

## **Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri**

Doç. Dr. Atilla AKKOYUNLU\*

### **Giriş**

Teknolojinin ilerlemesi, nüfusun artması, insanın dünyaya hâkim olma düşüncesi enerjiye olan talebin hızını artırmaktadır. Muhakkak her enerji elde etme türünün çevreye belli oranda negatif etkisi olmaktadır.

Diğer taraftan gelecek nesiller için fosil yakıt yataklarından, kömürün 250 yıl petrolün ise 50 yıl sonra tükeneyeceği düşünüldüğünde bunların yerine yeni enerji kaynaklarının ikame edilmesinin ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır [1].

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınma için temel girdilerden birisi durumundadır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak enerji tüketimi kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir. Buna karşılık enerji tüketiminin mümkün olan en alt düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Türkiye’de planlı kalkınma döneminde, büyüyen ekonomiye, gelişen ve çeşitlenen sanayi faaliyetlerine ve değişen demografik yapıya paralel olarak ülkemizin birincil enerji ve elektrik tüketiminde önemli artışlar kaydedilmiştir. 1999 yılı sonu itibarıyla kişi başına birincil enerji tüketimi 1.158 kep’e, kişi başına elektrik arzı ise 1.840 kWh’e yükselmiştir. Buna rağmen bu değerler, halen kişi başına 1.500 kep ve 2.200 kWh düzeyinde olan dünya birincil enerji ve elektrik tüketim ortalamalarının altında bulunmaktadır [2].

Doğanın korunması amacı dikkate alınarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve tüketimde daha büyük oranlarda yer alması için tedbirler alınacağı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda yer almaktadır.

---

\*Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi / TASAM

### **Türkiye’nin Enerji Alanındaki Durumu ve Gelecek Tahminleri Enerji Kaynakları Üretimleri**

1997–2004 yılları arası birincil enerji kaynaklarının üretimleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1** Birincil Enerji Kaynakları Üretimi [3]

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Taşkömürü (bin ton)	2.513	2.156	1.990	2.392	2.494	2.319	2.059	1.946
Linyit (bin ton)	57.387	65.204	65.019	60.854	59.572	51.660	46.168	43.709
Asfaltit (bin ton)	29	23	29	22	31	5	336	722
Petrol (bin ton)	3.457	3.224	2.940	2.749	2.551	2.420	2.375	2.276
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	253	565	731	639	312	378	561	708
Hidrolik (GWh)	39.816	42.229	34.678	30.879	24.010	33.684	35.330	46.084
Jeotermal Elektrik (GWh)	83	85	81	76	90	105	89	93
Jeotermal Isı (bin tep)	531	582	618	648	687	730	784	811
Güneş (bin tep)	179	210	236	262	287	318	350	375
Rüzgar (GWh)	-	6	21	33	62	48	61	58
Odun (bin ton)	18.374	18.374	17.642	16.938	16.263	15.614	14.991	14.393
Hayvan ve Bitki artıkları (bin ton)	6.575	6.396	6.184	5.981	5.790	5.609	5.439	5.278
Toplam (bin tep)	28.209	29.324	27.659	26.047	24.576	24.259	23.783	24.332

1997 yılında 28,2 Mtep (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak gerçekleşen birincil enerji kaynakları üretimi, yaklaşık 3,8 Mtep’lik bir azalma sonrası 2004 yılında 24,3 Mtep olarak gerçekleşmiştir.

### **Gelecek Yıllardaki Enerji Arz Talep Dengeleri Üretim Hedefleri**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile bağlı ve ilgili kuruluşlarınca Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı çalışmaları esnasında yapılan projeksiyonlara göre 2030 yılına kadar gerçekleşmesi beklenen birincil enerji kaynakları üretim hedefleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2** Birincil Enerji Kaynakları Üretim Hedefleri [4]

	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Taşkömürü (bin ton)	4.777	4.777	4.777	4.777	7.550	10.324
Linyit (bin ton)	99.588	145.209	155.215	192.247	197.900	198.220
Asfaltit (bin ton)	100	100	100	100	100	100
Petrol (bin ton)	1.725	1.071	724	465	257	166
Doğalgaz (milyon m <sup>3</sup> )	207	186	160	157	106	113
Nükleer enerji (GWh)	---	---	14.020	28.000	42.080	56.040
Hidrolik (GWh)	35.940	62.080	94.360	116.300	116.300	116.300
Jeotermal elektrik (GWh)	90	90	90	90	90	90
Jeotermal ısı (bin tep)	2.039	2.542	3.352	4.656	6.756	10.139
Güneş enerjisi (bin tep)	375	602	800	1.119	1.498	1.931
Rüzgar enerjisi (GWh)	50	5.220	7.730	13.320	20.310	27.290
Odun (bin tep)	13.819	11.275	10.250	10.250	10.250	10.250
Hayvan ve bitki artıkları (bin ton)	5.127	4.493	4.026	3.696	3.465	2.926
Toplam (bin tep)	31.709	40.865	49.568	61.216	69.351	78.259
Artış (%)	-	5,2	3,9	4,3	2,5	2,4

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

### ***Fosil Yakıtlar***

#### *Türkiye’de Fosil Yakıt Rezervleri*

Türkiye’nin kömür rezervi ile jeotermal enerji potansiyeli, dünya kaynak varlığının %1’i civarındadır. Petrol ve doğalgaz rezervleri son derece kısıtlıdır. Toryum rezervi ise dünya rezervinin %54’ünü meydana getirmektedir. Bu kaynağın değerlendirilmesi, henüz tecrübe safhasında olan toryum santrallerinin gelişmesine bağlıdır[3].

#### *Petrol ve Doğal Gaz Rezervleri*

Yurdumuzda 1998 yıl sonu itibariyle rezervuarlarımızda bulunan doğalgaz 12,4 milyar m<sup>3</sup>’lük kısmı üretilebilir olmak üzere toplam 18,5 milyar m<sup>3</sup>’tür. Ham petrol kaynaklarımız ise; yine 1998 yıl sonu itibariyle 43.685.181 metrik ton üretilebilir olmak üzere toplam 870.598.510 metrik ton’dur. Ülkemizde büyük miktarlarda ham petrol ithal edilerek rafinerilerimizde işlenmektedir [2].

#### *Linyit ve Asfaltit Rezervleri*

Türkiye’de 2000 yılı verilerine göre 8.378.360.000 ton linyit, 81.752.000 ton asfaltit olmak üzere toplam 8.460.112.000 ton rezerv bulunmaktadır [2].

#### *Bitümlü Şist Rezervleri*

Kömür gibi termik santral yakıtı olarak veya damıtma yoluyla sentetik petrol üretimi için kullanılabilen bu enerji kaynağı ile ilgili olarak önceki yıllarda Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan aramalarla, tamamı Anadolu’nun batı yarısında yer alan Beypazarı, Seyitömer, Gönük, Ulukışla, Mengen, Bahçecik ve Burhaniye’deki 7 sahada tespit edilen bitümlü şist rezerv toplamı 1,1 milyar tondur.

#### *Turba Potansiyeli*

Ülkemizde şimdiye kadar yapılan çalışmalarla 19 ilimizin sınırları içerisinde çeşitli büyüklüklerde turba oluşumu belirlenmiştir. Bunlardan en önemlileri Kayseri-Ambar, Hakkâri-Yüksekova ve Bolu-Yeniçağ turbalıklarıdır. Kayseri-Ambar turba yatağının orijinal bazda görünür rezervi 105 milyon ton, Hakkâri-Yüksekova turba yatağı yine orijinal bazda 74,5 milyon, havada kuru bazda 18,8 milyon tondur [2].

### *Taşkömürü Rezervleri*

Ülkemizdeki en büyük taşkömürü rezervi Zonguldak yöresinde bulunmaktadır. Havzadaki mevcut rezerv 1,123 milyar ton olup, bunun 422,992 milyon tonu (%38) görünür durumdadır [2].

### *Hidrolik Kaynaklar*

Dünya hidroelektrik potansiyeli brüt olarak 40.150.000 GWh iken söz konusu rakamlar Avrupa’da 3.150.000 GWh, Türkiye’de ise 433.000 GWh’dir. Buna göre, Türkiye’nin hidroelektrik enerji potansiyeli, dünya toplam potansiyelinin % 1’i, Avrupa toplam potansiyelinin ise % 16’sı civarındadır [5].

### *Türkiye’nin Hidrolik Enerji Potansiyeli ve Kullanımı*

Ülkemizdeki 26 adet hidrolojik havzada bulunan irili ufaklı çok sayıdaki nehrin yıllık ortalama su potansiyeli 193 (186+7) milyar m<sup>3</sup>tür. Topografya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt teorik hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl mertebesindedir [2].

### *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda kısmen dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzluklar doğurmaktadır. Bu nedenle yerel doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem taşımaktadır.

Ayrıca günümüzün en önemli çevre sorunları arasında yer alan yanma sonucu ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması da 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.

### *Güneş Enerjisi*

Güneş enerjisi elektromanyetik enerjisinin dünyada ısı enerjisi olarak algılanan şeklidir.

Güneş enerjisi bakımından ülkemiz oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.500 kW saatlik güneş enerjisi üretebilir. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini gösteren bölgesel değerler Tablo 3’te gösterilmiştir [6].

**Tablo 3** Güneş Enerjisi Olan Bölgelerin Dağılımı [6]

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

Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir. Doğrudan dönüşümün günümüzde en yaygın teknolojisi Fotovoltaik Dönüşüm veya Türkçe adıyla Güneş Pili olup, gelecek için ümit veren diğer bir teknoloji ise ısıdan dönüşümle doğrudan mekanik enerji elde edilen Stirling Motorudur. Yine aynı gruba giren termoelektrik ve termoiyonik dönüştürücüler henüz ticari kullanım düzeyine erişememişlerdir [2].

#### *Rüzgâr Enerjisi*

Rüzgâr, güneş enerjisinin dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini eşit ısıtmamasından kaynaklanan sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından oluşur

Rüzgâr türbinleri, atmosferdeki sıcaklık ve basınç farkından oluşan rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren mekanik araçlardır [7].

Ülkemizde rüzgâr hızı ölçümleri iklim amaçlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. Ancak, bu ölçümlerden bir kısmı, ölçüm istasyonlarının yerleşim birimlerinin içinde kalması nedeni ile gerçek enerji değerini verememektedir [2].

Rüzgârdan enerji üretimi için mevcut potansiyelin ve uygun yerlerin belirlenmesi kapsamında yapılan rüzgâr ölçümleri ise EİE tarafından ağırlıklı olarak Ege ve Marmara olmak üzere çeşitli bölgelerde yer alan 7 ölçüm istasyonunda tamamlanmış ve halen 14 ölçüm istasyonunda sürdürülmektedir [2].

İSKİ tarafından yaptırılan rüzgâr enerjisi çalışmaları sonunda, İstanbul’un Avrupa ve Asya yakalarında kullanılmak üzere 80 MW’lık bir kurulu gücün yapılması planlanmıştır [6]. 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 18,9 MW’tır [6].

### *Jeotermal Enerji*

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir.

Konum olarak Türkiye dünyanın genç tektonik kuşağı içinde yer aldığından doğal olarak fazla miktarda da jeotermal enerji kaynaklarına sahip olması beklenir.

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. Sefehisar (153 °C), Salihli-Caferbeyli (155 °C), Dikili (130 °C), Gölemezli (80 °C) jeotermal sahaları ise ileride işletilebilecektir [2].

### *Canlı Kütle (Biyokütle) Enerjisi*

1997 yılı verilerine göre yerli enerji üretiminin %25,5’i odun ve tezekten sağlanmış toplam birincil enerji tüketiminin ise %9,8’i odun ve tezek ile karşılanmıştır [2]. Bunun da büyük bir çoğunluğu evsel ısıtmada kullanılır.

Türkiye’de her yıl yaklaşık olarak  $250 \times 10^6$  ton kadar taze çiftlik gübresi elde edilir. Bu  $20 \times 10^6$  milyon kadar büyükbaş hayvanın dışkılarından meydana gelir. Bu miktarın ancak  $15 \times 10^6$  tonu tezek olarak kullanılır [6].

Türkiye’de enerji ormancılığı ve enerji tarımı hızla geliştirilmesi gereken konulardır. Enerji ormancılığı için uygun alanın yaklaşık %15 kadarı değerlendirilmiş durumdadır ama %85’i beklemektedir.

Türkiye’de biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlatılmıştır. 1975 yılından sonra toprak, su ve 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. Buna karşılık yakacak tezek miktarı azalmaktadır [2].

### *Deniz Kaynaklı Enerjiler*

Etrafı denizlerle çevrili olan ülkemizde dalga enerjisi ile yapılmış hemen hiç çalışma bulunmamaktadır.

### *Hidrojen Enerjisi*

Hidrojen bir birincil ya da doğal gaz 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 kullanılabilirdiği 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.

Türkiye, üç tarafı denizlerle kaplı olması, oldukça fazla sayıda göllerin ve akarsuların bulunması ve yağışlı bölgelerinin de bulunması açısından, hidrojen elde edilmesi için gerekli olan su bakımından hiçbir zaman sıkıntı olmayacak ülkeler arasında gelmektedir.

Türkiye’nin hidrojen üretimi açısından bir şansı da, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz’in suyunun %90’ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) içermektedir.

Şimdi, Birleşmiş Milletler (UNIDO) desteği ile ICHET projesi kapsamında İstanbul’da Hidrojen Enstitüsü kurulmuştur.

### *Nükleer Enerji*

Nükleer teknoloji, dünyanın elektrik gereksinmesinin %17’sini karşılamanın yanı sıra, tıpta ve endüstride kullanılan birçok izotopun üretilmesi ile de insanlığın hizmetindedir. Hem araştırma yapmak hem de tıpta ve endüstride kullanılan izotopları üretebilmek için 59 ülke toplam 273 araştırma reaktörü işletmektedir.

Nükleer elektrik tüketiminin toplam elektrik üretimi içinde payı, dünya ortalaması %17 olmak üzere, Fransa’da %78, İsveç’te %50, İsviçre, G. Kore ve Slovenya’da %40, Almanya’da %28, Japonya’da %25, İspanya ve İngiltere’de %24, Amerika’da %20, Rusya’da %17 civarındadır. Eski doğu bloğu ülkelerinden Litvanya’da ise bu değer %80 ile dünyadaki en yüksek düzeyine erişmiştir [8].

Türkiye’de Salihli-Köprübaşı, Yozgat-Sorgun, Uşak-Fakılı, Aydın-Demirtepe ve Küçükçavdar sahalarında ekonomik olarak çıkarılabilecek toplam 9.130 ton görünür uranyum rezervi saptanmıştır [2].

Dünyanın ikinci büyük toryum rezervlerine sahip olan Türkiye’nin toryum yatağı Eskişehir-Beylikahır bölgesinde yer almaktadır.

#### *Türkiye’de Nükleer Santral Yapımı*

Türkiye Nükleer enerji tartışmalarıyla Mersin’in Gülnar ilçesine bağlı Akkuyu’da yapılacak Nükleer Santralin ihale edilmesinin ardından tanışmıştır. 1.400 megavat (MW) ile 2.800 MW kurulu güçte yaklaşık 10 milyar kilovat saate kadar enerji üretebilecek Akkuyu Nükleer Santralının komple yapım ihalesine dünyanın önde gelen reaktör üreticisi firmalarının yer aldığı büyük gruplar katılmıştır [9]

#### *Türkiye’nin Komşularındaki Nükleer Santraller*

Şekil 1’de Türkiye’nin etrafında bulunan nükleer santrallerin yerleri gösterilmiştir.

**Şekil 2** Türkiye’nin Etrafındaki Nükleer Santrallerin Yerleri [10]



### **Enerji Üretiminde Çevresel Etkiler**

#### ***Fosil Yakıtlı Santrallerin Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar***

##### ***Hava Kirliliği***

Termik santral reaktöründe toz halindeki linyit kömürünün yanması sonucu kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Reaktör çıkışında bulunan elektro filtreler normalde tozların % 99,4’ünü arıtabilmektedir. Ancak her termik santralde bakım ve onarım çalışmaları nedeniyle bir ünite devamlı yedekte bekletilir.



Uçucu küller baca dumanı ile havaya yayılarak ağırlıklarına ve atmosferik olaylara göre bacadan itibaren belirli mesafelerde yere çökerler. Bu esnada içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri de baca dumanındaki SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazlarının toksin etkisini artırır ve asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar [10].

Yerli linyitlerin kükürt içeriklerinin yüksek ve ısıl değerlerinin düşük olması nedeniyle, linyite dayalı termik santrallerden kaynaklanan SO<sub>2</sub> emisyonlarının yüksek olması Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde (HKKY) verilen sınır değerlerin aşılması, önlem alınmasını gerektiren en önemli çevre sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### *Su Kirliliği*

Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur. Sıcaklık sularındaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı ve öldürücü gibi çeşitli etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır [10].

Termik santrallerden atılan sıvı atıklardan, 31 Aralık 2004’de yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (SKKY) termik santraller için verilmiş olan deşarj sınır değerlerini sağlamayanlar sınır değerleri sağlayacak şekilde arıtma işlemine tâbi tutulmaktadır.

#### *Katı Atıklar ve Toprak Kirliliği*

Termik santrallerin bacasından çıkan duman bileşenlerinin zamanla yere çökmesi, çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu Linyit kömüründe %35–55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluştururlar. Ayrıca, kömürün çıkarılması sırasında büyük alanlardan toprağın alınarak kömür olmayan alanlara yığılması da yanlış arazi kullanımına neden olduğu için bir nevi toprak kirliliği sayılmaktadır [10].

Katı atıklar, kömüre dayalı termik santrallerden atılan kül ve cüruf ile Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesisi atığı olan alçıtaşıdır [2].

#### ***Nükleer Santrallerin Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar***

##### *Katı Atıklar*

Katı atıklar tesisten tesise farklılıklar göstermekle birlikte, kabaca kuru ya da ıslak olarak sınıflandırılabilir. Islak atıklar sıvı atıkların arıtımı sırasında or-

taya çıkan iyon değiştirici reğineler, buharlaşma ve süzme kalıntılarıdır. Kuru katı atıklar ise nemi alınmış giysiler, havalandırma sistemi filtreleri, yer döşemeleri, alet vb. gibi radyoaktivite içeren atıklardır [2].

Çoğu ölkelerde Düşük ve Orta Seviyeli katı atıklar, ulusal atık giderme tesisleri kurulana kadar santralde özel kaplar içinde saklanırlar. Bu nedenle söz konusu atık miktarının ekonomik olarak azaltılması için çalışmalar devam etmektedir [2].

#### *Sıvı Atıklar*

Nükleer yakıtın içinde meydana gelen parçalanma ürünleri yakıt çubuklarının içinde kalırlar. Yalnızca yakıt çubuklarında oluşabilecek arızalar nedeniyle soğutma suyuna karışan parçalanma ürünleri radyoaktivite temizleme filtrelerinde tutulurlar. Santral soğutma suyundan ayrıştırılan yüksek düzeyde radyoaktif maddeler katılaştıktan sonra özel kaplar iğine doldurulup yeraltı depolama yerlerine bırakılırlar [2].

Çevreye bırakılan radyoaktivite miktarı Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi’nin (ICRP) koyduğu standartlarla sınırlanmıştır. Bu sınırlar nükleer santrale sahip ölkeler tarafından genellikle tavan olarak kabul edilmekte ve çoğu kez çevreye bırakılan radyoaktivite miktarı bu sınırların altında tutulmaktadır.

#### *Gaz Atıklar*

Gaz atıklar Ksenon, Kripton, İyot gibi parçalanma ürünleri olup yakıt çubuklarının içinde bulunur, fakat nadiren reaktörün soğutulması için kullanılan soğutma suyuna karışırlar. Bunlar gaz atıklar olarak soğutma suyu sisteminden alınırlar ve gaz atıklar işleme sisteminde tutularak çeşitli filtrelerden geğirilip bekletme tanklarında radyoaktivitelerini kaybetmeleri için yeterli olacak süre kadar bekletildikten sonra atmosfere bırakılırlar. Gazlar sürekli olarak ölçülen aktivite düzeyinin uluslararası kuruluşların öngördüğü sınır değerlerin altında olması halinde bacadan dışarıya bırakılmaktadır [2].

#### ***Hidrolik Santrallerin Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar***

Hidrolik güçle çalışan santrallerin çevreye etkileri olumlu ve olumsuz olarak iki şekilde tanımlanabilir. Gerek enerji, gerekse çok amaçlı Hidroelektrik Santrallerinin (HES) taşkın koruma, çevre ziraatını geliştirme, balıkçılığı destekleme, ağaçlandırma ile çevrenin estetik kalitesini ve mansapta su kalitesini yükseltme gibi olumlu etkileri vardır [2].

Hidrolik enerjinin mikroklimatik, hidrolojik ve biyolojik çevre etkileri vardır. Baraj gölünün geniş yüzey alanı, buharlaşmayı artırmakta tarım arazilerinin-

de tuzlanma ve çoraklaşma olmakta, sudan kaynaklanan paraziter hastalıklar artmakta, rezervuar altında kalacak bitki ve ağaçların kesilip temizlenmemesi ile denge oluşuncaya kadar başlangıçta birkaç yıl su kalitesi negatif yönden etkilenmektedir.

Baraj gölü nedeniyle su yüzeyinin genişlemesi insanlar için zararlı bazı organizmaların üremesine neden olabilmektedir. Suda üreyebilen hastalık mikropları, gerek taşıyıcı gerek taşıyıcısız olarak malarya (şiştozom) ve nehir körlüğü gibi hastalıkların yayılmasına yol açabilirler. Assuan barajında kurulan sulama sisteminin devreye sokulması sonucu ortaya çıkan büyük boyutlu şiştozom patlaması bilinmektedir [7].

### ***Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sebep Olduğu Çevresel Sorunlar***

Dünya enerji sektöründe önceleri petrol krizine bağlı olarak gelişen arz kısıtlamalarına, sonraları çevresel etki ve çevreci baskıların eklenmesi, değişik enerji kaynak türlerini gündeme getirmiş olup genelde temiz, çevre dostu ve yeşil enerji olarak adlandırılan Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını ön plana çıkarmıştır.

#### ***Güneş Enerjisi***

Güneş enerjisi hem bol ve bedava hem de sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşunun yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı, dışa bağımlı olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir [11].

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atmosfere veya herhangi bir alıcı ortama direkt bir kirletici (zehirli gazlar, sera gazları vs) emisyonu bulunmamaktadır. Dolaylı olarak yapılan kirletici emisyonları hesaba katıldığında bile emisyon miktarı çok düşük olmaktadır[11].

#### ***Rüzgâr Enerjisi***

Rüzgâr santrallerinin avantajları; hammaddelerinin atmosferdeki hava olması, kurulumlarının diğer enerji santrallerine göre daha hızlı oluşu, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmaları, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları, fosil yakıt tüketimini azaltmaları neticesinde sera etkisinin azaltımına katkıları, her geçen gün güvenilirliklerinin artması ile maliyetlerinin ucuzlaması, bunun yanında rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazinin tarım alanı olarak kullanılabilmesi gibi sıralanabilir [12].

Rüzgâr kaynaklı enerji üretim sistemlerin sahip olabileceği muhtemel olumsuzluklar ise şöyle sıralanabilir. Büyük arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etkiler, doğal hayat ve habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler olarak sıralanabilir. Ayrıca kesikli bir enerji kaynağı olması da dezavantaj olarak söylenebilir [12].

Rüzgâr türbini veya üretim donanımı elektromanyetik alana tesir edip Radyo-TV alıcılarında parazit yapabilirler. Fakat engellenmesi basit ve ucuzdur. Enerji üretmek amacıyla kurulan rüzgâr çiftliklerinin görsel etkilerinden söz etmek mümkündür. Görşellik, estetik özel bir olgudur. Ancak temel kıstas, doğaya uyumlu bütünleşmiş bir görsel etkinin oluşturulmasıdır [2,7, 12, 13].

### *Jeotermal Enerji*

Jeotermal enerjinin aranması aşamasında çevreyi en çok etkileyebilecek husus, sondaj çalışması sırasında olabilmektedir. Arama aşamasında alınan tedbirlerle çok küçük ölçekli kalıcı olmayan bu etkiler bertaraf edilebilmektedir [2].

Yeni nesil jeotermal elektrik santrallerinde çevre kirliliği sifıra yakındır. Yakıt yakılmadığından, azot emisyonu oluşmamaktadır, kükürt dioksit emisyonu ise çok düşüktür. Binary jeotermal santraller sayesinde gaz emisyonu hiç bulunmamaktadır. Binary jeotermal santraller ile yüzeye akışkan atılmamaktadır. Santraller az alan kaplamakta ve görüntüyü bozmamaktadır [2].

### *Biyokütle Enerjisi*

Biyokütle enerjisi, genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY) kapsamına girmekte ve bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel çevre kirliliği yaratabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda bertaraf edilmektedir [2].

Klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; konvansiyonel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıklarından oluşur. İkincisi yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

### **Sonuç ve Öneriler**

Ülke enerji ihtiyacının karşılanması için o nispette yapılacak olan enerji üretiminin nasıl yapılacağı ve hangi kaynakların kullanılacağı sorunu uzun so-

luklu bir çalışma olup büyük yatırımlara, uzun zamanlara ve istikrara ihtiyaç duymaktadır. Bundan 10, 25 ve 50 yıl sonrasının enerji ihtiyacının belirlenmesi, o günlere daha şimdiden hazırlanılması gerekmektedir.

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.

Gelecekte ciddi sorunlarla karşılaşmamak için bir an evvel kaynak çeşitliliğine 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 bağımlılık yüzdesinin aşağılara çekilmesi için yerli kaynak potansiyelinin verimli kullanılmasına dönük çalışmalar yapılmalı, bu tür çalışmalara destek olunmalı, teşvik verilmeli ve depolama imkânları artırılmalıdır.

Enerji üretiminde ekonominin, arz güvenliğinin ve kaynak potansiyelinin yanında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus da çevresel etkilerdir. Enerji üretirken yaşadığımız çevreyi tahrip etmek ve yaşanmaz hale getirmek enerji üretmekteki “insan faaliyetlerinin devamını sağlamak” amacıyla bağdaşmamaktadır. Zira çevreyi kirleterek üretilen enerji daha sonra kirliliğin artırılması veya çevrenin eski haline getirilmesi için harcanmak zorunda kalacaktır. Kirllettikten sonra düzeltmek için harcanacak enerjinin, üretimde çevreyi kirlletmemek için harcanması daha doğru olacaktır.

Uluslararası anlaşma, sözleşme ve hukuki düzenlemeler ülkeler nezdinde çeşitli hukuki düzenlemeleri, yaptırımları ve yükümlülükleri getirmektedir. Uluslararası sözleşmeler, ülkenin gelecekte zor şartlar altına girmemesi ve rekabet ortamının devamlılığı açısından dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husustur.

Sonuç olarak bütün tesisler farklı yönleriyle çevre üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Ancak insanların teknolojik gelişme ve refah düzeyi için bu tesislere ihtiyaç vardır. Bu nedenle çözüm, bütün tesislerin ileri teknolojiler kullanarak çevreyi olumsuz yönde minimum seviyede etkileyecek ve ekolojik dengeyi bozmayacak önlemlerin alınmasıyla kurulmasıdır.

Enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, daha sonraki yıllarda hem enerji kısıncasına girmemek, hem de doğal çevre tahribatını minimuma indirmek amacı-

na yönelik olarak, koruma-kullanma dengesi doğrultusunda yenilenebilir, nükleer ve hidrolik enerji tesislerinin inşa edilmesine öncelik verilmesinde büyük yarar görülmektedir.

Hidroelektrik potansiyelimizin %70 kadarı henüz değerlendirilememektedir. HES’lerin ekonomik ömürlerinin, minimum 50 yıl, ortalama 100–200 yıl, bazı projelerde 500 yıl olması nedeniyle öncelikle HES potansiyeli değerlendirilmesine yönelik politikalar oluşturulmalıdır.

Güneş enerjili elektrik üreteçlerinin kullanımları yaygınlaştırılmalı, gerekli standartlar oluşturulmalı, bu alanda tüketiciyi koruyacak, üreticiyi teşvik edecek önlemler alınmalı, yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

Rüzgâr santralleri kurulurken en son teknolojik gelişmeleri içeren ve ticari uygulamaya girmiş türbinlerin kullanılmasının yanı sıra uluslararası test merkezlerinde üretim değerleri ölçülmüş türbinlerin seçilmiş olmasına özen gösterilmeli, rüzgâr potansiyeli saptanması, yer seçimi, rüzgâr çiftliği tasarımı ve rüzgâr enerjisi çevrim sistemleri imalatı üzerine yapılacak ARGE çalışmaları devletçe desteklenmelidir. Rüzgâr türbini yapılmaya uygun tarım yapılmayan rüzgâr potansiyeli yüksek yerler seçilmelidir.

Jeotermal aramalar desteklenmeli ve teşvik edilmelidir.

Türkiye’de biyogaz çalışmaları desteklenmeli, pilot tesisler yaygınlaştırılmalıdır.

Enerji tarımı ise hiç el atılmamış bir konudur. Ülkemizde enerji bitkileri tarımına C4 tipi bitkilerle ve özellikle *Miscanthus*, *Sinensis* tatlı-sorghum kolza ile başlanmalıdır. Örneğin, Reed Canary Grass, kenaf, aspir de bu tür bitkilerdendir. Katı yakıt olarak kullanılacak biyokütle materyalin endüstriyel tesislerde ve termik santrallerde yüksek verimle yakılabilmesi için özel akışkan yataklı kazanlar geliştirilmesi üzerinde durulmalıdır. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde yürütülen Ar-Ge çalışmaları ile bu alanda sağlanan gelişmeler yakından izlenmeli, söz konusu Ar-Ge programlarına katılım olanakları değerlendirilmelidir.

### **Kaynaklar**

[1]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “*Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001–2005*”, Haziran, 2000.

[2]. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “*Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*”, DPT: 2569 – ÖİK: 585, Ankara, 2001.

[3]. Türkiye Çevre Vakfı, “*Türkiye’nin Çevre Sorunları 2003*”, Ankara, 2003.

[4]. KARPUZCU, Mehmet., “Çevre Mühendisliğine Giriş”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1988.

[5]. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, www.dsi.gov.tr, Erişim: 04.04.2006.

[6]. ŞEN Zekâi, “Türkiye’nin Temiz Enerji İmkânları”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.

[7]. KÜLTÜR Ömer Faruk, “Enerji ve Çevre İlişkisi”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 2004.

[8]. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, www.enerji.gov.tr, Erişim:23.03.2006.

[9]. Sita Politik Danışmanlık, “Nükleer Enerji”, www.sita.com.tr, Erişim: 12.02.2005.

[10]. GONCALOĞLU Bülent İlhan., ERTÜRK Ferruh, ERDAL Alpaslan, “Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Açısından Karşılaştırılması”, Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı: 34, Ocak-Şubat-Mart, 2000.

[11]. VARINCA Kamil. B., VARANK Gamze, “Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri”, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24–25 Haziran 2005.

[12]. VARINCA Kamil. B., VARANK Gamze, “Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, 3–4 Haziran 2005.

[13]. AKKAYA Ali Volkan, AKKAYA KOCA Ebru, DAĞDAŞ Ahmet, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları, 16-18 Ekim 2002, İstanbul.