

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

H. Mete SÖHMEN-Yücel ERDALLI

TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi

H. Mete SÖHMEN

1955 yılında Ankara'da doğdu. Orta öğrenimini Kadıköy Ortaokulu ve Haydarpaşa Lisesinde tamamladıktan sonra 1979 yılında Hacettepe Üniversitesi Kimya Fakültesinden Yüksek Lisans derecesiyle mezun oldu. H.Ü. Mühendislik Fakültesi'nde uzman ve araştırma görevlisi olarak, Van Pres Döküm Kromaj A.Ş.'de Teknik Müdür Yardımcısı, CBS Boya ve Kimya Sanayii A.Ş.'de Araştırma Mühendisi, STFA Ekspertiz ve Müşavirlik A.Ş.'de proje mühendisi olarak hizmet verdi. Halen TÜBİTAK-MAM Enerji Sistemleri Bölümünde araştırmacı olarak çalışmaktadır.

1. GİRİŞ

Yenilenebilir temiz enerji kaynakları, gerek bilinen fosil yakıtların yerini bir ölçüde tutabilmesi, gerekse üretim ve W kullanım esnasında çevre dostu olmasından dolayı önem kazanmıştır. Bu kaynaklar; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, biyokütle, jeotermal enerji, dalga enerjisi, gel-git enerjisi, hidro-enerji ve OTEC (yüzey suları ile dip suları arasındaki sıcaklık farkından doğan enerji) olarak sayılabilir. Bugün, gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler, kendi olanakları içinde değişik kaynaklara öncelik vermektedirler. Dünyanın bilinen petrol rezervlerinin 2050, doğalgaz rezervlerinin 2070 ve kömür rezervlerinin de 2150 yılında tükenmiş olması beklenmektedir (1). Bu nedenle elektrik enerjisi üretiminde, fosil yakıtların kullanılması 21. yüzyılın başlarında gerek çevre, gerekse artan fiyatlar nedeniyle ekonomik olmaktan çıkacaktır. Dolayısıyla başta güneş enerjisi olmak üzere aşağıda bahsedilen yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının önemi artacaktır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ

2.1. Güneş Enerjisi Güneşten yayılıp dünyaya gelen enerji miktarı yılda yaklaşık 1.2×10^{12} milyar kWh'e karşı gelir. Bunun petrol eşdeğeri 8×10^7 milyar ton petroldür. Dünya üzerine gelen güneş enerjisinin çok küçük bir kısmı insanların enerji gereksinimlerini tamamen karşılamaya yeterlidir (3). Ancak birim alana düşen güneş enerjisinin mevcut tekniklerle toplanması için büyük alanlar gerekmektedir. Eğer güneş enerjisinden %20 verimle sonuç alınırsa, 230.000 km²'lik kollektör adasıyla dünyanın ihtiyacı olan bütün enerji ihtiyacı sağlanabilirdi (2). Bu kadar büyük alanın kollektörler ve güneş pilleri ile doldurulması hayaldir. Üstelik bu kollektörlerin dünyada güneş ışınımını iyi alan bölgelere yerleştirilmesiyle, o bölgelerde soğuma ve iklim değişiklikleri olması da kaçınılmazdır.

Güneş enerjisi ile elektrik üretimi iki yöntemle sağlanır. Bu yöntemler;

I. Termoelektrik dönüşüm,

II. Fotoelektrik dönüşümdür.

Termoelektrik dönüşüm ile ilgili birçok pilot çalışmalar gerçekleştirilmiştir. "Solar I-Barstow", Kaliforniya yakınında kurulmuş olan bir tesis olup, 10 MW'lık bir güce sahiptir. 1818 heliostatla toplam 71.130 m²'lik toplam alanla dünyadaki en büyük güneş termal tesisidir. Heliostatlar güneşi izlerler ve merkez alıcıya doğru güneş enerjisini yansıtırlar. Burada güneş enerjisi; suyu kaynatarak türbinleri çalıştırmak için buhar oluşturur. Elde edilen güç, gün boyunca güneş açısının değişmesine göre değişir. Güneş gökyüzünde alçakta olduğu zaman heliostatlar bir diğerini gölgeler. Gölgeleme, enerji üretim zamanını azaltır. Bu nedenle tesis, güneşlenme süresinin yaklaşık %75'inde enerji üretebilir. Kaliforniya-Huntington'da yapımı devam eden "The Solar Dish Stirling Electric Generating Module", 82 adet kavisli cam aynadan meydana gelmiştir. Aynalar, toplam alanı 90 m² olan parabolik toplama yüzeyine sahiptir. Bu sistem açık bir havada 25 kW'e güçte üretim yapabilecektir. Son çalışmalarda santralin birim işletme maliyeti 8 cent/kWh güçte üretim yapabilecektir. Son çalışmalarda santralin birim işletme maliyeti 8 cent/kWh'e düşürülmüştür.

Güneş termal tesislerden çıkan elektriğin ana güç şebekesiyle nasıl bütünleştirileceği konusu henüz çözümlenememiştir. Güç, kollektörlerin önüne bulutlar geldiği zaman hızla azalır ve bulutlar uzaklaşınca aniden artar. Şebekedeki toplam gücün küçük bir kısmı olmasına rağmen bu iniş ve çıkışların idare edilmesi zordur. Diğer taraftan, güneş kollektörleri temiz tutulmalıdır. Cam yüzeyi üzerine kaplanan kir ve toz, yansıtılan enerji miktarını oldukça azaltabilir. Böylece tesisin çıkış gücü azalır. Ancak bu dezavantajlarına rağmen sonsuz bir enerji kaynağı olarak görülen güneş enerjisinden vazgeçilemez. Günümüzde güneş enerjisi daha çok sıcak su eldesinde, kurutmada, soğutmada ve binaların pasif sistemlerle ısıtılmasında yaygın olarak kullanılmakta, böylece elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır.

Fotoelektrik dönüşümünde, güneş ışınımı doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren güneş pilleri kullanılır. Güneş pillerine (fotovoltaik) ilişkin pazar, dünya çapında her yıl ortalama %20 oranında büyümektedir. Amorf silisyum

güneş pilleri kristal veya şeritli silikondan düşük maliyetle üretilmiştir, ancak bu piller %8'lik verim göstermektedir. Galyum arsenid, fotovoltaiik pilleri üretmek için kullanılan bir yarı-iletken malzemedir, ancak bu pilleri yapmak için silisyumdan çok daha az bulunan galyum ve arseniğe ihtiyaç vardır. Galyum arsenidinin daha yüksek maliyetine rağmen, büyük ilgi toplamasının nedeni, güneş ışığının elektriğe dönüşümünde %20'nin üzerinde verimler göstermesidir. Fotovoltaiik sistemler, direkt güneş ışınımında maksimum gücü üretirler. Hava bulutlu olduğu zaman bile, difüz ışığı güce çevirerek yeterli miktarlarda elektriği üretebilirler. Fotovoltaiik toplayıcılar hemen hemen her yere her ebatta kurulabilmekte ve çok az mekanik bakım gerektirmektedir. Ancak bütün güneş toplayıcı sistemleri gibi, fotovoltaiik sistemlerde geceleyin enerji üretemezler.

2.2. BİYOKÜTLE

Biyokütle; yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu meydana gelen biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Odun, yapraklar, saplar ve benzerleri bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Biyokütle kaynaklarını; bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, şehir ve endüstriyel atıklar şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Bazı ülkelerde, özellikle Brezilya'da yetiştirilen mısır veya şeker kamışından alkol elde edilmekte ve motor yakıtı olarak kullanılmaktadır. Kanada, yakıtı ağaç yongaları-doğalgaz karışımı olan 105 MW gücünde bir birleşik ısı-güç santralı kurmuştur. Almanya, Münih'te 25 yıldır işletmede olan üç üniteli, çöp yakıtlı birleşik ısı-güç santralının yenilenecek olan iki ünitesinden birincisi, saatte 70 ton şehir çöpü yakılarak 20 MWe, 100 MWT güç, ikincisi ise taşkömürü-doğalgaz kullanılarak 55 MWT, 200 MWe güç elde edilecek şekilde yeniden dizayn edilmiştir (4).

2.3. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisi, elektrik üretmek ve tarımsal bölgelerde mekanik enerji üretimi ile su pompalanması için kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisinden yararlanılarak kurulmuş yel değirmenlerine M.Ö. 2000 yıllarında Japonya'da rastlanmıştır. Bugün kullanılan yel değirmenleri 1920 ve 1930'larda kullanılan elektrik gücü üreten değirmenlere çok benzerdir. Son yıllarda pervane kanatlarının aerodinamiğinde ve pervane kanatlarını yapmak için kullanılan malzemelerin fiziksel özelliklerinde büyük gelişmeler olmuştur. Gelişmiş malzemelerin kullanımı, ağırlığı azaltmış ve yel değirmeninin yapısının dayanıklılığı artırılmıştır. Rüzgar enerjisinin dezavantajı, kesikli çalışmaları ve gürültü kirliliğidir. Güneş enerjisi kollektör sistemlerindeki gibi; rüzgar jeneratöründen çıkan kararsız enerjiyi, kullanıcının değişen isteği ile birleştirmek için iyi bir depolama ortamı gerekir. Üstelik rüzgar enerjisi ile çalışan tesisler, ihtiyacın olduğu yerde değil, kaynağın bulunduğu yerde kurulmalıdır.

2.4. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcak su veya kayalardan ısıyı çekerek elde edilir. Jeotermal enerji tesisleri genellikle ana enerji pazarından uzaktır. Jeotermal kuyularını birkaç kilometre derinliğinde açmak için teknoloji vardır, fakat kuyunun maliyeti derinlikle artar. Eğer yerin sıcaklığı yüksekse, termal enerji ısıtma veya elektrik üretiminde kullanılabilir. Çoğu kaynaklar sadece binaları ısıtmak için uygun düşük sıcaklıklara sahiptir. Bazı yerlerde kuyudan alınan sıcak su, yüksek derinlikte çözünmüş mineral tuzlar içerir, bu ise cihazlarda çalışma ve korozyon problemlerine neden olur. Yeraltı suyunun içinde erimiş halde bulunan bileşiklerin yeraltı suyu ile birlikte atılması, çevre sorunları yaratır. Bunu önleme için kuyu içi eşanjör sistemi geliştirilmiştir. İzlanda, 1930 yılından beri, düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan ev içi ısı ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Karayip Denizi'nde St. Lucia adasında yeni bir potansiyel son zamanda keşfedilmiştir. 1500 metre derinliğindeki kuyu 300°C gibi aşırı ısıtılmış su ve buhar karışımını üretmektedir. Yaklaşık 10 MWe üretimi için potansiyele sahiptir. Ancak elde edilen enerji miktarı dünyanın geniş enerji ihtiyaçları karşısında çok azdır. Güneş enerjisindeki gibi, jeotermal enerji ısıtma veya elektrik gücü üretiminde kullanılabilir.

2.5. HİDROLİK ENERJİ

Hidrolik enerji suyun türbin içinden dökülerek bir shaftı çevirmesiyle elde edilir. Hidrolik enerji ve jeotermal enerji kaynağı uygun jeolojik yerlerde kurulan tesisler gerektirir. Dünyada hidrolik enerji tesisleri, jeotermal kaynaklardan çok daha fazla enerji üretirler. Hidrolik enerji, kullanımı için gereken basit teknoloji nedeniyle, geniş ölçüde kullanılmaktadır.

2.6. OKYANUS TERMAL ENERJİ ÇEVİRİMİ (OTEC)

Yaklaşık olarak siyah cisim niteliğine sahip olan okyanuslar, güneş ışınımını yutar ve depolarlar. Tropik kuşakta okyanus yüzeyinde sıcaklık 24-28 °C'dir. 500 m'den daha büyük derinliklerde sıcaklık yaklaşık 4°C civarındadır. 20-24°C'lik sıcaklık farkı, enerji üreten cihazları çalıştırmak için kullanılabilir. Okyanusun büyüklüğü hesaba alındığı zaman, bulunan toplam enerji miktarı, insanlık tarafından kullanılan enerjiden defalarca fazladır. Isıyla çalışan makinelerin verimi ısı kaynağı ve soğutucu arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Deniz suyunda bulunan 20°C'lik maksimum fark ile, teorik verim %7'dir. 100 MWe'lik elektrik tesisi, 10 m çapında ve 400-500 metreye inen bir soğutucu boruya sahip olmalıdır. Yüzeyledeki sudan ısıyı çekmek için milyonlarca metrekaarelik ısı değiştiricileri olmalıdır. Çok büyük alanda ısı değiştiricileri gerektiği için, bunların fırtınaya karşı korunması zordur. Bütün bu aletler, deniz suyunun korozyif etkilerinden ve deniz organizmalarının büyümesinden korunmalıdır. Büyük miktarlardaki su hareketi, bu tesislerin çalıştığı yerlerdeki canlı hayvan ve bitki yaşamını muhtemelen değiştirecektir. Bu tesislerin açık okyanusta ekvator çizgisine yakın olması nedeniyle enerji

pazarlarından uzaktadır ve elektrik enerjisinin nakli zordur. Bu zorluklar OTEC tesislerinin, dünya enerji gereksinimine uzun vadede katkıda bulunacağını muhtemel olmadığını desteklemektedir.

2.7. GELGİT ENERJİSİ

18. yüzyıldan beri gel-git enerjisi konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Kuzey Fransa'da Rance halicinde, 20 yıl önce bir tesis kurulmuş olup, 240 MW elektrik üretmektedir. Mürsmansk yakınında Rusya'da 400 KW'lık gel-git enerjisi tesisi vardır. Rusya'nın Kola Leninsula'da Mezen Körfezi'nde 40 MW'lık ve Beyaz Deniz Lumbowkad'da 300 MW'lık tesislerin yapımı devam etmektedir. Bunun gibi Çin'de 10 MW'lık, Kanada'da 18 MW'lık tesisler kurulmuştur. Birçok problem bu enerji kaynağının büyük ölçüde işletilmesini engeller. Gelgitteki potansiyel enerjinin kullanılması çok zordur. En iyi şartlarda bile gelgit yükselişi yaklaşık 10 metreden fazla değildir. Çoğu yerlerde en yüksek ve en düşük gelgit farkı sadece 1-2 metredir. Sadece 2 m olan bir yükseklik farkı çok az su basıncı oluşturur.

Gel-git enerjisi, doğal şartların pratik sonuçları sağladığı birkaç yer ile sınırlıdır. Üretilen toplam enerji miktarı ihtiyaçlarla kıyaslanınca küçüktür. Bu yenilenebilir kaynağın kullanım avantajını ekolojik etkiler yok edilebilir. Gelgit enerjisi elektrik enerjisi üretimi için kullanılabilir fakat rüzgar ve hidroenerjide olduğu gibi depolama ortamı olmadığından kullanıcının ihtiyaçlarıyla jeneratörün çıkışı uyum sağlayamaz.

2.8. DALGA ENERJİSİ

Enerji, aynı zamanda okyanus dalgalarının gelgit olmayan yüzeyinden de çıkarılabilir. Dalganın yukarı ve aşağı hareketlerinden faydalanmak için çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bugüne kadar bu yöntemlerin hiçbirisi devamlı çalışan bir enerji tesisiyle sonuçlanmamıştır. 1988'de Bali Hükümeti ile, bir Norveç şirketi olan Nowave arasında, Güney Pasifikte bir dalga güç tesisi kurulmuştur. Burada "Topchan" (gittikçe incelen kanal) sistemi kullanılmıştır (1). Bu kanal, eğimli betondan yapılmış olup, dalgaların yukarıya gitmesini sağlar. Dalgalar gittikçe incelen kanalın en geniş yerinden içeriye girerler. Kanalın duvarlarıyla sıkıştırdıklarında dalgalar daha yüksek olur. Gittikçe incelen kanalın dibi yavaşça bir depoya yükselir. Büyüyen dalgalar, depo içine dökülene kadar kanaldaki suyu itmeye devam eder. Depodaki su bir elektrik enerjisi üreten tribün içinden okyanusa geri bırakılırlar. Ancak bu sistem pahalıdır.

3. ELEKTRİK ÜRETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ MİKTARLARI

Hidrolik enerjisi 1992 yılı toplam dünya tüketimi 188.6 milyon TEP, toplam dünya fosil yakıt tüketimi petrolde 3128.4 milyon TEP, doğal gazda 1781.0 milyon TEP, kömürde 2164.2 milyon TEP olarak verilmektedir. Toplam dünya nükleer enerji tüketimleri 531.9 milyonTEP'tir(5).

Güneş enerjisinde 700000 MWh(termo-elektrik) üretimle ABD başta gelmektedir (1990). Fotovoltatik yıllık üretimde İspanya 6320 MWh, Meksika 4418 MWh, Norveç 2000 MWh, Fransa 1000 MWh olarak enerji üretmektedir. Bu ülkeleri Çin, Kanada, Almanya, Hollanda, Pakistan izlemektedir.

Rüzgar enerjisinde 2500 GWh elektrik üretimiyle (1990) ABD en başta gelmektedir. Danimarka 744.0 GWh, Avustralya 125.0 GWh üretimini Hollanda, İngiltere, Çin, İspanya takip etmektedir. 1992 yılında STürkiye elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre değerlendirilirse aşağıdaki tablo ortaya çıkar (GWh olarak): olarak verilmektedir.

(Katı yakıtlar)	Kömür	24570.8
(Sıvı yakıtlar)	Petrol	5273.0
	Jeotermal	69.6
	Doğalgaz	10813.7
	Hidrolik toplam	26568.0
	Termik toplam	40774.2
	Diğer	47.1

Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Kaynaklara Dağılımı	
Linyit+taş kömürü	%36.51
Hidrolik +jeotermik	% 39.58
Doğal gaz	% 16.07
Fuel oil+motorin	% 7.84

Kömür	4-5 cent
Gaz	4-5 cent
Hidroenerji	4-7 cent
Jeotermal	5-8 cent
Rüzgar	5-9 cent
Biokütle	6-8 cent
Güneş	10-12 cent
Fotovoltaik	30-40 cent

4. EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Çeşitli yakıtlar kullanılarak üretilen elektrik enerjisinin kilowatt saat başına maliyeti şu şekildedir (6);

Yenilenebilir enerjinin çoğu büyük maliyet dezavantajlarından dolayı bugüne kadar gelişmemiştir. Dolayısıyla fosil yakıtların yerini derhal alması beklenemez. Yukarıda bahsedilen alternatif enerji kaynakları arasında ekonomik olanlardan yararlanılacaktır, ancak bu kaynakların tek başına birinin veya tümünün insanlığı elektrik enerjisi talebini karşılayabilmesi mümkün değildir.

KAYNAKÇA

1. Konvansiyonel ve Alternatif Enerji Kaynakları Açısından Dünyanın Geleceği, A.Y.Özemre, 21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Sempozyumu, 28-30 Nisan 1994, İTÜ, İstanbul.
2. Alternative Energy Sources, C.Flavin, Applied Energy, V.47,pp 123-146,1994.
3. Günümüz ve Geleceğin Sorunu Enerji, İ.Serim, Nisan 1979, Ankara.
4. Üçüncü Petrol Krizi Sürecinde Dünyada ve Türkiye'de Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisine Yönelik Gelişmeler, G.Şenocak, 21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Sempozyumu, 28-30 Nisan 1994, İTÜ, İstanbul.
5. 1992 Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Aralık 1993, Ankara.

6. The Sun Shines Brighter on Alternative Energy, Business Week, November 8,1993.