



Denizlerdeki Enerji

GIDEREK ARTAN enerji istemini karşılamada insan-anoğlu çeşitli kaynaklardan enerji elde etme çabasını sürdürmektedir.

Yirminci yüzyılın sonunda temiz ve tükenmez, yeni enerji kaynaklarına yönelme artmıştır. Bu çerçevede, dünyadaki sulardan enerji elde etmek için çalışmalar yapılmakta; temiz ve tükenmez enerji kaynağı olan suların, enerji istemini karşılamada kullanılması yaygınlık kazanmaktadır.

Dünyadaki su kaynaklarını kabaca üçe ayırabiliriz:

- i) Yeraltı suları,
- ii) Yerüstü suları,
- iii) Yeryüzü suları.

Yeraltı suları, soğuk ve sıcak sular (ve buhar) olarak ele alınabilir. Soğuk yeraltı sularından genelde, içme, yıkama ve tarım amaçlı (sulama) yararlanma yaygındır. Bunun yanında, ısı pompaları ile bu suların ısı enerjisinden yararlanma da küçük ölçeklerde, özellikle yirminci yüzyılın sonlarında, ev ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılır olmuştur. Yeraltı sıcak su (ve buhar) kaynakları, yerici ısı enerjisini yeryüzüne taşıyan ve yüzyıllardır yıkanmak için ve sağlık amaçlı kullanılmış (kaplıca, ılıca, içmeler gibi) sulardır. Bu sıcak su ve buhar kaynaklarından enerji (jeotermal enerji) elde edilmesi, özellikle ülkemizde, yirminci yüzyılın sonunda gide-

rek önem kazanan bir konu durumuna gelmiştir. Bu konuda ayrıntılı bir yazı Bilim Teknik Dergisi'nin Şubat 1996 sayısında bulunabilir.

Yerüstü suları, genelde su buharı olarak bulutlarda bulunan sulardır. Bu sulardan enerji elde etmede izlenen doğal yol, bunların yağış olarak yeryüzüne düşmesi ve yeryüzündeki akarsularını beslemesi şeklindedir. Akarsulardan ve barajlardan enerji elde etmede yararlanılabilir. Yine doğal olarak, yeryüzüne düşen sulardan bitki yetiştirilmede de (biyokütle elde edilmesi) yararlanılmaktadır.

Yerüstü suları dediğimiz bulutlardaki sular, temelde güneş enerjisi ile yeryüzünden buharlaştırılmış sulardır. Bu su döngüsü (yerden bulutlara ve bulutlardan yere) içinde yer alan su kütlesi çok büyüktür. Belki bir gün insan-anoğlu, bu büyük tutardaki su kütlesinin bulutlardan yeryüzüne inişindeki hız enerjisinden, enerji elde etmede yararlanma olanağını bulacaktır. Ancak, bugün için yerüstü sularından yararlanma, yukarıda belirtildiği gibi sadece doğal yollardan olmaktadır.

Yeryüzü sularını ikiye ayırabiliriz: Akarsular, denizler ve göller. Akarsulardan enerji elde etmede izlenen yollar, özetle şöyle açıklanabilir: Akarsuların üzerine yerleştirilen küçük su türbinleri ile elektrik elde etme; akarsuların üzerine kurulan 'su koçu' gibi aygıt ve

sistemlerle yüksek su basma (Kızılcahamam/Ankara'da bir su koçu bulunmaktadır); akarsuların önüne setler kurularak setlerin gerisinde göller oluşturma ve bu göl sularının denetimli olarak akıtılmalarında türbinler aracılığı ile elektrik enerjisi elde etme; akarsulardan sulama amacıyla yararlanarak bitki yetiştirme (biyokütle elde etme). Bir de, çok eskilerden beri kullanılagelen, ancak artık anılarda kalmaya başlayan, tahıl öğütmede kullanılan su değirmenlerinden söz edebiliriz. Akarsulardan enerji elde etmenin ayrıntıları, bu yazının kapsamı dışında bırakılmıştır.

Denizlerden enerji elde etme, genelde üç yolla olmaktadır. Bunlar:

- i) Deniz ve okyanus dalgalarından,
- ii) Deniz ve okyanus akıntılarında,
- iii) Okyanuslardaki düşey sıcaklık farkındandır.

Deniz ve Okyanus Dalgaları

Denizlerdeki dalgalar temelde üç etki sonucu oluşmaktadır. Bunlar:

- * Denizlerde oluşan depremlerin ve deniz dibi çökmelerinin yol açtığı dalgalar,
- * Rüzgârların ve fırtınaların oluşturduğu dalgalar,
- * Gelgit olayından kaynaklanan dalgalar.

Deprem Dalgaları

Denizlerde oluşan deprem ve çöküntülerin oluşturduğu dalgalar, uzun periyodlu olup, derin okyanuslarda hızla yol alırlar. Bunların genlikleri ya da dalga yükseklikleri derin okyanuslarda düşüktür. Kıyılara ulaştıklarında hızları azalır ancak, dalgadaki enerji aynı kaldığı için dalga yüksekliği artar. Kıyılarda yıkıcı zararlara yol açan bu dalgalar genellikle, Japonca'da liman dalgası anlamına gelen bir terim olan "tsunami" sözcüğü ile tanımlanırlar. Bu dalgardan enerji elde etme olanağı bugün için yoktur; depremin yeri belirlenirse, depreme yakın kıyılarda yaşayanlar uyarılarak bu dalgaların zararlı etkilerinden korunmaları sağlanabilir.

Rüzgârların Oluşturduğu Dalgalar

Enerji elde etmede üzerinde durulan dalgalar, rüzgârların oluşturduğu okyanus dalgalarıdır. Derin sulardaki deniz dalgalarında çok büyük enerji yoğunlukları oluşabilmektedir. Dalgadaki güç, dalga genliğinin karesiyle ve dalga periyodu ile orantılıdır. Sözelimi uzun periyodlu (10 s gibi), büyük genlikte (2 m gibi) bir dalganın, birim genişliğindeki enerji akısı 50-70 kW dolaylarında olabilmektedir. Bu yüzden, derin deniz dalgaları, enerji elde etme üzerinde çalışılan ve uygulamaları olan enerji kaynaklarıdır.

Rüzgârla Dalga Oluşumu

Deniz yüzeyi üzerinde bulunan hava, rüzgâr etkisi ile belli bir yönde yol almaya başladığında, deniz yüzeyine bir sürtünme kuvveti etki ettirir. Bu kuvvet ile deniz yüzeyindeki su molekülleri, denge konumlarından ayrılma eğilimi içine girerler. Böylece deniz yüzeyi kırışmaya başlar. Bu şekilde oluşan dalgacıklara "kılcal dalgalar" denir. Bu dal-

gaların oluşmasında, hava moleküllerinin su moleküllerine etki ettirdikleri dengeden ayırıcı kuvvete karşılık, suyun yüzey gerilimi kuvvetiyle su moleküllerinin ağırlık kuvveti dengeye geri getirci kuvvet olarak davranırlar. Böylece, dengeden ayrılma ve dengeye dönme devinimi bir dalga oluşmasına yol açar ki, bunun en yalın biçimi bir sinüs dalgasıdır. Kılcal dalgalar oluştuktan sonra, rüzgâr esmeye devam ederse daha büyük dalgalar oluşmaya başlar. Dalgaboyu 1,7 cm'den büyük dalgalar artık kılcal dalgalar olmaktan çıkarlar ve yüzey geriliminin etkisi önemini yitirir.

Dalgaların oluşmasında rüzgâr hızının etkisi, rüzgârın ne süre estiğine, rüzgâr hızında ve yönündeki değişimlere, ayrıca denizde engellerin olup olmamasına yakından bağlıdır. Pratikte, rüzgârın hız ve yönündeki değişimlerden ötürü birçok farklı büyüklükteki dalgalardan oluşmuş "dalga tarlalan" ortaya çıkar.

Tek bir derin-su dalgası göz önüne alındığında, bu dalgadaki su moleküllerinin devinimleri çemberseldir. Bu çembersel devinim, yarı-çapı üstel olarak küçülerek denizin dibine doğru sürer ve dalgaboyunun yarısından daha derinlerde önemsizleşir. Buna göre, derin-deniz dalgalarında suyun yatay düzlemde net bir yerdeğiştirmesi yoktur. Su parçacıkları çembersel devinimleri ile aynı yerlerini korurlar. Bu dalgalarda su parçacıklarına etki eden kuvvetler, ağırlık kuvveti ve çembersel devinimden kaynaklanan merkezkaç kuvvettir. Suyun yüzeyi, her zaman bu iki kuvvetin bileşkesine dik olacak biçimi alır. Yüzeydeki bir su parçacığının çembersel deviniminin yarı-çapı, dalganın genliğine eşittir. Dalga yüksekliği bu genliğin iki katıdır. Dalga yüzeyinin biçimi, dalganın sürekli ilerlediği izlenimini verir, oysa suda bir ilerleme söz konusu değildir. Üstteki bir parçacık daha düşük bir konuma geçerken, onun yanındaki daha yüksek bir konuma gelir ve böylece dalganın ilerleme görünümü sağlanır.



Dalga Enerjisi

Bir dalganın enerjisi, su parçacıklarının çembersel dönümden kaynaklanan hız enerjisi ile, parçacıkların denge konumundan ayrıldıklarındaki potansiyel enerjilerinin toplamından oluşur. Bir dalganın birim uzunluğundaki bir kesitin toplam enerjisi, dalga yüksekliğinin (ya da genliğinin) karesiyle orantılıdır. Bu yönüyle, dalgardan enerji elde etmede, seçilecek bölgelerin dalga yükseklikleri iyi bilinmelidir.

Dalgadan enerji elde etmede tasarlanacak bir düzeneğin konulacağı yer, buradaki dalga yüksekliği değişimleri ile baskın rüzgâr yönleri ve şiddetlerinin yıllar süren ölçümleri ile belirlenirler. Bu ölçümler için değişik yöntemler kullanılmakta olup, yerinde yapılan ölçümler dışında, uydular aracılığı ile alınan resimler ve radar dalgaları ile oluşturulan, zamana bağlı dalga haritaları da kullanılmaktadır.

Dalga Enerjisinden Yararlanma Olanakları

Dalga gücünden yararlanmanın çekiçliği, dalgadaki büyük enerji akırlarıdır. Rüzgârların oluşturduğu dalgalar, rüzgârdan aldıkları enerjiyi etkin bir şekilde çok uzaklara taşıyabilirler. Sözelimi, Avrupa'ya ulaşan büyük dalgalar, Atlantik Okyanusu'nun ortalarında, hatta Karayip Denizi'ndeki fırtına-



Derin deniz dalgalarında su parçacıklarının çembersel devinimi



ların etkisinde oluşmuş dalgalar. Dalga enerjisinden yararlanmada, genelde, derin deniz dalgaları kullanılır. Dalganın enerjisi köpüklenmeyle, kıyıya yaklaştıkça deniz dibi sürtünmeleri ile azalır. Dalga enerjisinden yararlanmada tasarlanan düzenekler çok çeşitlilik göstermektedirler. Bunlardan birkaçı şöyle sıralanabilir.

Stephen Salter'in (İskoçya) "ördek"leri. Bu ördekler, biçimlerinden ötürü sivri uçları yönünden aldıkları dalga ile bir salınım yapmakta ve salınım eksenine bağlanan bir bağlantı ile güç dışarı alınabilmektedir. Bu tasarımda, dalgadaki enerjinin çok azı yansıtılmakta ya da ördeğin arkasına geçebilmektedir. Salter, birbirine esnek bağlantılar ile bağlanmış kilometreler uzunluğunda ördek dizileriyle İskoçya'nın batı kıyısı açıklarında 100 MW'lık bir elektrik üretim düzeni tasarlamıştır.

Başka bir tasarım türü de, denizde yapılacak ve altında bir delik bulunan kulelerdir. Bu kulelerin içine giren dalgalar kule içinde düşey bir hava akımı (salınımı) oluşturacaklar ve bu hava akımıyla çalışan bir türbin aracılığıyla elektrik enerjisi elde edilebilecektir. Bu yöntemle çalışan deniz şamandıraları Japonya'da ve İrlanda'da satılmaktadır. Yine bu yöntemle çalışan Norveç'teki (Toftestallen) 500 kW'lık güç santrali, elektrik ağına bağlanan ve dalgadan elektrik üreten ilk santraldir.

Dalga enerjisinden yararlanmada, küçük setler oluşturarak, dalgaların bu

setleri aşarak, suyun setin öbür yanında depolanması düşünülmüş; yeniden dışarı akıtılırken suların bir türbini çevirmesi ile çalışacak tasarımlar da yapılmıştır. Bu tür bir tasarımla Mauritius Adası'nda 20 MW'lık bir elektrik santrali yapılması düşünülmektedir.

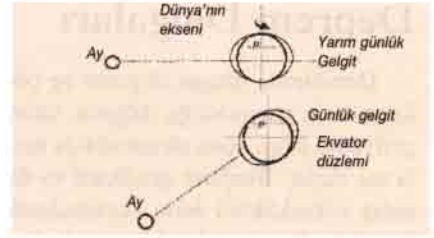
Derin-su dalgalarından elektrik enerjisi elde etme düşüncesi uzun zamandır gündemdedir ve yukarıda ancak bir kaç örneği verilebilen sayılamayacak denli çok sayıda tasarım ve görüş ortaya atılmıştır. Son yıllarda, özellikle Japonya, İngiltere ve İskandinavya'da, küçük çaplı denemelerden sonra, anlamlı büyüklüklerde elektrik elde edecek düzeneklerin yapımı aşamasına gelinmiştir. Şimdilik 1 MW güç düzeyinde 50 m genişliğindeki üretim birimleri üzerinde durulmaktadır. Bu düzenekler, özellikle adalardaki dizel yakıtlı elektrik üreticileri ile yarışabilir ekonomiklidir. Ayrıca, açık denizlerde deniz trafik işaretlerine elektrik enerjisi sağlamada dalga enerjisinden yararlanma üzerinde durulmaktadır.

Dalga enerjisinden yararlanmada öngörülecek tasarımlarda göz önünde bulundurulması gereken noktalar şöyle özetlenebilir:

* Dalga enerjisinden yararlanmak için yapılacak tasarımlarda, dalgaların hız, yön, evre ve genlik düzensizlikleri göz önüne alınmalıdır.

* Yapılacak tasarımlar, olağandışı koşullara karşı dayanıklı olmalıdır. Genelde 50 yılda bir, olağan dalgaların 10 katı genlikli dalgalar ortaya çıkar. Bu durumda, enerji üreten düzeniğin, olağan enerji girişinin yaklaşık yüz katı bir enerji girişiyle baş edebilmesi gerekir.

* Derin-su dalgalarından enerji elde etmede kullanılacak düzeneklerin, bu dalgaların bulunduğu yerlerde deniz dibine bağlanarak yerlerinin değişmez kılınması önemlidir.



* Derin-su dalgaları kıyılarından uzakta bulunduğu için (ölü dalgalar gibi) burada elde edilen enerjinin kıyılarına taşınması ve bunun için seçilecek yöntemler önem taşımaktadır.

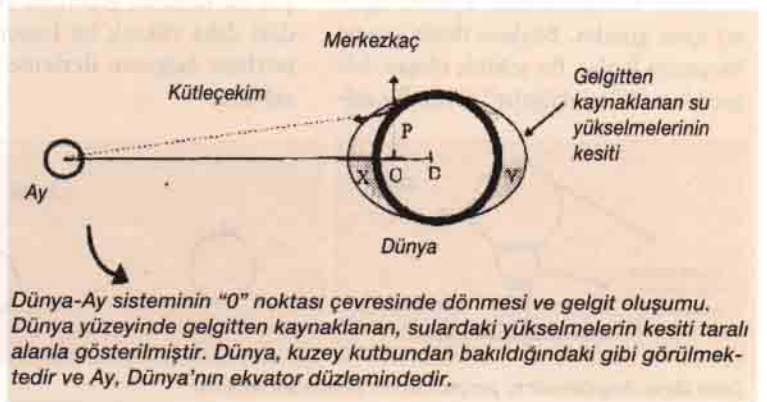
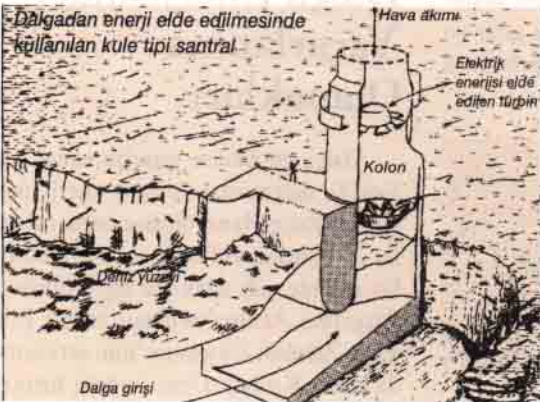
* Dalgaların periyodları genelde 5-10 saniye (sıklık olarak yaklaşık 0,1 Hz) dolayındadır. Elektrik üretiminde istenen bu değerin yaklaşık 500 katı sıklıkların (frekanslar), bu düşük sıklıktan elde edilmesindeki zorluklar aşılmalıdır.

* Dalgadan enerji elde etmek için deniz üstüne konacak aygıt ve düzeneklerin deniz trafiğini aksatmayacak büyüklük ve yapıda olmaları gerektiği gözden uzak tutulmamalıdır.

Gelgit Dalgaları

Gelgit dalgaları, yukarıda açıklanan dalga türünden, hem oluşum nedeni hem de özellikleri açısından farklıdır. Gelgit, Dünya, Ay ve Güneş arasındaki etkileşimden kaynaklanan periyodik bir olaydır. Bu açıdan gelgitten yararlanarak enerji elde edilmesi daha kolaydır. Gelgit, bilimsel olarak incelenerek çözümlenmiş, deneysel verileri Dünya'nın birçok yerinde bilinen temiz ve tükenmez bir kaynaktır.

Bununla birlikte, gelgit bugün yeterli düzeyde yararlanılmayan bir enerji kaynağıdır. Enerji gereksiniminin arttığı, temiz ve tükenmez enerjilere geçişin hızlandığı günümüzde, bu kaynaktan daha çok yararlanmaya yönelineceği açıktır.



Gelgit Olayının Nedenleri

Gelgit olayı, genelde, denizlerdeki günlük yükselme ve alçalmalara verilen addır. Gelgit olayı insanların çok eskiden beri dikkatini çekmiş, bu olayın Ay ile ve Güneş ile ilgisi eskiden beri gözlemlenmiştir. Gelgit olayının matematiksel çözümlemesi çeşitli bilim adamlarınca geliştirilmiştir. Bu tip çalışmalar yapanlar arasında Newton, Laplace ve Kelvin sayılabilir.

Gelgit, başat olarak Ay'ın ve az da olsa Güneş'in, Dünya'yı kütleçekim kuvveti ile çekmesinden kaynaklanmaktadır. Gelgit olayında başat olan Ay'ı göz önüne aldığımızda, Ay ile Dünya, aralarındaki kütleçekim kuvvetinin etkisiyle, ortak bir merkez çevresinde (0 noktası) dönmektedirler. Bu dönmenin merkezi, Dünya'nın merkezinden 4670 km uzaktadır ve dolayısıyla Dünya'nın içindedir (Dünya'nın yarıçapı ~ 6400 km'dir). Dünya-Ay sistemi bu dönüşü 27,3 günde tamamlar. Eğer Dünya'nın tüm kütlesi, Dünya'nın kendi kütle merkezinde toplansaydı, o zaman Dünya'daki bir gözlemciye göre, Dünya'ya Ay'ın etki ettirdiği kütleçekim kuvveti, dönüşten kaynaklanan merkezkaç kuvvet ile dengelenecekti. Oysa, Dünya'nın tüm kütlesi kütle merkezindeki noktada bulunmadığı için, kütleçekim kuvveti ile merkezkaç kuvvetin bileşkesi Dünya'nın her noktasında farklı olmaktadır. Karalar, sulara kıyasla sert ve katı olduklarından bu bileşke kuvvetin etkisi savsanabilir düzeydedir; ancak, bu bileşke kuvvetin etkisi, sulara alçalma ve yükselmelere yol açar. İşte buna da gelgit olayı denir.

Sözgelimi, X noktasında kütleçekim kuvveti, Dünya'nın merkezinden daha büyük ve Ay'a doğru; merkezkaç kuvveti ise Dünya'nın merkezinden daha küçük ve Ay'a doğrudur. Bu kuvvetlerin bileşkesi Ay'a doğrudur. Aynı şekilde Y noktasındaki kütleçekim kuvveti, Dünya'nın merkezinden daha küçük ve Ay'a doğru; merkezkaç kuvvet ise, Dünya'nın merkezinden daha büyük ve dışarı doğrudur. Bu kuvvetlerin bileşkesi yine Dünya'dan dışarı doğrudur.

Aslında bu kuvvetler, Dünya'nın bu noktadaki kütleçekim kuvvetleri ile kıyaslandığında savsanabilecek denli küçük kuvvetlerdir (~ bin kat küçük) ve Dünya'nın kütleçekimi ile aynı doğrultuda ters yönde olduklarından, doğrudan bir etkilerinin gözlenmesi olanaklı değildir. Ancak, Dünya'nın diğer noktaları göz önüne alındığında -sözgelimi P noktası- burada Ay kütle çekimi ile, Ay-Dünya dönüşünden ortaya çıkan merkezkaç kuvvetlerin bileşkesinin Dünya'ya teğet bir bileşeni ortaya çıkar. Bu bileşen küçük olmakla birlikte, bu bileşeni Dünya'nın kütleçekim kuvveti dengeleyemediği için (ancak deniz dibi sürtünmeleri ve su katmanları arasındaki sürtünmeler bu kuvvete karşı koyabilir; bunlar da savsanabilir etkilerdir), sulara X ya da Y noktalarına doğru bir yığılma etkisi ortaya çıkar ki, gelgitte asıl etki buradan kaynaklanır.

Dünya kendi eksenini çevresinde 24 saatte dönmektedir. Ay da "0" noktası çevresinde 27,3 günde döndüğünden, Dünya'nın Ay'a göre bir dönüşü (Ay Günü) 24 saat 50 dakikadır. Buna göre, Dünya üzerindeki gelgit olayı da bir Ay günü süresince -söz gelimi bir P noktası için- iki kez suların yükselip alçalması olarak ortaya çıkar. Buna yarım günlük gelgit (semidiurnal tide) denir.

Şimdiye değin yapılan açıklamalarda, Ay'ın Dünya'nın ekvator düzleminde döndüğü varsayılmıştır. Oysa Ay, Dünya'nın ekvator düzlemiyle 28° yapan bir yörünge düzlemi üzerinde do-



La Rance Gelgit Santrali

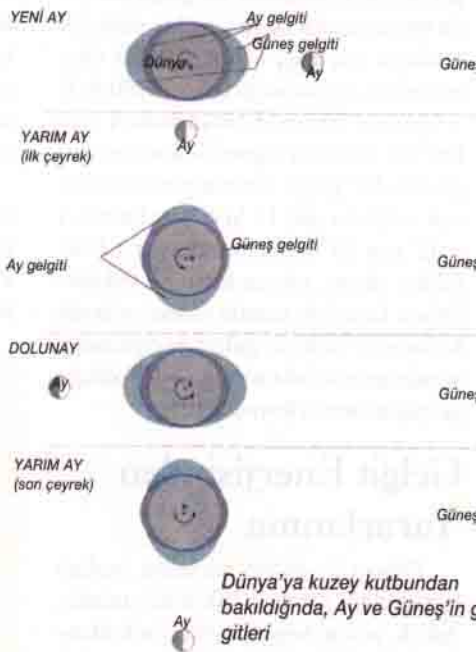
lanmakta olduğundan, bir dolanımda ekvator düzleminde iki kez geçer. Bunun dışındaki durumlarda gelgit yükselmeleri ekvatora göre eşyarlı (simetrik) değildir ve bir kayma gösterirler. Bu nedenle, sulardaki günlük yükselmeler ve alçalmalar eşit olmaz ve uç durumlarda günde bir yükselme ve bir alçalma gözlenir ki, buna da günlük gelgit (diurnal tide) denir.

Gelgit olayına Güneş'in de katkısı vardır. Ancak, bu katkı Ay'ın katkısından 0,46 oranında daha azdır. Güneş'in oluşturduğu gelgitler de, Dünya'nın eğim açısının (23°) Güneş'e göre zaman içinde değişmesi ve Dünya'nın eliptik yörüngesinden ötürü değişimler gösterir. Güneş'in gelgiti ile Ay'ın gelgitinin evreleri zaman zaman çakışır. Buraya değin anlatılanlar gelgit olayının kısa bir fiziksel açıklamasıdır. Gerçekte, gelgit olayı bu yalın açıklamalardan daha karmaşık bir yapıdadır. Bunun temel nedenleri:

i) Büyük su kütlelerinin eylemsizliğinden ötürü, sulardaki yükselmeler Dünya'nın dönüş hızını (1600 km/saat) izleyemez. Bu açıdan, gelgit devinimi Ay'ın devinimini aynı evre ile değil, bir gecikme ile izler;

ii) Ay, Dünya'nın ekvator düzleminde ayrıldıkça gelgit deseni de coğrafyaya göre değişir. Ayrıca, Ay-Dünya uzaklığı değişmez değildir ve zaman içinde, $(4,06 - 3,63) \times 10^7$ m arasında değişir;

iii) Dünya'daki karaların varlığı, şekillerde gösterildiği gibi düzgün bir gelgit yükselmesi ve alçalmasının oluşumunu engeller (Bu olumlu bir etkidir, yoksa çok büyük gelgitler olacaktır);



Dünya'ya kuzey kutbundan bakıldığında, Ay ve Güneş'in gelgitleri



Gelgit çekilme durumu



Kislaya Gelgit Santrali

iv) Gelgit kuvvetlerinden kaynaklanan yatay su yerdeğiştürmeleri Coriolis kuvvetinin etkisiyle sapmalar (kuzey yarıkürede saat ibreleri yönünde, güney yarıkürede bunun tersi yönde);

v) Okyanuslarının taban yapısı (geometrisi) gelgit olayında önemli bir etkidir. Bazı sığ koylarda ve uygun geometrilere gelgit rezonansları oluşabilir ve böylece gelgit etkisi güçlenebilir.

Gelgitten Enerji Elde Etme

Denizlerde gelgit olayı ile oluşan yükselmeler, alçalmalar ve bunların günlük ya da yarım günlük zaman dilimleri içinde sürekli olmaları, bunlardan yararlanarak enerji elde etmemize olanak verir. Bu yükselme ve alçalmalar arasındaki farklar genelde 0,5 m dolayında olmakla birlikte, yukarıda kısaca belirtilen etkilerle, yer yer 10 m'nin üzerine çıkabilir. Bu durumda, denizler kabardığında bir tür kapak ile bu sular hapsedilip, sonra alçalma döneminde akıtılırken bir türbin çevrilebilir ve buradan da elektrik enerjisi elde edilebilir. Hatta, uygun tekniklerle, hem kabarma hem de alçalma dönemlerindeki su akımı ile türbin döndürülerek enerji elde edilebilir.

Suların kabarması ve alçalması gelgit akımlarını oluşturur. Bu akımların hızı, kıyı ve adalararası kanallarda ~ 5 m/s'ye erişir büyüklüktedir. Gelgit akımlarından güç elde etmeyle ilgili kuram, rüzgârdan güç elde edilmesinde kullanılan kurama benzer. Buna göre, bir su akımındaki güç yoğunluğu, su akımı hızının kübü ile ve suyun yoğunluğu ile orantılıdır ($q = \rho v^3/2$). Pratikte bu gücün % 40'ı yararlı başka bir enerjiye (s.g. elektrige) dönüştürülebilir. Gelgit akımlarının hızı değişmez değildir

ve yaklaşık bir sinüs fonksiyonu ile değişir. Buna göre, gelgit akımlarından elde edilecek ortalama güç yoğunluğu (yarım günlük gelgitler için, "12 saat 25 dakika") $q = 0,1 \rho v^3$ olarak bulunur (Burada v, en büyük hız değeridir). Öyleyse, en büyük hızı ~ 5 m/s olan bir gelgit akımının güç yoğunluğu $q = \sim 14 \text{ kW/m}^2$ 'dir ve söz gelimi, 1000 m²'lik bir kesit alanı göz önüne alındığında, elde edilecek güç 14 MW olur.

Diğer yandan, gelgitlerde suların kabardığında uygun şekilde hapsedilmelerinden kaynaklanan enerji, hapsedilen suyun potansiyel enerjisidir. Bu potansiyel enerji, hapsedilen suyun alçalma döneminde geri akışıyla türbini çevirerek elektrik enerjisine dönüşür. Burada önemli nokta, sulardaki yükselmelerin (kabarmaların) zamanla değişim göstermesidir. Bu değişim, yaklaşık bir sinüs eğrisini izler, değişimin yinelenme süresi, yarım Ay ayıdır. Bu nokta göz önüne alındığında, bir gelgit periyodu boyunca akacak sudan elde edilecek ortalama güç $P_{\text{ort}} = \rho A g R^2/2\tau$ olur. Sözgelimi, ortalama gelgit yüksekliği $R = 4 \text{ m}$ olan bir yerde, taban alanı $A = 10 \text{ km}^2$ 'lik bir alana hapsedilen suyun akışından, bir gelgit süresince elde edilecek ortalama güç 17 MW'tir. (Burada $\tau = 12 \text{ saat } 25 \text{ dakika}$ alınmıştır.) Elde edilen gücün, suların kabarma yüksekliğinin karesiyle orantılı olması, yüksek kabarmalı yerlerin gelgit enerjisinden yararlanmada daha uygun yerler olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

Gelgit Enerjisinden Yararlanma

Dünya'da gelgit gücünün toplam büyüklüğü 3 milyar kW dolayındadır. Ancak, bunun hepsi bugün için kullanılabilir değildir. Alçak denizlerde ve eri-

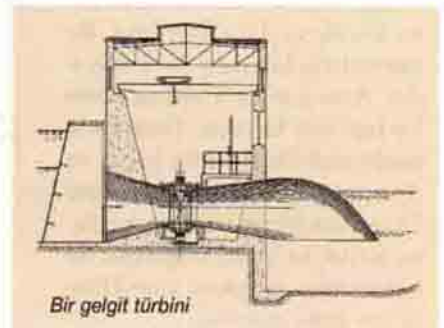
şilebilir alanlardaki yararlanılabilir gelgit gücü büyüklüğü, 1 milyar kW dolayındadır.

Denizcilik ve okyanus bilimindeki incelemeler sonucu birçok kıyıdaki gelgitlerin özellikleri iyi bir şekilde bilinmektedir. Bu açıdan gelgit enerjisi, alt yapı verileri büyük ölçüde çıkarılmış, güvenilir tükenmez enerji kaynağıdır.

Gelgit enerjisinin olumsuz bir yanı, iki haftalık sürelerde hem kabarma yüksekliğinde hem de gelgit akımlarındaki değişimdir. Bu değişimler, gelgitten elde edilen gücün sürekli aynı düzeyde kalmamasına neden olur. Bu açıdan, gelgitten elde edilen elektrik enerjisinin şebekeyle beslenmesi ya da zamanla değişimin önemli olmadığı durumlar için (s.g. su pompalama, akü doldurma, hidrojen gazı üretme gibi) kullanılması daha uygun görülmektedir.

Gelgit enerjisinden yararlanmak için yapılacak baraj ya da setler, suyun hapsedileceği alanlar, gelgittaki su yükseklikleri fazla olmadığı için önemli bir konudur. Büyük hacimlerde su tutabilmek için uygun geometride koylar, dere ağızları ile, bunların önüne yapılacak uzun setler çoğu zaman gereklidir.

Bugün Dünya'da bilinen gelgit güç üretim merkezleri arasında, Fransa'nın kuzey batısında Rance ırmağı ağzında kurulu 10 MW'lık La Rance Gelgit Santrali (Bu santral 1966'dan beri yılda



Bir gelgit türbini

550 x 10⁶ kW-saat elektrik üretmektedir.). Birleşik Devletler Topluluğu'nda Kızıl Deniz Körfezi'nde 1970'lerde kurulan 400 kW'lık santral sayılabilir.

Teknik ve ekonomik açıdan gelgitten elektrik enerjisi elde etmede ortalama su yüksekliğinin 5 m ve daha yüksek olması istenir. Dünya'da, Kuzey Amerika, Güney Amerika, İngiltere, Fransa, İrlanda, Birleşik Devletler Topluluğu ve Avustralya'da ortalama gelgit yüksekliği 5-10 m arasında olan bölgeler bulunmaktadır. Bugün birçok gelgit alanında enerjiye dönük çalışmalar sürdürülmektedir. Özellikle, alçak su yüksekliklerinde verimli çalışan türbinlerin geliştirilmesi de bu çalışmaların içindedir. Çok eskilerden beri bilinen ve eskiden o günün teknolojisi ile değirmen çalıştırmak için kullanılmış olan gelgit enerjisi, bugünkü teknolojik olanaklarla elektrik enerjisi elde etmede, temiz ve tükenmez bir enerji kaynağı olarak insanlığın önünde durmaktadır.

Akıntılar

Akıntıları temelde ikiye ayırabiliriz. Rüzgârların oluşturduğu kısa süreli akıntılar ve sürekli akıntılar. Bunların dışında, yukarıda açıklanan gelgit akıntıları da bir akıntı türüdür. Kısa süreli akıntılar, rüzgârların etkisiyle denizüstü sularının sürüklenmesi ve denizaltı su katmanlarına da bu etkinin aktarılmasıyla oluşurlar. Dünya'nın dönmesinden kaynaklanan Coriolis etkisiyle bu akıntılar, rüzgâr yönüyle yaklaşık 45° yapacak şekilde kuzey yarıkürede sağa, güney yarıkürede sola yönelerek akarlar. Bu tür akıntılardan enerji elde edilmesi, bugün için üzerinde durulan bir konu değildir.

Okyanuslardaki sürekli büyük akıntılar, temelde rüzgârların etkisiyle oluşurken, tuzluluk farkları, sıcak soğuk su farkları bu akıntılarının yönelmelerinde etkili olurlar. Sözgelimi Gulf Stream

akıntısına giren suların büyük çoğunluğu, kuzeydoğu alizelerince Atlas Okyanusu üzerinden batıya sürüklenen suların oluşur. Akıntılardan enerji elde edilmede uygulanacak yöntemin temelinde, bu akıntı içine yerleştirilip belli bir yerde konumu değişmez olarak tutulabilecek bir türbinden elektrik enerjisi elde edilmesi yatmaktadır. Akıntı yollarında ortaya çıkan mevsimlik kaymalar bu konuda karşılaşılan zorluklardandır. Sürekli akıntılarının içinde ülkemiz için önemli bir akıntı, Boğazlar'daki, tuzluluk farkından kaynaklanan akıntıdır. Bu akıntıdan enerji elde etmek için yıllar önce tasarımlar yapılmış ancak, bu tasarımlar gerçekleştirilememiştir.

Okyanuslarda Düşey Sıcaklık Farkından Yararlanma

Okyanuslar, Dünya'nın en büyük güneş enerjisi toplacılarıdır. Okyanus yüzeylerinde soğurulan güneş enerjisi sonucu, yüzey suları ile dip suları arasında 20°C'ye varan sıcaklık farkları doğmaktadır. Okyanusların büyük su kütleleri olduğu düşünülürse, bu iki farklı sıcaklıktaki büyük ısı depolarından (dip suları ve yüzey suları) enerji elde etmede yararlanmak olanaklıdır. Temelde uygulanan yöntem, sıcak kaynak ile soğuk kaynak arasında çalışan bir ısı makinesi kullanılmasıdır. Isı makinesi ile bir türbin çevrilip bundan elektrik enerjisi elde edilir. Bu yöntem okyanus-ısı-elektrik enerji dönüşümü yöntemi olarak adlandırılabilir.

Termodinamik yasalarından hesaplanan ısı makinesinin çıkış gücü, sıcaklık farkının karesiyle orantılı olduğundan, sıcaklık farkı 15°C'nin üzerinde olan bölgeler ekonomik olarak bu yöntemin uygulanmasını çekici kılmaktadır. Ayrıca, mevsimlik sıcaklık farklarının oluş-

maması da uygulamada önemlidir. Bu koşullara uygun bölgeler, genellikle tropik kuşakta yer almaktadırlar.

Okyanuslardan bu yöntemle enerji elde etmede kullanılan ısı değiştirgeçleri (eşanjör) ve ısı makinelerinin mühendisliği iyi bilindiğinden, bu konular da fazla bir sorun bulunmamaktadır. Uygun bölgelerde sınırlayıcı tek koşul, kullanılacak bu aygıtların büyüklüklerinin seçimidir. Genelde, daha büyük sistemler daha ekonomik olmaktadır, ancak bunların mal oluşları da görece olarak yükselmektedir. Bu yöntemle enerji elde edilmesinde karşılaşılan zorluklar, bu sistemlerin okyanus üzerinde kurulmaları ve buradan elde edilen enerjinin kıyıya aktarılmasıdır. Bununla birlikte, kıyıları çok derin olan bazı uygun bölgelerde bu sistemler kıyıya da kurulabilmektedir. Sözgelimi, Tokyo Elektrik Güç Servisleri Şirketi'nin 1981'de Nauru'da kurduğu 100 kW'lık santral kıyıya kurulmuştur. Dip sularına, kıyından denize uzanan bir boru ile ulaşılmaktadır.

ABD'nde 400 MW'lık yüzer platformlu bir tasarım üzerinde çalışılmaktadır. Bu tür kıyından uzak santrallardan kıyıya, yüksek gerilimde elektrik enerjisi taşımak pahalı bir uygulama olduğu için, başka yöntemler de öngörülmektedir. Sözgelimi, elde edilen enerjinin hidrojen gazı olarak depolanması ya da başka kimyasal depolama yöntemlerinin uygulanabilirlikleri üzerinde çalışılmaktadır.

Deniz ve okyanuslardan, bir ısı pompası aracılığıyla ısıtma ve soğutma amacıyla da yararlanılabilir.

Yukarıda, olabildiğince kısa bir özet verilen Dünya'nın su kaynaklarından enerji elde edilme yöntem ve olanaklarının, günümüz enerji istemine katkıları gün geçtikçe artmaktadır. Herleyen teknolojik olanaklarla 21. yüzyılda bu yeni, temiz ve tükenmez kaynakların kullanımına dönük uygulamaların insanlığın giderek artan enerji isteminde önemli oranda artarak, bugünkü düzeylerin çok üstüne çıkması kaçınılmazdır.

Demir İnan

Prof.Dr. H.C. Fizik Mühendisliği Bölümü

Kaynaklar

- Twidell, J.W. Weir, A.D. *Renewable Energy Sources*, E&F.N.Spon Ltd, 1986.
Editor Gray, T.J. Gashus, O.K. *Tidal Power*, Plenum Press, 1972.
McGowan, L.B. Becker, J.O.M. *How to Obtain Abundant Clean Energy*, Plenum Press, 1980.
Waves, Tides and Shallow Water Processes, Prepared by an Open University Course Team, Pergamon Press, 1989.





bu bahar
~~bu yaz~~
mustang jeans:



MUSTANG JEANS SHOP'LAR:

•ADANA (322) 458 19 94 •ALANYA (242) 512 77 81 •ANTALYA (242) 247 77 70
•ESKİŞEHİR (222) 221 29 92 •GÖLCÜK (262) 413 22 04 •İSTANBUL BAĞDAT CADDESİ (216) 385 17 44 BAKIRKÖY (212) 572 24 17 BEYAZIT (212) 638 28 97 PENDİK (216) 354 18 18 •İZMİR KEMERALTI PLAZA (232) 489 72 92 KONAK (232) 425 39 08

MUSTANG JEANS CORNER'LAR:

•ADANA KADIRLI(322) 718 75 64 •OSMANIYE (322) 814 20 64 •ADAPAZARI (264) 274 42 87
•ANKARA ETLİK (312) 321 00 73 KIZILAY (312) 433 57 25 POLATLI (312) 623 57 16 •ANTAKYA (326) 613 47 99 •ANTALYA (242) 248 11 17 BELEK (242) 722 38 23 KEMER (242) 814 52 98 FİNİKE (242) 855 18 09 KUMLUCA (242) 887 22 90 MANAVGAT (242) 746 22 73 SİDE (242) 753 36 25 TEKİROVA (242) 872 09 23 TİTREYENGÖL SİDE (242) 756 92 33 •AYDIN NAZİLLİ (256) 312 15 65 •BALIKESİR (266) 243 56 46 AKÇAY (266) 384 12 95 ALTINOLUK (266) 396 62 67 EDREMIT (266) 373 29 61 •BANDIRMA (266) 718 39 48 •BURSA ALTIPARMAK (224)222 01 72 GEMLİK (224) 514 37 00 / 5 HAT GÖRÜKLÜ (224) 255 91 26 HEYKEL(224) 222 94 09 İNEGÖL (224) 715 23 52 • ÇANAĞKALE (286) 217 56 40 •ÇERKEZKÖY (282) 726 86 88 •DENİZLİ (258) 264 62 41 •DİYARBAKIR (412) 223 90 89 •EDİRNE (284) 212 57 41 •ERZURUM (442) 218 52 90 •GAZİANTEP (342) 230 22 21 •GİRESUN (454) 216 44 48 •İSPARTA (246) 223 43 05 •İSKENDERUN (326) 613 41 87 •İSTANBUL

MUSTANG

JEANS

AVCILAR (212) 694 32 26 BAKIRKÖY (212) 572 87 07 HUZUR (216) 344 65 41 İNCİRLİ (212) 660 09 59 BEŞİKTAŞ (216) 259 90 87 BOMONTI (212) 224 92 65 BOSTANCI (216) 362 12 78 CAPITOL (216) 391 19 68 / 69 FATİH (212) 532 67 29 FIKIRTEPE (216) 348 80 68 GÜNGÖREN (212) 575 04 30 K.M.PAŞA (212) 585 32 99 KADIKÖY BAHARİYE (216) 414 15 33 KARTAL (216) 374 49 25 KÜÇÜKYALI (216) 388 31 15 NİŞANTAŞI (212) 234 46 87 SAHRAYICEDİT (216) 386 33 53 SULTANHAMAM (212) 519 08 99 ÜMRANİYE (216) 328 66 57 ÜSKÜDAR (216) 310 03 53 YALOVA (216) 814 10 83 YENİBOSNA (212)503 69 66 ZEYTİNBURNU (212) 547 26 88 •İZMİR ALSANCAK (232) 421 85 36 BORNOVA (232) 373 51 71 KARATAŞ (232) 425 35 09 KARŞIYAKA (232) 369 64 42 KEMERALTI (232) 483 98 42 KONAK (I) (232) 425 70 68 KONAK (II) (232) 425 39 08 MENEMEN (232) 832 14 74 ŞİRİNYER (232) 448 80 98 •KAYSERİ (I) (352) 231 20 29 •KAYSERİ (II) (352) 222 69 64 •KEŞAN (284) 714 75 80 •KIRKLARELİ (288) 214 07 93 •LÜLEBURGAZ (288) 417 80 85 •MALATYA (422) 321 82 62 •MANİSA AKHİSAR (236) 414 44 40 MANİSA (236) 231 92 80 •MERSİN (324) 232 15 86 •MUĞLA BODRUM (252) 316 84 91 FETHİYE (252) 614 11 16 MARMARİS İÇMELER (252) 455 25 04 MUĞLA (252) 214 83 20 •NEVŞEHİR (384) 212 62 90 •NİĞDE (388) 213 48 52 •ORDU (452) 223 42 98 •SİVAS (246) 224 21 67 •TEKİRDAĞ (282) 260 01 21 - 262 93 78 •TRABZON (462) 321 27 26 •UŞAK (276) 215 26 32 •ZONGULDAK KARABÜK (372) 424 13 51