

Elektrik Üreten Değirmenler Rüzgâr Santralleri



Ünlü roman kahramanı Don Kışot'un dev sanıp saldırdığı yel değirmenleri, buhar gücüyle ya da benzinle çalışan araçların kullanılmaya başlamasıyla modası geçmiş, günlük yaşamdan silinip gitmişti. Ancak bu rüzgâr enerjisinden vazgeçildiği anlamına gelmiyordu. Kömür ya da petrol gibi fosil yakıtların yol açtığı kirlenme ve kaynaklarının sınırlı oluşu çeşitli enerji kaynaklarını yeni seçenekler haline getirdi. Nitekim yenilenebilir ve temiz enerji dendiğinde akla gelen rüzgâr enerjisi de bu yeni seçenekler arasında yer alıyor.

RÜZGÂR, insanoğlunun yaşamını yüzyıllardır etkiliyor. Rüzgâra gem vurma, onu yararlı bir enerjiye dönüştürme çabalarıysa yüzyıllardır çeşitli biçimlerde gerçekleştiriliyor. Rüzgârın, insana yararlı bir işte kullanılması denince akla gelen yel değirmenleri oluyor ister istemez. Esen yelin etkisiyle dönen kanatlarıyla buğdayı, çavdarı, arpayı öğüten değirmenleri kim unutulabilir ki?

Bunlar özellikle 12. yüzyıldan 19. yüzyılın başına değin Avrupa'da yaygın şekilde kullanıldı.

Günümüzde artık çevremizde yel değirmenlerine rastlamıyoruz sıklıkla. Rastladıklarımız kırsal alanlarda kalmış, çoğu da turistik amaçlı kullanılan yel değirmenleri. Bir zamanlar yaygın olarak kullanılan düşey çarklı yel değirmenlerinde kanatlar, yatay bir milin çevresine yerleştirilir ve hareket genellikle ahşap bir dişli donanımı saye-

sinde iletilirdi. Çarkı oluşturan kanatlar milin üzerine kendilerine çarpan rüzgârın biri mil eksenine dik, diğeri paralel iki kuvvet bileşeni olacak biçimde belli bir açı, sözgelimi mil eksenine dik olan düzlemlerle 5-15 derece verilerek ya da uçak pervanelerinde olduğu gibi uca doğru hafifçe burularak yerleştirilirdi. Bu iki kuvvet bileşeninden çark düzlemi üzerinde oluşan mile dik kuvvet dönme hareketini gerçekleştirir.

Rüzgâr enerjisi insanın yararlandığı ilk enerjilerden biri olmuştur. Belki de ilk kullanılışı harman yerinde buğdayı samandan ayırmak şeklindeydi. Bu enerjiden yararlanmada karşılaşılan en büyük güçlük rüzgârın yön ve şiddetinin çok değişken düzensiz olmasından kaynaklanır. Yine de bu enerji çok sayıda Avrupa ülkesinde ve ABD'de kapsamlı araştırma konuları şeklinde gündeme girmektedir.

Rüzgâr enerjisi dolaylı olarak güneş enerjisinden kaynaklanır. Böyle olduğu için de güneş enerjisinin özelliklerini taşır: tükenmez, yayınlık ve kesikli bir enerji türüdür. Kullanımının avantajları olduğu gibi sakıncalı yanları da vardır. Çok fazla yer işgal eder ve gürültülüdür. Buna karşılık ısı ya da kimyasal kirlilik yaratmaz.

Rüzgâr motoru genel olarak çok az biçim değiştirmiştir. Bir direğin tepesine yerleştirilen ve rüzgârla çalışan pervane ya da rotor, dişlilerden oluşan hız yükseltici ve düşürücü bir sistemi harekete geçirir. Üretilen enerji su pompalama gibi işlerde doğrudan kullanılabilir ya da aerogeneratör denilen elektrik üreteçlerinde elektrik enerjisine dönüştürülür.

En verimli ve en çok kullanılan rüzgâr motorları yatay eksenli olanlardır. Çapı 1 m-75 m arasında değişen rotor, sayısı birle üç arası değişen "pala"larla donatılmıştır. Rüzgâr doğrultusunda yönlenmesini bir rüzgârgülü'nün kumanda ettiği bir servomekanizma sağlar. Aerojeneratörlerin gücü 100 W ile birkaç MW arasında değişir.

Rüzgâr enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren sistem, çevredeki engellerin rüzgârı kesemeyeceği yükseklikte bir kule, bunun üzerine yerleştirilmiş gövde ve gövdeye bağlı rotordan oluşur. Kulenin yüksek olması, ayrıca yeryüzüne yakın rüzgâr profilinin yüksek



hızdaki kısmını kullanmaya yarar. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik işe çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak, gövdedeki jeneratöre aktarılır. Gövde içinde çeşitli kontrol düzenleri de bulunur. Elektrik üretimine yarayan bu makine rüzgâr jeneratörü (aerogeneratör) adıyla anılır.

Rüzgâr enerjisi her zaman elektrik üretmek amacıyla kullanılmaz. Kimi zaman su pompalama örneğinde olduğu gibi doğrudan da kullanılabilir. Dağıtım şebekesiyle bağlantılı olarak ya da olmaksızın elektrik üretiminde de kullanılan rüzgâr enerjisi konusunda ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde bünyeli programlar yürütülmektedir.



dünya çapında kullanılan rüzgâr enerjisi, enerji gereksiniminin yalnızca % 1'ini karşılamaktadır. Bununla birlikte hızla artan kapasitesiyle rüzgârdan elde edilecek enerji yakın gelecekte enerji gereksinimini karşılayacak ciddi bir kaynak halini alabilir.

Günümüzde rüzgâr santralleri karalarda olduğu kadar denizlerde de kurulmaktadır. Karadan denize geçiş ilk uygulamalarla teknik alanda başarılı olmuş ve ticari uygulamaları da gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte daha gelişkin sistemler için AR-GE çalışmaları sürmektedir.

Deniz üstü rüzgâr enerjisi ile ilgili ilk çalışmalar 1970'li yılların sonuna doğru Danimarka, Hollanda, İsveç, İngiltere ve ABD'de başlamıştır. 1980'li yılların başında bu çalışmalar uluslararası Enerji Ajansı (IEA) bünyesinde yürütülmüştür. İlk deniz üstü "rüzgâr çiftliği" Danimarka'da Loland adası yanında kurulan Vindeby rüzgâr çiftliğiydi. Bu çiftlikte 5 MW'lık enerji üretilebiliyordu. 1991 yılı ortalarında işletmeye açılan çiftlik, Danimarka Enerji Bakanlığının 100 MW'lık projesinin bir bölümünü oluşturuyordu.

Avrupa'da 1995-1997 yılları arasında kapasitesi 12 MW olan rüzgâr santralleri kuruldu. Bu santrallerin kapasitesi artırılmaya çalışılıyor. Sözgelimi İngiltere'de deniz üstü tesisler için 50-120 metre rotor çapı olan türbinler tasarlanmışlardır. İngiltere'nin doğu kıyısında, Inner Dowsing adı verilen bölgede karaya 5 km uzaklıkta yapılması planlanan bu santralda hedef 1.4 MW gücünde 9 türbin kurup 12.6 MW enerji üretmektir.

1998 yılında rüzgâr enerjisi üretimindeki artışın birincisi 790 MW'la Almanya oldu. Böylece Almanya rüzgâr enerjisi kapasitesini 2875 MW'a çıkarmış oldu. Bu miktar 1980'li yıllarda dünyada rüzgâr enerjisi kapasitesinde birinciliği elinde tutan ABD'nin iki misli anlamına geliyor. Benzer bir artışı yaşayan ülkelerden bir diğeri de Danimarka. Danimarka, tesislerine geçtiğimiz yıl 235 MW güç ekleyerek toplam rüzgâr enerjisi kapasitesini 1350 MW'a çıkardı. Bu artışla birlikte ülkenin enerji gereksiniminin % 8'ini rüzgâr enerjisi yoluyla

Dünyada Rüzgâr Enerjisi Kullanımı

1990'larda rüzgâr enerjisi dünyanın en hızlı gelişen enerji kolu oldu. 1990 yılında dünyada kurulu rüzgâr gücü 2160 MW iken, bu değer 1997 sonunda 7500 MW'ı aşmıştır. Bu rakamlar içinde Avrupa'nın kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi 4425 MW olmuştur. Çevreci politikaların da etkin hale gelmesiyle 1998 yılında dünya genelinde kullanılan rüzgâr enerjisine 2100 MW'lık yeni bir kapasite eklenmiştir. Bu bir rekordu; fakat yeni bir rekor olmasının yanı sıra bir önceki seneden % 35 daha fazla rüzgâr enerjisi kapasitesi demektir. Bugün tüm dünyada rüzgâr enerjisi kapasitesi Aralık 1997'den bu yana % 26 artarak 9600 MW'a ulaşmıştır. Yine de yaşanan bütün gelişmelere karşın



karşılabilir bir konuma geldi. Danimarka, rüzgâr enerjisindeki deneyimini teknoloji üretimi için de kullanıyor. Kendi enerji gereksiniminin % 8'ini rüzgâr yoluyla karşıladığı gibi dünyada rüzgâr jeneratörleri üretiminin de aslan payını elinde tutuyor. Sözgelimi 1998 yılında dünyada üretilen ve çeşitli ülkelere yerleştirilen jeneratörlerin yarısından çoğu Danimarka'da üretilmiş.

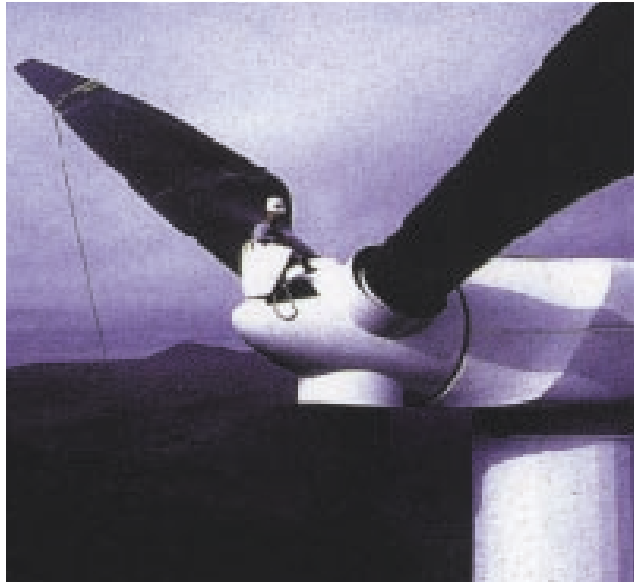
Avrupa birliği günümüzde yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine yönelik Thermie ve Joule adlı iki program yürütüyor. Bu programların sonucu olarak 2005 yılında Avrupa'da kurulu rüzgâr gücünün 12 000 MW'a ulaşması hedeflenmiştir. Şimdi bu hedefin aşılması bekleniyor. Bu rüzgâr santrallerinin bir bölümünün deniz üzerinde kurulması düşünülmektedir. Sözgelimi Danimarka, gelecek 30 yılda deniz üstü rüzgâr santrallerinin kurulu gücünü 4000 MW'ın üzerine çıkarmayı hedeflemektedir. Danimarka 2005 yılında deniz üstünde 500 türbin kurmayı deniz üstü kurulu gücünü 4000 MW'ın üzerine çıkarmayı hedeflemektedir.

Petrol, kömür gibi fosil yakıtların gittikçe azalması, ayrıca bunların doğal olarak kirliliğe yol açması rüzgâr enerjisi gibi alternatif kaynakların giderek daha çok öne çıkmasına neden oluyor. Bu güçten yararlanan ülkeler yalnızca gelişmiş ülkeler değil. Gelişmekte olan ülkeler de bu kaynağın farkında ve bu alanda çalışmalar yapıyorlar. Üçüncü dünya ülkeleri arasında Hindistan rüzgâr enerjisi alanında çalışmalarıyla başı çekiyor. Hindistan'ın kullandığı rüzgâr kaynaklı elektrik enerjisi genel gereksinimin %1'inden azını karşılasa da, 900 MW'lık kapasitesiyle oldukça önemli bir rakam.

Bir enerji şebekesinin güvenilir şekilde beslenmesinde en önemli ilke rüzgâr hızının yüksek olduğu yörelerde büyük rüzgâr türbinleri kurarak, gerekli gücü ekonomik biçimde elde etmektir. Bu nedenle bazı bilim adamları, deniz rüzgârı enerjisi kümelerini savunmaktadır. Bu öneriye göre kıyı sularında denizden esen



bütün rüzgârları alacak rüzgâr türbini kümeleri kurmak gereklidir. Yapılan hesaplar 1 MW'lık 400 türbin alacak 100 metre karelik bir deniz alanının, 420 000 kişilik bir kentin elektrik gereksinimini karşılayabileceğini göstermektedir. Ne var ki bu alanda rüzgârın esmediği günler için enerji depolama sorunu vardır. Sorun için en iyi çözüm olarak suyun büyük çapta elektrolizi önerilmiştir. Suyun elektrolizi yoluyla elde edilen hidrojen depolanabilir ve enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu yolla elde edilecek enerjiye denizden karaya enerjinin iletecek kablolar yerine, gemilerle taşınmaya gereksinimi vardır. Elektroliz gerek karada gerekse denizde kullanılan rüzgâr türbinlerinin enerjisi kesikli üretmesinden kaynaklanan depolama sorununa getirilen çözümlerden yalnızca biridir. Enerji fazlasını akümülatörlerde depolamak doldurmak ya da ana şebekeyi rüzgâr estiği süreç beslemek diğer yollardır.



Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kullanımı

Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi 6000 ile 7000 kWh olarak değişiyor. Türkiye'de bu rakam, yaklaşık 1700 kWh/yıl'dır. Bu enerjinin daha da artırılması ve artan gereksinimi karşılayabilecek düzeye gelmesi için Türkiye'nin yenilenebilir enerjiler konusuna ilgi göstermesi kaçınılmazdır.

Türkiye'nin rüzgâr enerjisiyle ilgilenebilir başlaması büyük ölçüde 1990'lı yılların ortalarına rastlar. Türkiye'nin bir enerji darboğazına gireceği, bunun için de yenilenebilir enerji kaynaklarına gereksinimi olacağı düşüncesiyle birlikte rüzgâr jeneratörlerinin devreye girmesine yönelik çalışmalara başlandı.

Rüzgâr enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre daha avantajlı olması, son yıllarda EİE idaresinin ve birçok özel sektör kuruluşunun yapmış olduğu ölçüm çalışmaları ile ortaya çıkan yararlanma potansiyelinden anlaşılmaktadır. Bu durum ve rüzgâr enerjisi konusunda teknolojik gelişmeler Türkiye'de de rüzgâr enerjisinden yararlanmaya yönelik ortamı hazırlamıştır. Bunun sonucu olarak birçok özel kuruluşu çeşitli rüzgâr potansiyeli belirleme ve olabilirlik çalışmaları yaparak rüzgâr santrali kurup işletmek için enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına başvurmuştur.

Bugün Türkiye'de hâlen işlemekte olan ilk rüzgâr çiftliği 1998 yılının Şubat ayında Çeşme ilçesine bağlı Germiyan köyünde kuruldu. Herbiri 500 kW olan üç türbini bulunan bu santrale daha sonra bir ikincisi eklendi.

Bilinmesi Gerekenler

Rüzgâr enerjisi bakımından denizler karalardan daha elverişlidir. Rüzgâr santrallerinin kurulacağı yerlerdeki ortalama rüzgâr ve saatlik rüzgâr hızlarına ilişkin bilgiler genellikle



Petrol, kömür gibi fosil yakıtların gittikçe azalması ve çevre kirliliğine neden olması rüzgâr enerjisini yeniden gündeme getirdi.

meteoroloji istasyonlarında bulunur. Planlama aşamasında rüzgâr atlasları ilk başvuru kaynakları olmaktadır. Rüzgâr atlası, yer yüzeyinden 10 m yükseklikte yer yüzeyinde ölçülmüş rüzgâr hızı ve yönüne ilişkin yeterli süre ve sayıdaki meteoroloji istatistiklerinin özel bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda elde edilen istatistiklerdir. Ancak rüzgâr santrallerinin kurulması için rüzgâr atlasları yeterli değildir. Santrallerin kurulacağı yerin seçiminde başka bazı özel çalışmalara da gerek duyulmaktadır. Yer seçimi konusunda çevrenin doğal yapısı yol gösterici olabilir. Sözgelimi, seçilen yerde ağaç ve çalılar varsa bunlar öngörülen baskın rüzgâr yönü hakkında belli ipuçları verir. Bir diğer göstergeyse ise rüzgâr erozyonudur. Rüzgârın zaman içinde oluşturduğu aşınma önemli veriler sağlayabilir.

Rüzgâr santrallerinin kurulacağı yerlerde yerel rüzgâr potansiyelini daha güvenilir şekilde belirlemek için herhangi bir ölçüm sistemi kurmadan önce meteorolojik ve topografik inceleme sonucunda rüzgâr potansiyelinin yüksek olabileceği beklenen yerlerde belli ölçüler dikkate alınır daha başarılı olunacaktır. Bu ölçüler arasında sürekli rüzgâr alan, yağışlı ve uzun vadiler, şiddetli jeostrofik rüzgâr alanlarındaki yüksek, engebesiz tepe ve platolar ve şiddetli rüzgâr alan kıyı şeritleri yer alır.

Rüzgârdan ne kadar elektrik elde edileceği tümüyle santralin kurulacağı yere bağlıdır. 1 MW kurulu güçteki bir santral, yıl boyu kesintisiz ve yeterli rüzgâr alabilirse, 8760 MWh enerji üretecektir. Gerçekte üretebileceği ise bunun çok altında, sözgelimi % 25'i kadardır. Bu orana ortalama

kapasite faktörü denir. Ortalama kapasite faktörü Türkiye'de de olduğu gibi % 30 dolayındadır. Yeri iyi seçilmiş ve özenle kurulmuş bir rüzgâr santralinde 600 kW'lık bir türbin yaklaşık 1000-1500 ailenin enerjisini üretebilir. Ancak bu sayı santralin yerine ya da ailelerin kullandığı enerji miktarına göre değişebilir.

Rüzgâr enerjisi üreten jeneratörlerin maliyetleri de giderek düşmektedir. Sözgelimi 1981 yılında karada kurulan bir rüzgâr türbininde, birim kurulu güç maliyeti 4000 \$/kW iken günümüzde bu rakam 900 \$/Kw'a düşmüştür.

Rüzgâr santrallerinin bazı dezavantajları olduğu ileri sürülüyor. Ancak bunların çok da büyük sorunlar olmadığı görülmektedir. Sözgelimi bir rüzgâr santrali diğer enerji santrallerinden çok daha fazla yer kaplayabilir. Bununla birlikte 20 türbinden oluşan bir rüzgâr santrali yaklaşık 1 kilometrekare alana kurulabilir. Bu alanın yaklaşık olarak yalnızca



%1- 1.5'lük kısmı türbinlerin oturacağı alandır. Türbinlerin bu kadar az yer tuttıkları halde geniş bir alana yayılmaları birbirlerinin rüzgârlarını engellemek içindir. Türbinlerin oturduğu alanların dışında kalan rüzgârı engelleyecek yapılar kurulmadığı sürece tarımsal alan ya da hayvancılık alanı olarak kullanılabilir. Rüzgâr santralleri için ileri sürülen gürültü kirliliğinin de çok yüksek miktarda olmadığı bilinmektedir. Aerodinamik gürültü hava içinde dönen kanatların hızına bağlı olarak artar. Gürültü etkisi, topografik ve yerleşim bölgelerinin yakınındaki yerlere özen gösterilerek yerleştirilmesi sonucu azaltılabilir. Rüzgâr santrali içindeki ses geliştirilmiş türbinlerin bulunduğu ortamda 80 dB'dir. Bu sayı fısıltılı konuşmada 30 dB, trafikte 80-90 dB arası, bir rock konserinde de 120 dB'dir. Rüzgâr santralleri ile yerleşim birimleri ve konutlar arasındaki mesafenin 500 m'den az olmamalıdır. Bu uzaklık doğal gürültü koruması sağlamaktadır. 500-600 kW'lık bir rüzgâr türbininden 200 m uzaklıktaysa gürültü düzeyi yaklaşık 45 dB'e düşer.

Rüzgâr enerjisinden yararlanma ve rüzgâr jeneratörleri kurma düşüncesi dünyada gittikçe yayılıyor. Yalnızca gelişmiş ülkelerin değil, üçüncü dünya ülkelerinin de artık sıcak baktığı bir kaynak rüzgâr enerjisi. Dünya çapında da geleceğe yönelik rüzgâr enerjisi santrali projelerinin gittikçe arttığı bir gerçek. Temiz bir enerji düşünüldüğünde, yenilenebilir olması istendiğinde akla gelen rüzgâr enerjisi, gelecekte de varlığını sürdürecektir gibi görünüyor. Ülkelerin enerji gereksiniminin önemli miktarını yenilenebilir enerjilerin karşıladığı günler gelirse şaşırılmayalım. Çünkü rüzgâr, projeleri alıp götürmüyor, aksine bir kez daha insanlığın hizmetine, hem de eskisinden çok daha etkili bir biçimde giriyor.

Gökhan Tok

- Kaynaklar**
 Karadeli, S., Rüzgâr Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı, 1999
 Jamieson, P., Quarton, D., Technology Development for Offshore Wind, Renewable Energy World, May, 1999
 Flavin, C., A Force to be Reckoned With, Renewable Energy World, March, 1999
 Hamm, H., Koydl, N. J., Strommarkt im Wandel, Natur & Kosmos, Juli, 1999
 Ültanır, M. Ö., Denizde Kurulan Rüzgâr Santralleri, Uzman Enerji, Eylül, 1998
 Rüzgâr Santralleri ve Türkiye, Uzman Enerji, Eylül, 1998