Türkiye’nin Çevre Sorunları 2003*”, Ankara, 2003.
- [5]. European Union Energy Outlook to 2020, 1999.
- [6]. Sita Politik Danışmanlık, “Nükleer Enerji”, [www.sita.com.tr](http://www.sita.com.tr), Erişim: 12.02.2005.
- [7]. KAM, Erol, “*Tekirdağ’ın Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini*”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.
- [8]. International Electricity Agency, Statistics Electricity Information, 1999.
- [9]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr), erişim: 23.03.2006