

Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Rüzgâr Enerjisi

Çevreye duyarlılık ve enerji gereksinimi günümüz insanını artık çok daha yakından ilgilendiren bir konu haline gelmiştir. İnsanın konfor gereksinimi artarken buna bağlı olarak enerji kullanımı da artıyor. Artan enerji talebi, çevreye daha az zarar veren kaynaklara yönelerek ve mühendislik açısından daha az enerji tüketen ürünlerin üretilmesiyle karşılanmak durumunda. Oldukça ekonomik ve teknolojik açıdan da gelişmiş yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgâr, bu alanda öne çıkan alternatiflerden biri...





Yatay eksenli rüzgâr türbini

Dünya Rüzgâr Enerji Kurumu (WWEA) raporuna göre 2008 yılı sonu itibari ile 121.190 MW'lık rüzgâr enerjisi santrallerinden elde edilen 260 TWh'lık elektrik tüm dünya elektrik tüketiminin %1,5'ine eşdeğerdir. Rüzgâr enerjisi, gelişimi ve yarattığı ekonomik imkânlarla en dinamik enerji kaynağı durumundadır. 2008 yılında 440.000 kişiye iş imkânı sağlamış ve 40 milyar avro ciro yaratmıştır. 2020 yılında kurulu gücün 1.500.000 MW'a ulaşması bekleniyor. Bugünkü elektrik tüketimi göz önünde bulundurulursa 2020 yılında elektrik tüketiminin %18'inin rüzgârdan karşılanacağı rahatlıkla öngörülebilir.

Türkiye'de duruma bir göz atmak gerekirse 2007 sonu itibari ile 225 MW'lık kurulu güç bulunuyor. 2012 yılı sonunda toplam kurulu gücün 1.800 MW'a ulaşacağı tahmin ediliyor.

Rüzgâr enerjisi sektörü, teşviklerin rolünün büyük olduğu bir sektördür. Örneğin A.B.D'de rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik enerjisine sağlanan vergi kredi teşvikinin sağlandığı 2001-2003 yıllarında her yıl 1.600 MW'lık yeni bir tesis ilave olurken, teşvikin olmadığı 1995-1998 yılları arasında ve 2000'de bu artış 200 MW'ın altına düşmüştür. Türkiye'de de yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerjiye çeşitli teşvikler veriliyor; fakat bunlar başı çeken ve yerel teknolojilerini geliştirmiş diğer ülkelerle karşılaştırıldığında yeterli olmayan teşviklerdir. Her şeyden önce yerel üretimden sağlanan gerinin işgücü istihdamına, yerel teknolo-

jilerin gelişmesine katkıları düşünülerek, uzun vadeli bir plan yapılarak bu sektörde iç talebin ve dış talebin ne olabileceği belirlenmelidir. Bu talebin ne kadarlık bir kısmının yerli sanayi ile karşılanmasının uygun olacağına karar verilerek, bu hedef için çeşitli doğrudan ve dolaylı teşvikler getirilmelidir. Bu ortam sağlandığında yerli sanayi hem gelişecek, hem de rüzgâr gücü kurulumu yukarıdaki tahminlerin üzerine çıkacaktır. Almanya, Danimarka ve İspanya'nın rüzgârda büyük miktarda ve kararlı bir pazar yaratabilmesinin altında kararlı ve üretici için kârlı politika izleyebilmiş olmaları yatar.

Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr enerjisi binlerce yıl öncesinden insanlar tarafından tahlil öğütmek, su pompalamak ve teknelerde yelken gücü elde etmek için kullanılmıştır. Yel değirmenlerinden hareketle geliştirilen yeni enerji dönüştürücüleri artık rüzgâr türbinleri olarak elektrik üreticileri arasındaki yerlerini almışlardır. Rüzgâr türbinlerinin başarı öyküleri bir türbine bakıldığında kabaca dönen kısımlardan oluşan kompozit döneç (türbine bakıldığında döner görünen kısım) palaları ile aerodinamikte, mekanik/elektrik mühendisliğinde, kontrol tek-

nolojisi ve elektronikteki gelişmelerle başlamıştır. Bunlar artık tekil enerji kaynağı olmaktan çıkmış, büyük miktarda elektriği üretilip bunu doğrudan şebekeye vermeye başlamışlardır. Genellikle bunlar yatay eksenli, üç döneç palalı, rüzgâr doğrultusuna yönelen, içinde döneç göbeği, dişliler ve jeneratörü barındıran naselden (göbeğin arkasında zarf içersinde bulunan kısım) oluşan sistemler topluluğudur.

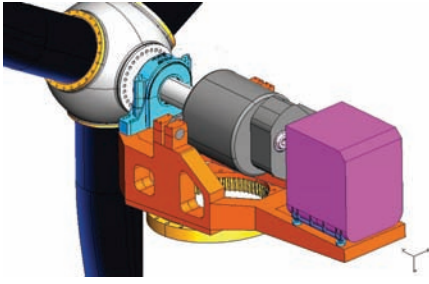
Rüzgârın enerjisi, rüzgâr olarak hareket eden hava kütesinin kinetik enerjisidir ve döneç süpürme alanından geçen hava kütlesi ile orantılıdır. Rüzgârın gücü ise bu enerjinin birim zamandaki değeridir. Rüzgâr hızı arttığında rüzgâr gücü de bunun küpü ile doğru orantılı olarak artar. Yoğunlukla doğru orantılı olan bu güç, su ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Yani rüzgâr türbininin döneçinden aynı hızda su geçirilse idi yaklaşık 800 katı güç elde edilebilirdi. Yatay eksenli bir



Kara türbinleri (Çeşme, Mare A.Ş., 49 x 800 kW)



Kıyı ötesi (Beatrice rüzgâr çiftliğinde Repower 5 M, c Repower Systems AG) türbinleri



Göbek, yataklar, jeneratör ve transformatör
(RESTEK projesi, 2007)

türbinde palaların süpürdüğü alandan geçen rüzgâr gücünün türbin tarafından alınan kısmı, pala süpürme alanı ile hesaplanırken, pala uzunluğu iki katına çıkarıldığında güç dört katı artar. Rüzgâr hızı iki katına çıktığında ise güç sekiz katı artar.

Günümüz rüzgâr türbinleri rüzgâr gücünün %50'sine yakını mekanik enerjiye dönüştürerek kuramsal %59'luk Betz sınırına yaklaşır. (Betz, klasik momentum kuramı ile bazı varsayımlar yaparak ve rüzgâr hızının türbin rotorunu geçtikten sonra rüzgârın hızını üçte bire düşürüldüğünde enerjinin en fazla %59'unun yakalanabileceğini gösterir.) Bu türbinlerde aerodinamik verim, rüzgâr yönündeki sürüklenme kuvveti ile birlikte rüzgâr yönüne dik oluşturulan taşıma kuvvetinden de yararlandığından artar. Eski türbinlerde ise yalnızca rüzgârın hızını azaltarak aerodinamik sürüklenme kuvvetinden yararlandığından bunların performansı en fazla %12 civarındadır.

Rüzgâr türbinleri çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilirler. Bunlardan en bariz olanı döneçin dönme ekseninin yatay mı düşey mi olduğuna göre yapılan sınıflandırmadır. Diğer bir sınıflandırma ise döneçin kulenin rüzgâr yönüne bakan tarafında veya kule arkasında olmasına göre, veya kara ve kıyı ötesi v.b. göz önüne alınarak yapılır.

Döneçten elde edilen gücün, buradan geçen rüzgâr gücüne oranı olan güç katsayısı, pala ucu hızının rüzgârın hızına oranı olarak tanımlanan uç hız oranının optimize edilmesi ile güç katsayısı iyileştirilebilir. Bu oran ve pala sayısı rüzgâra verilen yanıtı belirler. Uç hız oranı düşüğe döneçte çok pala vardır ve yüksek tork (döndürme momenti) vererek düşük hızda döner. Uç

hız oranı yüksek ise pala sayısı az, az torkla fakat daha hızlı dönen bir döneç vardır.

Rüzgâr türbinleri, palaları sabit hatveli (palanın uzunlama eksenini boyunca döndürülemediği), asenkron jeneratör kavramı, hatve verilebilir, senkron jeneratörlü kavram, hatve verilebilir, çiftli beslemeli asenkron jeneratörlü kavram olmak üzere 3 farklı yolla şebekeye elektrik verir.

. Sabit hatveli, asenkron jeneratör kavramı, 1990 ortalarına kadar pazarda yaygın olan ve kuvvetli rüzgârlarda pala üzerindeki akımın türbülanslı hale geldiği, verimi düşük, şebekenin frekansı nedeniyle ile sabit devirde dönen asenkron jeneratörlerdi. Asenkron jeneratör senkron jeneratörün gereksinim duyacağı senkronizasyona gerek duymaz. Sistem basit ve sağlıklıdır.

. Senkron jeneratörle hatve verilebilir kavram, 1990'nın on yıllık döneminde geliştirilen döneç palalarını boylamasına eksen boyunca açısını değiştirebilen hatve kavramıdır. Rüzgâr hızına bağlı olarak türbin çeşitli hızlarda çalışır. Rüzgâr hızı çok arttığında güç üretimini sınırlamak için palalar, rüzgârdan hatve verilerek (yaklaşık 12 m/s'nin üzerine çıktığında) kaçırlır. Senkron jeneratörlü, hatveli kavramda türbin hızı değişmesi sırasında frekanstaki oynamaları gidermek için frekans konvertörü görev yapar.

. Çiftli beslemeli asenkron jeneratörde tüm üretilen elektrik için gerekli olmamakla birlikte anma gücünün yaklaşık %40 gibi bir kısmı için frekans konvertörüne gereksinim duyulur. Bu da konvertörün küçülmesini sağlar.

Rüzgâr Türbin Teknolojisi

Hava görünebilir bir kütle olsaydı, çıplak gözle bakıldığında iyi bir türbinin, rüzgârla uyumlu şekilde dönebilen bir sistem olduğunu görebilirdik. Modern rüzgâr türbinleri, birçok disiplinin kuramsal esaslarının kullanıldığı, bu disiplinler arası ürünlerin iyi bir mühendislikle bir araya getirildiği karmaşık teknik sistemlerdir. Rüzgâr türbini değişen rüzgâr yükleri altında dönen birçok kütleyle sahiptir.

. Döneç palaları, bunların dinamik davranışı ve tüm sistem üzerine etkileri aerodinamik: yapı mühendisliği

. Yataklar, miller, dişli kutuları, fren, kavramalar ve kule: makine mühendisliği

. Jeneratör, frekans konvertörü, elektrik hatları ve şebekeye bağlantı: elektrik mühendisliği

. Sistem kontrolü, gözleme, duyargalar: elektronik, kontrol mühendisliği ve bilgisayar bilimleri

. Kule temeli ve servis yollarının inşası: inşaat mühendisliği

. Enerji eldesi ve tahminler: meteorolojinin konusuna girer.

Rüzgâr türbinleri ile ilgili bazı parametreler: Anma kapasitesi, kapasite katsayısı

2 MW'lık türbin denildiğinde bu, jeneratörün vereceği maksimum çıkış değeridir veya anma gücüdür. Türbin belirli bir rüzgâr hızında (genellikle 11 ve 15 m/s'de) veya anma rüzgâr hızında bu güce çıkar. Rüzgâr genellikle değişken hızda estiğinden rüzgâr türbinleri de her zaman anma gücünde çalışmayacaktır. Rüzgâr türbini başlama hızı 2,5 - 4 m/s hızda güç üretmeye başlayıp, 25 - 33 m/s hızlarda emniyet açısından durdurulur. Üretilen güç kuramsal olarak belirtilenin daima altındadır. Kapasite katsayısı türbinin yıllık güç üretiminin, türbinin anma gücünde 8.760 saat çalışması halinde elde edilecek kilowatt-saat güce oranıdır. Sahil kesimlerinde %35'lerde, karasal iç bölgelerde %18 civarındadır. Rüzgâr gücü şebekeye her zaman bir yerlerden girebilir. Büyük bir alanda %10'lara kadar varacak sabit bir değerle girebilirler. Türbinleri aşırı yüklememek için rüzgâr hızı anma hızını geçtiğinde gücün bir kısmı kullanılmayacaktır. Güç kontrolü hız arttığında pala üzerinde türbülans oluşarak pasif veya aktif tutunma kaybı ile pala aerodinamik verimi düşürülür ya da hatve kontrolü ile, elektronik veya hidrolik güçle pala açıları değiştirilerek yüksek rüzgâr hızlarında da anma gücünde çalışma sağlanır.

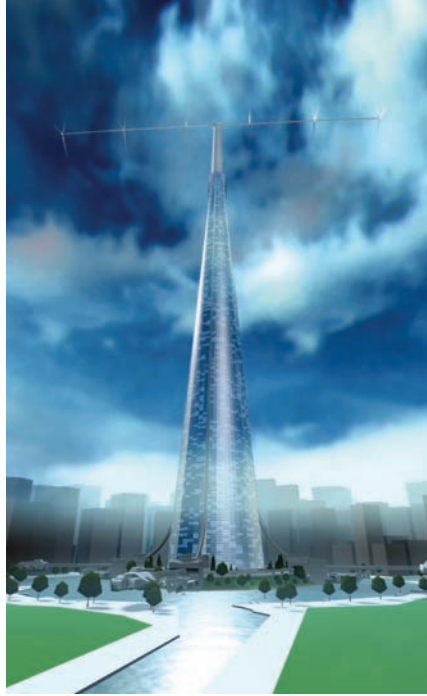
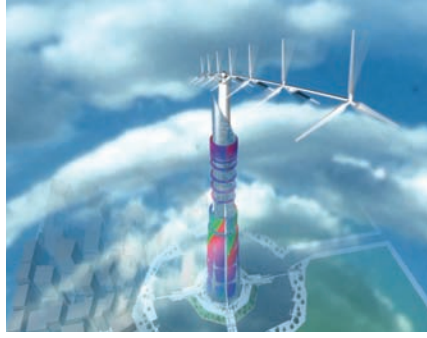
Küçük Rüzgâr Sistemleri

Bunlar genellikle kırsal kesimde şebekeye bağlanmadan veya şebekeye paralel olarak elektrik üretir, su pompalar veya su ısıtır. Kendi başına duran ayırık uygulamalarda bir nevi depolamaya gereksinim vardır. Ayırık evlerde daimi elektrik gereksinimi varsa bunun bataryada depolanması gerekir. Bataryalar enerjiyi, fazla olduğu rüzgârlı zamanlarda depolayıp sakin havalarda gereksinimi karşılayacak şekilde verir. Bataryalı sistemlerde doğrudan doğru akım kullanılabilir veya doğru akım alternatif akıma dönüştürülerek değişken (AC) akım sağlanır. Ayırık sistemlerde şebekeye bağlanmak için uzun hatlara gerek olmayacağından ve rüzgâra ödeme yapılmayacağından genelde benzin veya dizel jeneratörlere göre daha ucuzdur. Çoğu zaman güneş fotovoltaiiklerine de avantaj sağlar. Günümüzdeki birçok ayırık uygulamada rüzgâr ve fotovoltaiik birbirini tamamlayacak şekilde kullanılır.

Şebekeye paralel elektrik üretiminde rüzgâr türbini ya doğrudan şebeke trafosuna ya da kullanıcı panosu uçlarına bağlanır. Rüzgâr türbini şebekeden alınan elektriği azaltacaktır. Eğer müşterinin kullandığı enerjiden fazla güç üretiliyorsa bu şebekeye akacaktır. Bu sırada elektrik dağıtım şirketi kabul ederse sayaç ters yönde çalışabilir.

Rüzgâr Enerjisi Teknolojisinde Gelişmeler

Rüzgâr teknolojisi oldukça gelişmiş bir teknolojidir; fakat maliyetler açısından daha büyük, daha yüksek ve daha ağır sistemlere geçilmesi ile birlikte teknolojide yeni bazı gelişmelerin yaşanması kaçınılmazdır. En önemli gelişme kule tepesinde bulunacak kütlelerin ağırlıklarının azaltılması çalışmalarıdır. Diğer çalışmalar ise kule üzerinde yer alan jeneratör gurubunun ağırlığını azaltmaya yönelik araştırma ve geliştirme çalışmaları, süper iletkenlerin kullanılması yönündeki çalışmalar, dişli kutusuz sistemlerden tekrar dişli kutulu sistemlere geçilmeye başlanmasıy-



İki kavramsal çalışma: Selsam/Sanchez Kulesi, şehir içinde şehir (üstte); Selsam Süperturbine yükseklik yaklaşık 600 metre (altta).

la bir gereklilik haline gelen yeni dişli kutuları tasarımı çalışmaları olarak özetlenebilir. Ayrıca büyük palaların nakliyesinde yaşanan zorluklar iki parçalı, yerinde birleştirilen pala çözümleri ile aşılmaya çalışılmaktadır.

Kule çap ve yüksekliklerin artmasının getirdiği nakliye zorlukları ise kule alt kısmı için takviyeli beton ve üst kısmı çelik olarak yapılan karma kulelerle aşılmak istenmektedir. Kara ve kıyı ötesi türbinler de değişmekle birlikte rüzgâr enerjisine yapılan yatırımın %6-9'u nakliye, vinç ve kurulumu gitmektedir. Bu miktarın %20'lere kadar çıkması da muhtemeldir. Yüksek olan bu rakamları azaltmak için tedbirler alınmaktadır. Gerekliğinde pala ve diğer parçaların imal edileceği fabrikaları

deniz ve demiryolu ulaşımına yakın yerlere taşınmaları veya yeni fabrika kurmaları söz konusu olmaktadır.

Kıyı ötelinde rüzgâr potansiyelini kullanmak için su derinliği, kıyıya uzaklık ve şebekeye bağlanma maliyetleri kademelere göre farklılık arz eder; örneğin türbin maliyeti düşerken temel maliyeti artar; fakat Şekil 3'te gösterilen denizler üzeri rüzgâr kaynağından Avrupa'da önümüzdeki dönem daha fazla yararlanılma yoluna gidilmesi söz konusudur. Yüzer platformlara türbinlerin yerleştirilmesi gibi düşünceler geliştirilme aşamasındadır. 2020 yılında 20 MW'lık türbin yapımı hedefi de vardır.

Sonuç olarak diyebiliriz ki, enerji elde etmek kadar bunu verimli tüketmek de çevre şartları ve ekonomi açısından büyük önem taşıyor. Günümüz mühendisliğinde insan yaşamını kolaylaştıran ve gereksinimlerine cevap veren her bir yapıta, artık bunun çalıştırılması sırasında çevreye verilecek rahatsızlık ve ortaya çıkarılan yapıtın kullanım süresi sonunda nasıl yok edileceğinin de tasarlanma işlemi sırasında göz önünde bulundurulmasına daha üst sıralarda öncelik verilmelidir. Enerji elde edilirken de yenilenebilir kaynaklara yönelmesi, kullanım sırasındaki olumsuz çevre etkilerini önemli ölçüde azaltacaktır. Dünyamızda enerji talebi nüfus ve refah artışı ile artacağından bu gereksinimin mümkün olduğunca büyük bir kısmını yenilenebilir kaynaklardan karşılamak gerekir. Bu kaynaklardan biri olan rüzgâr teknolojisi belirli bir olgunluğa ulaşmış ve ekonomik olabilecek durumdadır. Yeni tür güç sistemlerinin, örneğin yakıt gözele-ri gibi, geliştirilmesi ile güç sistemi olmayıp bir enerji sistemi olan rüzgârdan, gelecekte daha fazla yararlanılması mümkün olacaktır. Bir ülke yenilenebilir kaynaklardan daha fazla kendi ve diğer ülke taleplerini karşılamak istiyorsa, yerli olarak bu teknolojileri geliştirmek için sanayilerine çeşitli doğrudan veya dolaylı teşvik sağlamalıdır.

Kaynaklar

- [1] WWEA, *World Wind Energy Report*, 2008
- [2] WWEA, *Wind Turbine Technology*, 2008