

Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması

Halil KUMBUR¹

Zafer ÖZER¹

H. Duygu ÖZSOY¹

Emel Deniz AVCI¹

¹Mersin Üniversitesi

Çevre Mühendisliği Bölümü

33343 Çiftlikköy, Mersin

hkumbur@mersin.edu.tr, zozer@mersin.edu.tr, ozsoyhd@mersin.edu.tr, emeldeniz@mersin.edu.tr

Özet: Günümüzde insanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Nüfus artışı, sanayi gelişimine paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi büyük ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle çevre sorunları ulusal olduğu gibi uluslararası nitelikler de taşımaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin enerji potansiyeli değerlendirilerek günümüzde kullanılan enerji kaynakları ile alternatif enerji kaynaklarının çevresel etkileri ve bu etkilerin üretim maliyetine etkisi karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler Enerji, çevresel etki, fosil yakıt, alternatif enerji

1. Giriş

Artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi dünyanın kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Diğer taraftan, geleneksel enerji üretim yöntemleri bugün çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir. Ayrıca, fosil yakıtların bir süre sonra tükeneceği de yadsınamayacak bir gerçektir. Endüstriyel faaliyetler sonucunda her yıl atmosfere yaklaşık 20 milyar ton karbondioksit, 100 milyon ton kükürt bileşikleri, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınmaktadır [1].

Enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıtlar gün geçtikçe azalmakta ve dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi etkileri, dünyayı belki de geriye dönüşü zor bir çevre kirliliği ile karşı karşıya bırakmıştır. Ayrıca fosil yakıtların sonlu bir rezerve sahip olması nedeni ile önümüzdeki yıllarda bu yakıtların tamamen tükeneceği de bilinmektedir. Dünya genelinde kişi başına düşen yıllık ortalama elektrik tüketimi 2376 kWh/kişi.yıl iken, Türkiye ortalaması, kaçak ve kayıplar dışında net 1281 kWh/kişi.yıl düzeyindedir.[2]

Türkiye güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, hidro enerji gibi yenilenebilir kaynaklar açısından zengin olmasına karşın, yenilenebilir enerjiler için resmi hedefler yoktur; fosil yakıt bağımlılığını daha da arttıracak enerji tesislerinin ithalini sağlayan ihale planları vardır. Türkiye’de elektrik enerjisinin %70’i çevre kirliliği yaratan ve küresel ısınmaya yol açan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taş kömürü, vb.) elde edilmektedir [3].

Enerji politikalarının belirlenmesinde enerji ve çevre faktörünün bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bütün gelişmiş ülkeler çevre dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya olağanüstü bir önem vermektedir. Bu yönüyle gelecek yüzyıl, güneş ve onun türevleri ile diğer tükenmez ve temiz enerji kaynakları kullanımında atılım yapılacak bir yüzyıl olma görünümündedir.

2. Geleneksel Enerji Kaynakları (Fosil Yakıtlar)

Dünya’da enerji üretim rakamları incelendiğinde % 60 ile en büyük payı fosil yakıtların aldığı görülmektedir [1]. Fosil yakıtlardan yanma sonucu enerji elde edildiğinde yanma ürünleri (CO₂, NO_x ve SO₂ gibi gazlar), baca gazı olarak atmosfer içinde dağılırlar. Baca gazları ayrıca uçucu kül ve hidrokarbonları içerirler. Nikel, kadmiyum, kurşun, arsenik gibi zehirli metaller de fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılan diğer maddelerdir. CO₂ sera etkisi oluşumunda etkin rol oynamaktadır. Artan CO₂ miktarı, yerkürenin sıcaklığının artmasına neden olmakta, bu da iklim dengelerinin bozulmasına yol açmaktadır. Atmosferdeki su buharı ile birleşen SO₂ ve NO_x ise esas olarak asit yağmurlarına yol açmakta ve bu da dünyanın ekolojik dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bütün fosil yakıt artıkları kış aylarında pek çok kentimizi etkisi altına alan hava kirliliğine yol açmaktadır [4]. Fosil yakıtların çevre etkileri bunlarla da sınırlı değildir. Örneğin kömür madenciliği hem

çalışanlara sağlık riski getirmekte, hem de ülkemiz için pek yabancı olamayan metan gazı patlamaları nedeni ile ölümlere yol açabilmektedir (Çizelge 1). Diğer bir sorunla da fosil yakıt taşımacılığında karşılaşmaktadır. Petrol taşıyan tankerlerin neden olduğu kazalar yüz binlerce ton petrolün denize yayılmasına neden olduğu bilinmektedir.

Doğal gaz: Bilinen fosil yakıtların en temiz olan doğalgaz doğada bulunduğu şekli ile elektrik üretiminde, sanayide hammadde olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de doğal gaz rezervleri ise oldukça kısıtlıdır. Türkiye’de tespiti yapılmış doğal gaz rezervi 17,5 milyar m³tür [5]. Günümüzde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Petrol: Dünya enerji ihtiyacının % 45’i petrolden sağlanmaktadır. Türkiye’de tüketilen toplam enerji kaynakları arasında % 44’lük bir oranla petrol son derece önemli bir yer tutmaktadır [5].

Kömür: Dünyada diğer fosil yakıtlara oranla daha fazla bulunması, geniş desteği, çeşitlendirilebilmesi, güç üretimindeki ekonomisi nedeni ile kullanımı tercih edilmektedir.

Nükleer Enerji: Nükleer Enerji santrallerinde diğer konvensiyonel santraller de olduğu gibi bir yanma reaksiyonu olmaz. Santrallerden ve özellikle reaktör binasından birinci veya ikinci çevrimde herhangi bir şekilde olabilecek sızıntı veya kaçaklardan radyoaktif elementlerin proses buharı yoluyla kontrolsüz olarak çevreye dağılmaması için söz konusu binalar sürekli olarak alçak basınç altında tutulur. Diğer bir ifade ile bu binalardaki hava emilir, iç basınç dışarıya göre basınçta düşük olacağından kaçaklardan dışarıya doğru değil içeriye doğru bir hava akımı oluşur. Emilen hava ise sürekli olarak ölçüme tabi tutularak filtre edilir ve daha sonra kontrollü bir şekilde baca yoluyla çevreye bırakılır. Aynı şekilde sıvı atıklarda benzer yöntemler ile toplanır ve kontrollü olarak çevreye bırakılır. Dünya elektrik üretiminin %17’sini karşılayan nükleer reaktörler hızla tükenmekte olan petrole karşı alternatif olarak gösterilmektedir. 1996 yılı itibari ile çeşitli ülkelerde işletmede bulunan 437 adet nükleer santral aktif olarak çalışmaktadır. Çevresel etkiler bakımından değerlendirildiğinde ise; nükleer enerjinin 40-50 yılda üreteceği atık yaklaşık olarak 200 m³ civarındadır. Nükleer enerjiden kaynaklanan radyoaktif atıklar kontrollü olarak depolandıkları için çevreye herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır. Ayrıca nükleer atık depolama teknolojisi gittikçe gelişmektedir. Nükleer enerjinin kullanılması, CO₂ emisyonunu azaltmasının yanı sıra SO₂ ve NO_x emisyonlarını önlemede de etkin bir rol oynayacaktır. Enerji hammaddesi açısından dışa bağımlı olan ülkemizin karşılaştığı, yakıt taşıma sırasında olabilecek kazalar sonucu çevre kirliliği de önemli boyutlardadır [5].

Çizelge 1. Enerji Sistemlerinin Risk Sayısı [1]

Enerji Sistemleri	Ölümlü Kaza Sayısı	Toplam Ani Ölüm Sayısı	Üretilen Toplam Enerji GW-yıl
Kömür (Maden kazaları dahil)	62	3600	10.000
Petrol (Üretim ve taşıma dahil)	63	2070	21.000
Doğal-gaz (Patlama)	24	1440	8.600
Hidroelektrik (Baraj yıkılması)	8	3839	2.700
Nükleer (Çernobil kazası)	1	31	1.000

3. Geleneksel Enerji Kaynaklarının Çevresel Etkileri

3.1. Küresel Isınma (Sera etkisi)

Fosil yakıtların yoğun bir şekilde yakılması ile başta karbondioksit olmak üzere, atmosferde sera gazlarının giderek artması ve buna bağlı olarak dünyamızın ısınması, sera etkisi (küresel ısınma) olarak tanımlanmaktadır. Sera etkisi yapan gazlar arasında, karbondioksit, metan, karbon monoksit, hidrokarbonlar ve kloroflora karbonları sayılabilir. Küresel ısınmanın en büyük etkisinin, kutuplardaki buzulların erimesine yol açması ve denizlerin yükselerek bir çok ülkenin sular altında kalması olacağı belirtilmiştir. Fosil yakıt tüketiminin aynı hızla sürmesi sonucunda, önümüzdeki 50 yıl içinde dünyamızın sıcaklığının 5 derece artacağını ve bunun da büyük felaketlere yol açacağını göstermektedir. Ayrıca, sera etkisi nedeniyle yeryüzü sıcaklığının artması ile, denizlerden göllerden ve nehirlerden daha çok buharlaşma olacak, dolayısıyla daha fazla yağmur ve doğal sel felaketleri olacaktır [6]

3.2. Asit Yağmurları

Özellikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtlardan havaya atılan kükürt dioksit, azot oksitler ve karbon gazları, yağmur damlaları ile birleştirilerek sırayla sülfürik asit, nitrik asit ve karbonik asit oluşturur. Asit yağmurlarının zararı, ormanlarla sınırlı olmayıp, canlı varlıkların yanı sıra, demir yolları, binalar, köprüler ve tarihsel kalıntılar üzerinde de etkili olmaktadır. Fosil yakıtların yanma reaksiyonu sonucunda atmosferik sera etkisine yol açan CO₂ salımı 1990 yılında 0.6 milyar ton/yıl iken, özellikle son 40 yılda büyük bir artış göstererek, 1998 yılında 5.5 milyar ton/yıl’a ulaşmıştır [6, 7].

4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliği nedeni ile sürdürülebilir olmasının yanında dünyanın her ülkesinde bulunabilmesi ile de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözümlenmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. 2020 Yılında Yenilenebilir Enerji Kaynakları Tahmini [5]

Enerji Kaynağı	2020 Yılında Minimum		2020 Yılında Maksimum	
	MTEP	%	MTEP	Toplamın %
Modern Biyokütle	243	45	561	42
Güneş	109	20	355	26
Rüzgar	85	15	215	16
Jeotermal	40	7	91	7
Küçük Hidrolik	48	9	69	5
Deniz Enerjileri	14	4	55	4
TOPLAM	539	100	1345	100

TEP: Ton eşdeğer petrol

4.1. Odun:

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak, önemli potansiyele sahip olmakla birlikte, tüketimi son derece hızlıdır bu nedenle yenilenebilir kapasitesi oldukça düşüktür.

4.2. Hidro Enerji

Hidro enerji kısaca; suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan bir enerjidir. Hidro gücün, ekonomik olarak işletilebilir potansiyelinin halen 1/3 ü kullanılarak dünya elektrik üretiminin %17'si karşılanmaktadır. Hidroelektrik santraller ile elektrik üretimi, dünyada toplam elektrik üretimine yaklaşık %23 oranında katkıda bulunmaktadır. Hidroelektrik santralleri ile enerji üretimi için uygun coğrafi koşulların sağlanması gerekmektedir. Hidroelektrik santrallerin çevre ile etkileşimi incelenecek olursa, hidro projeler, sera gazları, SO₂ ve partikül emisyonlarının olmaması avantajına sahiptir. Barajların, arazi kullanımında yarattığı değişiklikler, insanların topraklarını boşaltması, flora ve fauna üzerine etkiler, dibe çökme ile baraj alanının dolması ve su kullanım kalitesi üzerinde etkileri vardır. Büyük su rezervuarlarının oluşması nedeni ile ortaya çıkan toprak kaybı sonucu doğal ve jeolojik dengenin bozulabilmesi olasılığı vardır. Bu rezervuarlarda oluşan bataklıklar da, metan gazı oluşumu için uygun bir ortam teşkil ederler.

Ülkemizde yıllık yağışlar 200-2500 mm arasında değişmekte olup, ortalama yağış (aritmetik) 642,6 mm'dir. Bu yıllık ortalama 501 milyar m³ yağış miktarına karşılık gelir ve yılda ülkemiz yüzeyine düşen bu miktar suyun yaklaşık 186 milyar m³'lük kısmı akış haline geçer.

Akarsularımızın, rejimlerini kontrol altına almak, dolayısıyla taşkın zararlarını önlemek ve depolanan sulardan içme suyu, sulama yararları sağlamak ve enerji elde etmek amacıyla bugüne kadar bir çok baraj ve hidroelektrik santralleri yapılmıştır. Barajların tamamlanması ile ülkemizde 7.254.454 ha arazinin sulanması, 704868 ha arazinin taşkından korunması, 130.326 ha arazinin kurutulması, 9 856.3 hm³ suyun içme suyu olarak şehir ve kasabalara iletilmesi, 34.728.7 MW toplam güçte yapılacak 485 adet hidroelektrik santral vasıtasıyla 123.040 GWh enerji üretilmesi, yapılan etütlere göre mümkün görülmektedir [8].

4.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi; güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m² olan ve yer yüzeyinde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Isıtmadan soğutmaya ve elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılabilir. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saattir (Çizelge 3). Maksimum güneşlenme 362 saat ile Temmuz ayında, minimum güneşlenme süresi ise 98 saat ile Aralık ayında görülmüştür. Güneş enerjisinden elektrik üretimi doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir [9]. Güneş enerjisi günümüzde: konutlarda ve iş yerlerinde, tarımsal teknolojide, sanayide, ulaşım araçlarında, iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

Türkiye güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m²'dir. Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarı 1025·1012 kWh olmaktadır. Bu miktar Türkiye'nin 1996 yılında ürettiği toplam elektrik enerjisinin yaklaşık 11000 katına denk gelmektedir. Ülkemizdeki toplam kurulu güneş pili gücü 2000 yılı içinde 250 kWp kadardır [10].

Çizelge 3. Türkiye’de Bölgelerin Yıllık Güneşlenme Süreleri [8]

Bölge	Yıllık Güneşlenme Süresi (saat)
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	3016 saat
Akdeniz Bölgesi	2923 saat
Ege Bölgesi	2726 saat
İç Anadolu Bölgesi	2712 saat
Doğu Anadolu Bölgesi	2693 saat
Marmara Bölgesi	2528 saat
Karadeniz Bölgesi	1966 saat

4.4. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, herhangi bir emisyonu olmayan, doğal kaynakları tüketmeyen, küresel ısınmaya katkısı olmayan, asit yağmurlarına neden olmayan, yerel çevreye duyarlı bir enerji kaynağı olan bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisinin yakın çevresine verdiği gürültü, TV ve radyo yayınlarıyla etkileşimi, kuşlara yarattığı tehlike ve görsel etkileri, bilinen çevresel etkileridir.

Türkiye rüzgar bakımından zengin bir ülkedir. 10 m yükseklikteki yıllık ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu açısından en yüksek değer 3.29 m/sn ve 51.91 W/m² ile Marmara Bölgesi’nde saptanmıştır. En düşük değer ise, 2.12 m/sn hız ve 13.19 W/m² güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu Bölgesi’ndedir. Türkiye’nin %64.5’inde rüzgar enerjisi güç yoğunluğu 20 W/m²’yi aşmazken, %16.11’inde 30-40 W/m² arasında, %5.9’unda 50 W/m²’nin ve %0.08’inde de 100 W/m²’nin üzerindedir [9]. Bugün ülkemizde Alaçatı ve Bozcaada’da kurulmuş iki rüzgar tarlası, Germiyan’da 3 türbinden oluşan otoprodüktör bir santral bulunmaktadır. Ayrıca onay almış toplam 16 rüzgar tarlası projesi yanı sıra, küçük ölçekli özel kullanıma yönelik talepler oluşurken, yine küçük ölçekte türbin üretimi de başlamıştır [10].

4.5. Jeotermal Enerji

Yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu ve sıcaklıkları atmosferik sıcaklığın üzerinde olan sıcak su, buhar ve gazlar olarak tanımlanan jeotermal enerji genel olarak çevre yönünden temiz bir enerjidir ve doğal kaynaklar kullanıldığı için dışa bağımlılığı azdır. Ülkemiz jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Dünyada toplam elektrik kurulu gücü 8274 MW’e iken ülkemizde 20.4 MW’e’dir. Mevcut şartlara göre ülkemizde, 2010 yılı hedefi 500 MW ve 2020 yılı hedefi 1000 MW olarak öngörülmektedir [11].

Türkiyede toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı ve jeotermal akışkan çıkan kuyu noktası vardır. Bilinen jeotermal alanların %95’i ısıtmaya uygundur. Türkiye’de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da keşfedilmiştir. Ancak ülkemizde jeotermale dayalı elektrik üretimi yeterli düzeye ulaşamamıştır. Bugün arama yapılmış sahalar içinde, yeni teknolojileride kullanarak 10 kadar jeotermal sahadan elektrik üretmek mümkündür Bunlar Kızıldere (Denizli), Germencik (Aydın), Salavatlı (Aydın), Yılmazköy (Aydın), Tuzla (Çanakkale), Caferbeyli (Manisa), Salihli-Göbekli (Manisa), Simav (Kütahya), Seferihisar (İzmir), Dikili (İzmir). Halen 20.4 MWe brüt kurulu güce sahip (242 rezervuar sıcaklığı olan) Denizli-Kızıldere santrali zaman zaman 15 MWe üretim kapasitesine çıkmasına rağmen, iç kullanımı hariç net ortalama 12 MWe elektrik üretmektedir. Aydın-Germencik’te (232 rezervuar sıcaklığına sahip) ise aşamalı olarak yaklaşık 100 MWe gücüne ulaşacak taşınabilir üniteler için Yap-İşlet modeline göre santral kurma işlemler sürdürülmektedir. Ülkemizde on yerleşim biriminde toplam 24200 adet konutun jeotermal enerji ile ısıtılması yapılmaktadır. Bu on yerleşim yerindeki kurulu güç kapasitesi 52550 konuttur. Ayrıca birçok irili ufaklı termal turizm tesisi jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

4.6 Biyokütle Enerjisi

Biyogaz; bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız ortamlarda fermantasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde % 60-70 metan, % 30-40 karbon dioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, karbon monoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazın ısı değeri bileşimindeki metan oranına bağlı olmakla beraber yaklaşık 4700-6000 kcal/m³’tür ve ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır. Ayrıca biyogaz üretimi sonunda elde edilen fermente gübrenin (biyo gübrenin) tarım uygulamalarında kullanılması durumunda verimin yaklaşık olarak % 25 oranında arttığı belirlenmiştir. Biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübrelere kokusu proses esnasında kaybolduğundan ve insan sağlığını tehdit eden birçok unsur ortadan kalktığından, biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği alanlarda yaşayan insanlara temiz ve sağlıklı bir çevre kazandırır. Dünya enerji ihtiyacının % 12’sinin organik atıkların bileşimlerinin biyokimyasal bozunması sonucu oluşan gazdan elde ettiği bilinmektedir. 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. Türkiye’nin biyogaz potansiyelinin 1400-

2000 Btep/yıl düzeyinde olduğu belirtilmektedir. Ülkemizde biyogaz ile ilgili çalışmalar 1957 yılında başlanılmış ancak 1987 yılında kesilmiştir. Çalışmalar günümüzde yeniden başlamış ve katı atık termik santrallerin kurulması girişimleri hız kazanmıştır.[12] Biyokütle 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilir, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütlenin toplam enerji eşdeğeri 65376 MTEP olup bu değer 1997 dünya enerji tüketiminin yaklaşık 8 katına eşittir [13]. Türkiye 'de biyokütle enerjisinin birincil enerjiler içinde kullanımı 1989 'da % 15.2, 1994 'de ise % 12.4 oranında gerçekleşmiştir [14].

4.7. Deniz Enerjisi

Deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi(boğazlarda) ve med-cezir enerjisi olarak tanımlanabilmektedir. Ülkemiz için üzerinde durulabilecek enerji grubu ise özellikle deniz dalga enerjisidir.Deniz dalga enerjisinin temelinde yine rüzgar enerjisi yatmaktadır. Ülkemizin Marmara hariç olmak üzere açık deniz kıyı uzunluğu 8210 km civarındadır. Bunun turizm, balıkçılık kıyı tesisleri gibi nedenle en fazla beşte birlik kısmı kullanılabilir ver bu yıllık olarak 18.5 TWh/yıl düzeyinde bir enerji elde edilebilir [1].

Gelgit enerji kaynaklarının ve zamanlamasının yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, uzun yapım aşaması, yüksek maliyeti ve düşük yükleme faktörleri, yakın bir gelecekte gelgit teknolojilerindeki önemli fiyat düşmesi ihtimalini de geçersiz kılmaktadır.

Deniz akıntı enerjisini, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla; küresel olarak deniz akıntısı kaynak potansiyeli büyük olması, daha yüksek enerji yoğunluklarına, yüksek tahmin edilebilirlikte güç çıktıklarına sahip olması, ekstrem atmosferik dalgalanmalardan bağımsız olması ve görsel etkileri olmaması gibi avantajları vardır.

4.8. Hidrojen Enerjisi

Doğada bileşikler halinde bol miktarda bulunan hidrojen serbest olarak bulunmadığından doğal bir enerji kaynağı değildir. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle elektrikten neredeyse bir asır sonra teknolojinin geliştirdiği ve geleceğin alternatif kaynağı olarak yorumlanan bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlar yaratmaz. Isınmadan elektrik üretimine kadar çeşitli alanların ihtiyacına cevap verebilecektir. Gaz ve sıvı halde olacağı için uzun mesafelere taşınabilecek ve iletimde kayıplar olmayacaktır. 2010 yılından itibaren hidrojenin ticari amaçlar için kullanılması düşünülmektedir. Her türlü maliyet göz önüne alındıktan sonra ilk yıllarda benzinden 1.5 –5.5 arası daha pahalı olması beklenmektedir. Fakat gelecek yıllarla birlikte çevresel katkıları da göz önüne alındığı zaman bu maliyetin çok daha aşağılara çekilmesi hesaplanmaktadır [15].

5. Türkiye'nin Enerji Durumu

Türkiye yerli enerji kaynakları ile talebini karşılayamamaktadır. Enerji talebinin % 49 kadarı ithal enerji ile karşılanmaktadır [16]. Türkiye'de enerji üretimi 1990' 26.21 MTEP iken 2001 yılında 27.41 MTEP'ye ulaşmıştır. Petrol ve doğal gaz üretimi nisbeten az olup, esas yerli enerji kaynağını, çoğu linyit olmak üzere, kömür oluşturmaktadır. Linyit üretimi 1980'lerin başlarında artarak, 1999 yılında 14.64 MTEP (66.58 mt) ile en yüksek seviyesine ulaştıktan sonra, 2001 yılında 12.77 MTEP'ye (57.86 mt) gerilemiştir. Taşkömüründe ise, 1990'da 2.0 milyon ton olan üretim, 2001'de 1.2 milyon tona gerilemiştir. 2001 yılındaki birincil enerji üretiminin %51.2'si kömürden, %10.8'i petrol ve doğal gazdan, %7.5'i hidroden, %22.7'si de ticari olmayan kaynaklardan sağlanmıştır. 2001'de, hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji üretimi 8.34 MTEP'dir ve bunun 4.88 MTEP'yi odun, 1.33 MTEP'yi hayvan ve bitki artıkları, 1.84 MTEP'yi jeotermal, kalanı 0.29 MTEP'yi de güneş enerjisi oluşturmaktadır (Çizelge 4), [16,17].

Çizelge 4. Türkiye Kurulu Gücünün Yakıt Türüne Göre Dağılımı [5]

Yakıt Türü	Güç (MW)	Oran (%)
Sıvı yakıt	1675	7,90
Doğal Gaz	3015	14,25
Jeotermal	15	0,07
Linyit	6048	20,58
Taşkömürü	486	2,30
Hidrolik	9225	46,90
Toplam		92

Hidroelektrik üretimi incelendiğinde 1990-2000 arasında yılda %2.9 artarak, 1990'daki 23.148 TWS (1.99 MTEP) düzeyinden, iyi bir üretim yılı olan 2000'de 30.942 TWS (2.66 MTEP) düzeyine ulaştığı görülmektedir.

1990-2000 yılları arasında, yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı, yaklaşık %40'tır Türkiye'nin akarsularında 1997 yılı verilerine göre; Bütüt potansiyel: 430 Milyar KWh, Teknik potansiyel; 215 Milyar KWh ve Teknik-Ekonomik Potansiyeli ise:124.5 Milyar KWh'tir. [16].

Türkiye'de güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, küçük hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynaklar açısından zengin olmasına karşın, yenilenebilir enerjiler için resmi hedefler yoktur. Türkiye'de elektrik enerjisinin %70'i çevre kirliliği yaratan ve küresel ısınmaya yol açan fosil yakıtlardan (%31-doğal gaz; %29-linyit, %10 petrol türevleri, taş kömürü, vb.) elde edilmektedir [5, 18].

Türkiye'nin 1999 yılındaki birincil enerji üretiminin kaynaklar arasındaki dağılımında; ana kaynak linyit % 41,6, % 4,5 kömür, %10,8 petrol ve %2,1 doğal gaz'dır [19, 20]. Biyokütle ise toplam enerji miktarının %30,9'unu oluşturmaktadır. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesine göre 1999 yılında Türkiye, toplam enerjinin % 61'ini ithal etmekte, % 29,4 'ünü yerli ticari yakıtlardan karşılamaktadır. Türkiye'nin 1999 yılındaki enerji üretimi ve tüketimi Çizelge 5'de verilmektedir.

Çizelge 5. Türkiye'nin 1999 yılındaki enerji üretimi ve tüketimi [19]

Enerji Kaynakları		Üretim	Tüketim	Enerji açığı (Bin TEP)	Net Elektrik İthalı (GWh)	İkincil Kömür İthalı (Bin ton)
Taşkömürü (Bin ton)		1990	11362			
Linyit (Bin ton)		65019	640049			
Asfaltit (Bin ton)		29	29			
Doğal gaz (milyon m ³)		721	12902			
Petrol (Bin ton)		2940	31940			
Hidrolik (GWh)		34678	34678			
Jeotermal elektrik ısı	(GWh)	81	81			
	(Bin TEP)	62	62			
Odun (Bin ton)		17642	17642			
Hayvan ve Bitki Artığı (Bin ton)		6529	6529			
Güneş (Bin TEP)		112	112			
Toplam (Bin TEP)		28797	78511	49714	2045	2075

TEP: Ton eşdeğer petrol, GWh: Giga watt saat

6. Sonuç ve Öneriler

Hidroelektrik santrallerde çevre üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadırlar. Hidroelektrik santrallerin kurulma aşamasında toz ve egzoz gazları vb. ile kısa dönemde hava kirlenmesine yol açmakta, su kalitesini düşürmekte ve sudaki canlı hayata zarar vermektedir. Termik santrallerde ise en önemli sorun ise, yanma sonucunda oluşan CO₂, CO, SO₂, NO₂, ağır metallerden Ag, Pb, Sg, U ve daha birçok zararlı maddelerin çevreye verilmesidir [2].

Petrol satışlarının artarak sürdüğü günümüzde iç kaynakların en uygun koşullarda kullanılmasına, bu kaynakların doğaya en az zarar vermesine ve ekonomiyi maksimum katkı sağlamasına dayalı yeni bir enerji politikasının belirlenmesi, Türkiye için bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle yenilenebilir ve çevresel zararları en az olan ve ülke içinde bol olarak bulunan enerji kaynaklarına yönelmek, Türkiye 'yi hem enerji darboğazından kurtaracak hem de dışa bağımlılığı azaltacaktır. Yerli kaynak olması, yakıt maliyeti içermemesi, boyut seçimine bağlı olarak çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin fosil yakıtlara göre çok daha sınırlı olması ve enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin yararlanma yollarına gidilmesi gerekmektedir. Türkiye'de büyük bir güneş enerjisi potansiyeli mevcuttur. Geniş çaplı bir araştırma yapılmalı ve uygulamaya geçilmelidir. Ülkemizde son yıllarda rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretim çabaları artmıştır. Tümüyle yerli kaynaklarla tasarlanıp kurulabilecek rüzgar santrallerinin ithalata dayalı biçimde kurulması, konu ile ilgili teknolojik birikimin oluşmasına ciddi katkı sağlamadığı gibi, ülke kaynaklarının da dışa akmasına neden olmaktadır. Rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretimini tümüyle desteklemenin yanında teknolojik birikim ve üretimin yerli kaynaklara dayandırılması gerekmektedir. Ayrıca Dünyanın jeotermal kaynaklar açısından en zengin ülkelerinden biri olan Türkiye jeotermal enerjiyi öncelikli enerji dalları arasına koymak zorundadır. Doğal olarak bu kaynakların en uygun koşullarda aranması, işletilmesi ve kullanılabilmesi için bir jeotermal yasası oluşturulmalıdır. Biyokütle enerjisinin Türkiye için önemli bir enerji potansiyelidir. Bir çok ülkede olduğu gibi, anaerobik arıtım yöntemlerinin ülkemizde de yaygınlaştırılması, çevresel değerlerin yanı sıra ülke ekonomisine de enerji üretimi bazında çok önemli katkılar sağlayacak ve ülkemiz gerçeklerine uygun, sürdürülebilir bir enerji politikasının önemli bir ayağını oluşturacaktır.

Çevrenin korunması ile ilgili getirilen ulusal ve uluslararası yükümlülükler yenilenebilir ve hidrolik kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin artırılmasını gerektirmektedir. Özellikle enerji ithaline zorunlu olan ülkemizde bu kaynak çok önemlidir.

Türkiye’de güneş pili teknolojisinde yerli üretim imkanları organize edilmelidir. Türkiye’de rüzgar enerjisi kullanımının gelişimi için ulusal rüzgar enerjisi kullanım programı oluşturulmalı ve uygulamaya konmalıdır. Rüzgar potansiyeli saptanması, yer seçimi, rüzgar çiftliği tasarımı ve rüzgar enerjisi çevrim sistemleri imalatı üzerine yapılacak AR-GE çalışmaları, teknoloji geliştirici yönde devletçe desteklenmeli ve yerli sanayimiz yönlendirilmelidir

Kaynaklar

- [1] Kadioğlu S., Tellioglu Z., “Enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreye etkileri”, TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu, s. 55-67, 1996.
- [2] Bayram, A. “Nükleer enerji ve Türkiye”, 2000 GAP Çevre Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, s. 617-624, 2000.
- [3] Froggatt, A. “The liberalisation of Europe’s electricity markets – Is the Environment Paying the Price for Cheap Power?”, Greenpeace, s. 13, Mayıs 2000.
- [4] Ersoy E., Küçükbayrak S., “21. yüzyılda bütün yönleri ile enerji”, Enerji Çevre İlişkisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı s. 124-127, 1994
- [5] Türkiye Enerji Üretimi; Kaynak: <http://www.enerji.gov.tr/enerjiuretimi.htm>.
- [6] Tezcan G., “Çevre ve enerji”, Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 99-106, Haziran 1997.
- [7] Kumbur, H., “The effects of atmospheric events on historical structures”, Proceedings of Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales, AQM 2001, İstanbul, s. 667-674, 2001.
- [8]. Yılmaz Ö., “Hidroelektrik Enerji Üretiminin Çevresel Boyutları”, Çevre Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 421-4216, Haziran 1997
- [9] Alaçakır F. B., “Ülkemizde elektrik üretimini destekleyen bir çözüm: Güneş pilleri”, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, s. 182-185, İzmir, 2001.
- [10] Tavman, İ. H. ve Önder, T.K., “Türkiye 'de rüzgar enerjisi potansiyeli ve kullanımı”. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, s. 316-323, İzmir, 2001.
- [11]. Drahor, M. G, Kumlutaş D., Göktürkler G., “Dünya’da ve Türkiye’de jeotermal enerji ve kullanımı”, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 61-68, İzmir, 2001.
- [12] Deniz, Y., “Türkiye’de biyogaz potansiyeli ve biyogazın sağlayacağı yararlar”, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara, 1987.
- [13]. Acaroğlu M., Ültanır, M., Ö., “Türkiye 'de biyokütle (biomas) enerji potansiyeli ve değerlendirilmesi için öneriler”, Türkiye 8. Enerji Kongresi Cilt:2, s. 161-171, Ankara, 2000.
- [14]. Acaroğlu, M., Ögüt H., Çarman K., “Biyokütle enerjisinin yakıt olarak Türkiye 'ye sağlayacağı ekolojik ve ekonomik potansiyelin belirlenmesi”, NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium, 37-40, Lefkoşa TRNC, 2001.
- [15] Ültanır M.Ö. “Hidrojenin yakıt olarak kullanımları ve özellikleri”, Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı s. 295-315, Haziran 1997.
- [16] Tübitak, “ Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu vizyon 2023 ön rapor”, Teknoloji Öngörüsü Projesi Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Ankara, Ocak, 2003.
- [17] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Verileri, 2001.
- [18] Atılgan, I., “Türkiye’nin enerji potansiyeline bakış”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 15, No 1, s 31-47, 2000
- [19] Türkiye’deki genel enerji durumu 2001 Raporu. www.enerji.gov.tr/Enerji.html, 2001
- [20] Kumbur, H., Tanyeli, E., “Doğal Gazın Çukurova Bölgesinde Alternatif Yakıt Olarak Değerlendirilmesi”, Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi, USÇS, s. 334-346, Mersin, Nisan 2001.