

Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi

Yerküremizin dörtte üçünü kaplayan, çok eski zamanlardan beri oldukça önemli bir yaşam kaynağı olarak kullanılmış, sonsuz bir biyoçeşitlilik içeren okyanusların ve denizlerin dünyaya yeterli miktarda enerji sağlayabilecek potansiyele sahip olduğunu biliyor muydunuz? Günümüzde okyanuslardan ve denizlerden enerji eldesi için birçok yöntem kullanılıyor. Bunların başlıcaları dalga, gel-git ve akıntı enerjisi sistemleri ile okyanusların derin ve sığ suları arasındaki sıcaklık farkından yararlanarak enerji elde eden (OTEC) sistemlerdir. Bu sistemlerden çoğu prototip aşamasında, ancak ticari ünitelerin kurulması ve faaliyete geçmesi an meselesi.





Dalgalar, Dünya üzerindeki toprak ve suların farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelir.

Deniz dalgalarındaki güç dalga yüksekliği, dalga hareketi, dalga boyu ve su yoğunluğu ile belirlenir. Dalga yüksekliği ise rüzgâr hızı, rüzgârın esme zamanı, esen rüzgârın suya olan mesafesi ve su derinliğine bağlıdır. Genellikle büyük dalgalardan daha çok enerji elde edilir.

Deniz dalgalarından enerji elde edilmesi konusunda ilk çalışmayı 1892 yılında A. W. Stahl yapmıştır. Günümüzde dünyanın değişik merkezlerinde bu konuda araştırmalar yapıp prototipler geliştiriliyor.

Dalgalardan enerji elde eden tüm sistemler deniz yüzeyinde ya da deniz yüzeyine yakın kurulur. Bu sistemler dalganın geliş yönüne dik ya da paralel kurulumlarına ve enerjiyi dönüştürme biçimlerine göre farklılaşabilir.

Örneğin, *sonlandırıcı sistemler* dalganın geliş yönüne dik olarak kurulur. Salınlı su kolonları sonlandırıcı sistemlere bir örnek olarak verilebilir. Bu aygıtlarda su, içinde hava dolu bir bölme olan bir kolona dolar. Dalga etkisiyle, su kolonundaki bölme piston gibi yukarı aşağı hareket ederek havayı hareket ettirir ve kolona bağlı olan türbin çalışır.

Bir diğer sistem olan *nokta absorplayıcı sistem* de sabit bir silindir içinde dalga hareketiyle hareket eden şamandıra, elektromekanik ya da hidrolik enerji dönüştürücüleri çalıştırır. Amerika Birleşik Devletleri Reedsport Oregon'da kurulan *PowerBuoy*

sisteminde bu yöntemle dalgalardan 40 kW elektriksel güç elde ediliyor.

Dalga hareketi zayıflatıcı sistemler, dalga geliş yönüne paralel olarak kurulur. Dalga hareketi ile cihazın bağlantı yerlerinde oluşan eğilip bükülme makinedeki yağı basınçlandırır ve hidrolik motoru çalıştıran hidrolik çekiç hareketli hale getirilir. İlk olarak İskoçya'da bir firmanın ürettiği *Pelamis* Dalga Gücü ünitesi de bu prensiple çalışıyor. *Pelamis* makineleri kullanılarak 2008 yılının Eylül ayında Portekiz'de (Aguçadora Dalga Parkı) dünyanın ilk ticari dalga tarlası kurulmuş. Burada üç adet 750 kW güç üreten, toplam 2,25 MW'lık (Mega Watt) sistem bulunmaktadır.

Havuz sistemlerinde dalga enerjisini kullanmak için bir rampa vasıtasıyla deniz seviyesinden yüksekte doğal havuz oluşturulur ve rampaya yerleştirilen uygun bir türbinden geçen su kütlesiyle elektrik enerjisi elde edilir. *Wave Dragon* sistemi buna bir örnektir. Danimarka'da kurulan bu sistemden, 2009 yılında MW mertebesinde elektriksel güç üretilmesi bekleniyor.

Dalgaların yüksek güçlerine karşın düşük hızlarda ve farklı yönlerde hareket edebilmeleri, fırtınalara ve tuzlu suya dayanabilecek yapıların yüksek maliyeti, kurulum ve bakım giderlerinin yüksekliği gibi problemler sebebiyle dalga enerjisi eldesi şu anda ticari olarak geniş çapta kullanılmıyor.

Ülkemizin Marmara Denizi dışında sahil uzunluğu yaklaşık 8200 km'dir. Balıkçılık, turizm ve askeri tesisler nedeniyle elektrik eldesi için bunun yalnızca 1/5'i kullanılabilir ise de dalga enerjisi Türkiye için çok önemli bir kaynaktır. Ancak sistem seçiminde yöresel meteorolojik şartlar, enerji talebi, üretilen enerjinin taşınımı da düşünülmelidir.



Rüzgâr Nasıl Oluşur?

Dünya yüzeyinde bulunan toprak ve suyun güneş ışığını emmesi birbirlerinden farklıdır. Gündüz, toprak üzerindeki hava su kaynakları üzerindeki havadan daha çabuk ısınır. Toprak üzerindeki hava ısıyla genişleşip yükselirken, su kaynakları üzerinde bulunan daha soğuk hava taşınıp kara üzerindeki havanın yerini alır. Bu da rüzgârları oluşturur. Geceleri, rüzgâr tersine döner, çünkü kara üzerindeki hava, deniz üzerindeki havadan daha çabuk soğur. Büyük atmosferik rüzgârlar da buna benzer olarak Ekvator üzerindeki havanın, Kuzey ve Güney Kutuplarındaki havadan daha çok ısınmasıyla oluşur.



Çeşitli kaynaklarda Türkiye'nin dalgı enerjisi potansiyeli yıllık yaklaşık 140 milyar kW (kilo Watt) saat olarak öngörölüyor. Ülkemizde yıllık 120 milyar kWsaat elektrik elde edildiğı dikkate alındığında, dalgı enerjisi potansiyelimizin elektrik ihtiyacımızı karşılayabileceğı tahmin ediliyor.

Ülkemizde de dalgı enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) işbirliğinde 15.02.2008 tarihinde başlatılan "Dalgı Enerjisinden Elektrik Üretimi" konulu proje kapsamında, denizdeki dalgaların dikey hareketini elektrik enerjisine çeviren bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sakarya Karasu'da 2009 yılında kurulan prototip sistemde günde ortalama 5 kWsaat enerji elde edilmektedir.

Okyanusların Derin ve Sığ Suları Arasındaki Sıcaklık Farkından Yararlanılarak Enerji Elde Edilmesi

Okyanusların derin ve sığ suları arasındaki sıcaklık farkından yararlanarak enerji elde edilen sistemlerde (Ocean Thermal Energy Conversion - OTEC), bu sıcaklık farkından yararlanarak çalışan bir ısı makinesi yardımıyla elektrik üretilir. Sıcaklık farkına bağlı olarak elde edilen verim ve güç artar. Özellikle Oğlak ve Yengeç Dönenceleri'nin arasındaki kuşakta (Ekvator'un 23° kuzeyi ve güneyi) kalan bölgeler, bu tip enerjinin elde edilmesi için hayli uygundur.

Tropikal okyanusların genellikle 30-40 m kalınlıkta olan yüzey tabakasının sıcaklığı Güneş'ten alınan ısı enerjisiyle 25 °C civarına yükselir. Buna karşılık, kutuplardan okyanusların derinliklerine ve tropikal bölgeye kayan soğuk su kütlesi sıcaklığı 5 °C civarında bir ortam oluşturur. Bu iki ortam arasındaki sıcaklık farkı OTEC çevriminin temelidir. Genellikle birbirine karışmayan sıcak yüzey suyu ile soğuk taban suyu bir ısı makinesinin çalıştırılabilmesine olanak verir.

OTEC santralleri kapalı, açık ya da hibrit adı verilen çevrimler ile çalışabilir.

Kapalı Çevrim:

Bu türde amonyak, propan ya da klor-flor-karbon bileşimleri gibi düşük kaynama noktasına sahip bir sıvı, kapalı çevrimin içine pompalanır. Bu sıvı, evaporatörden geçerken sıcak yüzey suyu ile buharlaşır ve basıncı artar. Yüksek basınca sahip bu buhar bir alternatör-türbin grubundan geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Türbinden atılan buhar kondenserdan geçirilerek tekrar sıvı fazına döndürülür. Soğutma suyu derin deniz tabanından alınan soğuk sudur. Böylece tamamlanan çevrim yeniden başlar ve devam eder.

Açık Çevrim:

Bu çevrimde amonyak ya da propan gibi bir çalışma malzemesi kullanılmamaktadır. Bunların yerine, sıcak yüzey suyu vakumda ani olarak buharlaştırılır. Bu işlem sonucu elde edilen su buharı türbini çalıştırır ve alternatörden elektrik üretilir. Kapalı çevrimde olduğu gibi, türbinde iş gördükten sonra kondensere iletilen su buharı burada soğuk taban suyu ile yoğunlaşır. Bu yoğunlaşma ile oluşan taze suyun, içme suyu dahil, pek çok amaçla kullanılması mümkündür.

Hibrit Sistemler:

Hibrit sistemler hem kapalı hem de açık çevrimlerin özelliklerini taşır. Sıcak deniz suyu bir vakumda ani olarak buharlaştırılır. Su buharı, kapalı çevrim sıvısı olan amonyağı buharlaştırır ve buharlaşan akışkan elektrik üretimi için türbini çalıştırır. Isı değıstiricide yoğunlaşan saf su başka amaçlarla da kullanılabilir.



OTEC fikri tarihte ilk kez Fransız fizikçi D'Arsonval tarafından 1881 yılında ileri sürülmüş. Bu fikir, 1926'da Fransız mühendis Georges Claude'un 60 kW gücünde ve 20 °C sıcaklık farkıyla çalışan türbini sayesinde gerçekleştirilebilmiş. Aynı bilim adamı 1930'da Küba açıklarında 22 kW civarında güç üretmiş.

ABD'de 1979 yılında *Mini OTEC* adıyla, 50 kW gücünde bir prototip tesis geliştirilmiş. Bunu, daha büyük kapasiteli sistemlerin oluşturulması izlemiştir. Bu sistemlerde hem elektrik elde ediliyor hem de tatlı su üretimi yapılıyor.

OTEC santralleri çevre sorunu yaratmamaları ve elektrik enerjisi eldesi yanında pek çok başka alanda da kullanılmaları nedeniyle oldukça avantajlıdır. Ancak düşük verimlerle (yaklaşık % 2) çalışırlar. Bu nedenle, uygulanabilir olmaları için bu tesislerin 1000 kW ve daha büyük güçte olmaları gerekir.

Gel-Git Enerjisi

Gel-git enerjisi elde edilirken, akıntı ya da gel-git sebebiyle yer değiştiren su kütlelerinin sahip olduğu kinetik ya da potansiyel enerji elektrik enerjisine dönüştürülür.

Bilindiği gibi su seviyelerindeki periyodik değişimler ve gel-git akımlarının gücü Dünya'nın Ay'a ve Güneş'e göre konumuna ve deniz tabanının ve kıyı şeridinin yapısına bağlı. Gel-git enerji elde edilmesi için bu olguyu kullanılıyor.

Gel-git enerjisi elde etmek için iki ana yöntem kullanılır.

Barajlarda gel-git sırasında oluşan yükseklik farkının potansiyel enerjisinden yararlanarak enerji elde edilmesi yöntemi:

Bu yöntemde, uygun bulunan koyların ağzı bir barajla kapatılarak gelen su tutulur, çekilme sonrasında da yükseklik farkından yararlanılarak türbinler aracılığı ile elektrik üretilir. Dünyada bu yöntemle çalışan, Fransa Rance'de 240 MW'lık, Kuzey Amerika Annapolis Royal'da 18 MW'lık ve Rusya'da 1,2 MW'lık sistemler bulunmaktadır.



Wikimedia

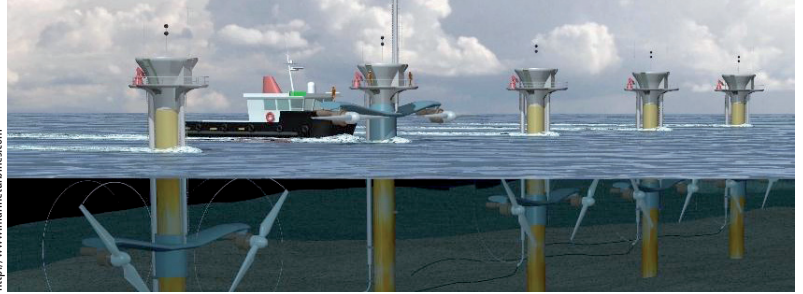
Hareket eden suyun kinetik enerjisinin türbinleri çalıştırmasıyla enerji elde edilmesi yöntemi:

Bu yöntem daha düşük maliyetli ve barajlara oranla daha düşük çevresel etkiye sahip olduğundan son yıllarda popülerdir. Ancak geliştirilen üniteler prototip aşamasındadır.

Nisan 2008'de Kuzey İrlanda'da bu yöntemle çalışan, *SeaGen* isminde 1,2 MW'lık bir sistem kurulmuştur. Bu cihazla Haziran 2008'de şebekeye 150 kW elektrik verilmiştir.

Akıntı Enerjisi

Deniz tabanına yerleştirilen türbinler aracılığı ile denizlerdeki ve okyanuslardaki düzenli akıntılarının kinetik enerjilerinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi akıntı enerjisinin temelini oluşturur.



Dünyada akıntı enerjisi kullanılarak elektrik üretimi henüz prototip aşamasındadır. Örneğin İngiltere Lynmouth'da Mayıs 2003'ten beri kurulu olan üniteden 300 kW'lık güç elde ediliyor. Ayrıca, gel-git enerjisi elde etmek için kurulan *SeaGen* sisteminin derin deniz akıntılarından enerji elde etmek için de kullanılması planlanıyor.

Sonuç olarak, okyanus ve deniz kaynaklarının yenilenebilir enerji teknolojilerine büyük katkı sağlayacak potansiyelleri var. Teknoloji geliştirilmesi konusunda ileri düzeyde çalışmalar yapılmasına rağmen ticarileşme yönünde ilerleme kaydedilmesi için idari ve ekonomik bazı düzenlemelerin yapılması gerekiyor. Bunlar, sırası ile, elektrik şebekesine bağlantının sağlanması, kanuni çerçevelerle okyanus ve deniz enerjileri kullanımının yaygınlaştırılması, kaynakların ve fiziksel verilerin analizi, ekonomik önlemlerin alınması ve halkın bilgilendirilmesi olarak sıralanabilir.

Kaynaklar

International Energy Agency, Implementing Agreement on Ocean Energy Systems (IEA-OES), Yıllık Rapor, 2007.
Dean, R. G., Dalrymple, R. A., "Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists", *Advanced Series on Ocean Engineering*, World Scientific, Singapore, C. 2, s. 64-65, 1991.

Ozgener, O., Ulgen, K., Hepbasli, A., "Wind and Wave Power Potential", *Energy Sources*, Cilt 26, s. 891-901, 2004.
Küllünk, H., Eyice, S., *Yeni Enerji Kaynakları*, 1983.
Kaygusuz, K., "Energy Policy and Climate Change in Turkey", *Energy Conversion and Management*, Cilt 44, s.1671-1688, 2003.

OTEC santralleri güç üretiminden başka iklimlendirme sistemlerinde, tarımda, su ürünleri yetiştiriciliğinde, deniz suyunun tuzdan arındırılmasında, mineral ve hidrojen üretiminde de kullanılır.



Ülkemizde de özellikle Çanakkale Boğazı'ndaki akıntı enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi planlayan şirketler bulunuyor. Ancak çalışmalar fizibilite ve saha belirleme aşamasında.