

**Tablo 27 :** Yakıt Tiplerine Göre Santrallerin Devreye Giriş Süreleri

Proje Tipi	Başlama ve Tam Kapasiteye Ulaşma Süresi
Klasik Hidroelektrik Santraller	3-5 dakika
Pompa Depolamalı Santraller	3 - 5 dakika
Fuel Oil Santralleri	3 saat
LNG-Doğal Gaz Santralleri	3 saat
LNG- Çevrim Santralleri	1 saat
Kömür Santralleri	4 saat
Nükleer Santraller	5 gün

Japonya'da ilgili santraller 8 saat susturulduktan sonra devreye alınarak elde edilen sonuçlar.

**Kaynak:** George A.Kalauzi Hydro2005 Villahc

**Tablo 28 :** Frekans Kontrolü Sağlayabilecek Santraller (K.G'ü 50MW'ın Üzerinde ve Depolamalı )

Proje Durumu	Adet	K.Güç MW
İşletmede	34	11 747
İnşa Halinde	9	921
Projelendirilmiş	71	11 960
<b>Toplam</b>	<b>114</b>	<b>24 628</b>

**Hazırlayan-Ayla TUTUŞ**

Japonya'da yapılmış olan santrallerin yakıt tiplerine göre devreye girme ve tam kapasiteye ulaşma süreleri ile ilgili çalışma sonuçları Tablo 28'de verilmiştir. Devreye giriş süreleri 3-5 dakikayı geçmemeleri nedeniyle klasik ve pompa depolamalı hidroelektrik santraller frekans kontrolü ve sistem stabilitesi açısından hayati öneme sahiptir. Ülkemizde frekans kontrolü ve sistem stabilitesini sağlayabilecek olan santraller olarak 11747 MW kurulu gücünde 34 adet santral işletmede olup, 921 MW kurulu gücünde 9 adet santral inşa halinde ve 1160 MW kurulu gücünde 114 adet santral ise önümüzdeki yıllarda geliştirilecektir (Tablo 28).

Elektrik üretiminin büyük bölümünü termik santrallerden temin eden ülkelerde fazla enerjinin depolanması zorunludur. Dünyadaki en gelişmiş enerji depolama sistemleri ise pompa depolamalı hidroelektrik santrallerle (PDHES), basınçlı hava depolama sistemleridir.

İletim sistemimizin, Avrupa iletim sistemine senkron paralel bağlanabilmesi için de arz güvenilirliği ve kalite kriterlerinin sağlanması, frekans kontrolü ve yük alma yük atmadaki sorunların yaşanmaması için bu santralleri hızla devreye alınmalıdır.

Ülkemizde rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bilinmektedir ancak rüzgar ve dalga gibi kesintili karaktere sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme uyum sağlamaları ve verimli bir işletme yapabilmeleri için PDHES'ler ile bütünleşik planlanmaları gerekmektedir.

### **HES'lerde Elektromekanik Ekipman (9)**

Hidroelektrik santrallerde en önemli konu elektro mekanik ekipman sorunudur. Önümüzdeki yıllarda ilave potansiyelde dikkate alındığında geliştirilmesi beklenen çeşitli ölçekte 1000'in üzerinde 37324 MW K.Gücünde HES potansiyelimiz mevcuttur. Bu güçteki potansiyelin yatırım maliyeti yaklaşık 56 milyar \$'dır ve yatırım maliyetinin % 30'unu elektromekanik oluşturmaktadır. Bunun da parasal değeri 17 Milyar \$'dır. 17 Milyar \$'ın sadece 3,3 Milyar \$'lık kısmı % 100 yerli sanayi ürünlerinden karşılanabilmekte asıl katma değer oluşturan türbin ve jeneratörler ise dışarıdan getirilmektedir (Tablo-29).

**Tablo 29 : Ekonomik HES potansiyelinin Yatırım ve EMT Bedelleri**

Proje Durumu	K.Güç MW	Yatırım 10 <sup>6</sup> \$	Elektromek. 10 <sup>6</sup> \$	Hidromek. 10 <sup>6</sup> \$
<b>İşletmede</b>	13.306	19.959	5988	1198
<b>İnşa Halinde</b>	6564	9846	2.954	591
<b>Projelendirilmiş</b>	22.260	33.390	10.017	2004
<b>İlave Potansiyel.</b>	8500	12.750	3825	765
<b>Gelişecek Toplam</b>	37.324	55.986	16.796	3360

*Hazırlayan- Ayla TUTUŞ*

Ülkemizde yüksek katma değer yaratacak olan ürünlerin üretimi (fabrika makineleri, enerji makinaları ve elektromekanik donanımları) sürekli döviz harcayarak ve dış borca bağlı olarak yurt dışından ithal edilerek sanayileşme sürdürüldüğünden ve sanayileşmeyi teşvik politikasında yabancı donanıma dayalı girişimcilik adeta teşvik edildiğinden, Türk sanayicisi, iş adamı, mühendisi ve işçisi makina üretimi konusunda becerisiz bırakılmıştır. Enerji üretimi konusundaki teknik hizmetler, kısmi projelendirme ve imalat ile montajdan öteye gidememiştir. Bu nedenle yerli hidroelektromekanik sanayinin devlet desteğinde proje, tasarım ve test laboratuvarları yönüyle geliştirilmesi ve yatırımlarının yapılması gerekmektedir.

### ***Hidroelektrik Santrallerin Önemli Özellikleri***

**Teknik olarak;** Hızla devreye girebilme özellikleri, gerilim ve frekans kontrolü sağlamaları, black start yetenekleri ve gelişmiş teknolojiye sahip olmaları

**Ekonomik ve sosyal olarak ise;** Geri ödeme sürelerinin kısa olması, yakıt giderlerinin olmaması, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, uzun ömürlü olmaları (ort. 250 yıl) işletme bakım giderlerinin minimum olması (0,2 cent/kWh), % 90'ın üzerinde verime sahip olmaları nedeniyle enerji üretimindeki kayıpları minimum düzeyde tutarak işletmede büyük bir ekonomi sağlamaları, yerli kaynak olması nedeniyle dünya genelinde zaman zaman meydana gelen krizlerden etkilenmemeleri ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltıcı etkileri önemlidir. Küresel ölçekte sera gazları emisyonunun yarısını karbondioksit oluşturmakta, bunun % 80'i ise, termik enerji üretimi esnasında ortaya çıkmaktadır.

1200 MW kapasitede ve yılda 3200 saat çalışarak 3 milyar 840 milyon kWh elektrik üretecek bir hidroelektrik santrale kıyasla, aynı miktar elektrik üretecek bir linyit santrali 5 milyon ton, bir taşkömür santrali 4 milyon ton, bir petrol santrali 3 milyon ton, bir doğal gaz santrali 2 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olacaktır.

Hidrolik santrallerin ayrıca içme ve kullanma suyu temini, sulama, taşkın koruma ve enerji gibi ekonomik analizlere yansıyan faydaların yanında rekreasyon, su sporları, su ürünlerinin geliştirilmesi gibi ekonomik analizlere yansımaya sahip olmaları gibi birçok önemli özellikleri vardır.

### ***Yasal Durum***

4628 sayılı yasa ve ilgili mevzuatlarda yapılan düzenlemelerle HES projelerinin yapım ve 49 yıllığına işletilmesi özel sektöre bırakılmıştır. Yerli kaynakların geliştirilmesi için zorunlu olduğu gerekçesiyle getirilen bu düzenleme ile, rezervuar alanı 15 km'den küçük olanlar dışında alım garantisi olmamasına rağmen, yapacağı üretimden devlete belli miktarlarda pay vermeyi de kabul ederek; özel sektör bu alana hızla yönelmiştir. DSİ'nin daha önce geliştirdiği projelere ek olarak; yüzlerce yeni proje için DSİ Genel Müdürlüğüne başvuruda bulunulmuştur. Ancak beş yıla yakın bir süredir binin üzerinde başvuru olmasına rağmen, lisans alarak inşaatına başlanan proje sayısı sınırlıdır. Hidroelektrik yatırımlarda, kaynağın yerli olması, % 80 oranında yerli malzeme ve yerli iş gücüyle gerçekleştirilecek ve işletilecek olması nedeniyle, yatırımların kamu ve özel sektör eliyle bir an önce yapılabilmesi için sürecin hızlandırılması gerekmektedir. Bunun yanında projeden işletmeye kadar her kademedeki sağlam bir kontrollük mekanizması geliştirilmesi ve baraj emniyeti ile ilgili mevzuatın hazırlanarak acilen uygulamaya konulması gerekmektedir.

Bilindiği üzere ülkemiz gerek baraj ve HES yapımında, gerekse işletmede 50 yıllık bir deneyime, bilgi birikimine ve haklı bir gurura sahiptir. Dünya’da son 30 yıl içinde 100’den fazla büyük baraj, 1000 dolayında ise küçük barajda kazalar meydana gelmesine karşın ülkemizde her türlü mühendislik yapılarının yerle bir olduğu büyük depremde bile barajlarımızda herhangi bir hasar oluşmamıştır. Ancak kontrollükle ilgili düzenlemeler acilen yapılarak uygulamaya konulmazsa önümüzdeki yıllarda çok ciddi problemler yaşanması kaçınılmazdır.

### 4.3 Rüzgâr Enerjisi

#### 4.3.1 Dünyada rüzgar enerjisi

Rüzgâr, güneş ışınlarının dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini farklı ısıtması sonucunda meydana gelen sıcaklık, yoğunluk ve basınç farklarından meydana gelir. Diğer bir ifadeyle rüzgâr; birbirine komşu bulunan iki bölge arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgârlar dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesinden, yüzey sürtünmelerinden, yerel ısı dağılımından, arazinin topografik yapısından ve rüzgâr yönündeki farklı atmosferik olaylardan etkilenir.

Rüzgâr enerjisinden çok eski çağlardan beri yararlanılmakta olup, bu enerjiden M.Ö. 5000’li yıllarda Nil Nehri’nde kayıklarda yararlanıldığı bilinmektedir. M.Ö. 200’de<sup>23</sup> Çin’de de basit yel değirmenleri su pompalanmasında kullanılırken, İran ve Orta Doğu’da kanatları kamıştan örülmüş olan düşey eksenli yel değirmenleri, tahılları öğütmede kullanılmıştır. Rüzgâr enerjisi, 11. yüzyıldan itibaren, tâcirler tarafından ve ayrıca Haçlı seferleri vesilesiyle Avrupa’ya götürülmüştür. Hollandalılar, yel değirmenlerini geliştirerek göllerin ve Ren Nehri bataklıklarının kurutulmasında kullanmıştır. 19. yüzyıl sonlarında ise göçmenler bu teknolojiyi Amerika’ya götürerek tarlaların ve çiftliklerin sulanması için su pompalamada ve daha sonra da evler ve endüstri için elektrik üretiminde kullanmışlardır.<sup>24</sup>

Önce Avrupa daha sonra Amerika’da buharlı makinelerin keşfi ile başlayan sanayileşme yel değirmenlerinin ve yelkenli gemilerin kullanımının aşamalı olarak azalmasına sebep olmuştur. Dizel yakıtların ucuzluğu sebebiyle rüzgâr enerjisini değerlendirme çabaları bir kenara bırakılmıştır. Bu durum 2. Dünya Savaşı’na kadar sürmüştü, bu yıllardaki enerji sıkıntısı sebebiyle rüzgâr türbinlerine duyulan ilgi tekrar artmış ve 1940’lı yıllarda 1,25 MW’lık bir rüzgâr türbini Danimarka yerel elektrik şebekesine enerji sağlamıştır. Rüzgâr enerjisinin önemi fosil yakıt fiyatlarına göre sürekli değişmiş ve 2. Dünya Savaşı’ndan sonra fosil yakıt fiyatlarının düşmesi ile yeniden azalmıştır.

<sup>23</sup> NREL *Wind Energy Information Guide*, April 1996

<sup>24</sup> ZerrinTaç ALTUNTAŞOĞLU, *Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Rüzgar Enerjisi Bölümü, Türkiye Çevre Vakfı, Aralık 2006*

1970’li yıllardaki petrol krizi ve yakıt fiyatlarındaki artış sonucu, rüzgâr enerjisi tekrar hatırlanmış ve bu yıllardaki petrol ambargosu sebebiyle yürütülen rüzgâr türbini araştırma-geliştirme çalışmaları ile eski çalışmalardan yararlanılarak rüzgârdan enerji üretimi konusunda yeni tasarımlar geliştirilmiştir. “Rüzgâr tarlaları” veya “rüzgâr enerji santralleri” adı altında gruplar halinde rüzgâr türbinlerini içeren ve şebekeye enerji sağlayan projeler Avrupa’da ve Amerika Birleşik Devletleri’nde uygulanmıştır. 1980’li yıllarda petrol fiyatlarının düşmesiyle bu enerji kaynağına olan ilgi azalmış olmakla birlikte, özellikle 1990’larda çevre bilincinin artması sebebiyle yeniden gündeme gelmiş ve sağlanan teknolojik gelişmeler sonucunda rüzgâr enerjisinden elektrik üretim maliyetleri konvansiyonel enerji santralleriyle rekabet edebilecek seviyelere gelmiş ve ticarî olarak kullanım, başta Avrupa Birliği ülkeleri ve ABD olmak üzere bütün dünya ülkelerinde yaygınlaşmıştır.

Rüzgâr enerjisinden mekanik enerji ve elektrik enerjisi olmak üzere iki temel yararlanma şekli vardır. Mekanik uygulamalarda, rüzgâr enerjisi mekanik enerjiye çevrilerak ev ve çiftliklerde hayvanların su ihtiyacının sağlanması, arazilerin kurutulması gibi amaçlarla ve ayrıca su pompalamada, çeşitli ürünleri kesme, biçme, öğütme ve sıkıştırmada, yağ çıkartma vb. işlerde de kullanılmaktadır. Rüzgâr enerjisi, ya elektrik şebekesinin olmadığı kırsal alanlarda bulunan yerin elektrik ihtiyacını karşılar ya da doğrudan elektrik şebekesini beslemek için kullanılır. Şebekenin olmadığı yerlerdeki rüzgâr enerji sistemlerinde rüzgârın esmediği durumlarda kullanılmak üzere uygun bir depolama sistemi vardır. Şebeke bağlantılı sistemler ise karalara (onshore) veya kıyı ötesine deniz içi (offshore) kurulmaktadır.

Rüzgâr enerjisi büyük potansiyeline karşın dağınık karakteristekli bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr santralleri geniş bir arazi üzerinde belli aralıklarla yerleştirilmiş birçok türbinden meydana gelir. Bu sebeple rüzgâr santralleri iki yönlü arazi kullanımına uygundur. Hesaplamalar arazinin ancak % 1’inin rüzgâr türbinleri tarafından kullanıldığını göstermektedir. Arazinin % 99’unun ise tarımsal amaçlar için veya diğer alanlar olarak kullanımına devam edilebilir.

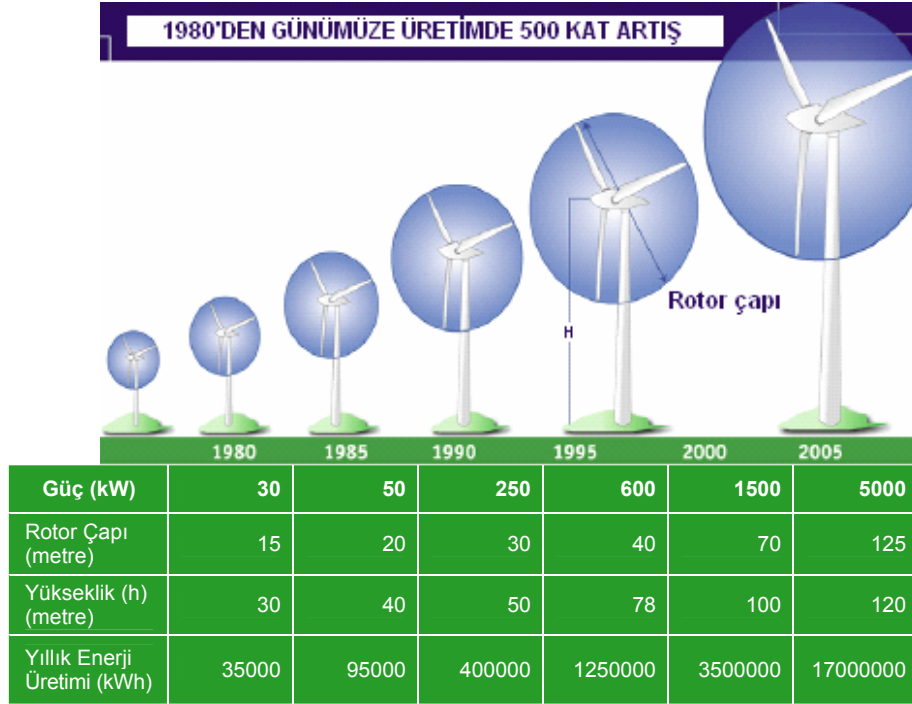
Rüzgâr türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Bir rüzgâr türbini, çevredeki engellerin rüzgâr hız profilini değiştirmeyeceği yükseklikteki bir kule üzerine yerleştirilmiş gövde (nacelle) ve rotordan meydana gelir. Kanatlar ve göbek, rotor olarak adlandırılır. Jeneratör, dişli kutusu ve diğer kontrol cihazları gövde içinde yer alır. Rüzgâr türbinleri dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre yatay veya düşey eksenli olarak imal edilir. Sürekli dönen kanatlarla yakalanan enerji dişli kutusu üzerinden veya doğrudan jeneratöre bağlanır. Rotorun dönüş hızı sâbit veya değişken olabilmektedir. Şebekeye uyumu arttıran değişken hızlı türbinlerin kullanımı daha yaygın hale gelmektedir. Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren jeneratörler senkron ve asenkron olmak üzere iki türdür. Senkron jeneratör, bağlı olduğu şebeke ile aynı frekansta çalışır. İndüksiyon jeneratör olarak da isimlendirilen asenkron jeneratörler ise şebeke frekansından biraz daha yüksek

frekansta çalışırlar. Şebekeye bağlı rüzgâr türbinlerinin çıkış gerilimi genellikle 690 Volt ve frekansı ise 50 Hertz'dir. Kanatlar polyester veya epoksi ile güçlendirilmiş fiberglastan, nâdir olarak da ağaç ve karbon birleşiminden yapılırlar. Gövde ve rotoru taşıyan 30-80 metre yükseklikteki kuleler çelikten ve tabandan uç kısma doğru inceleyen şekildedir.

Türbinin hızı ve gücü, ya kanat açısı kontrolü (pitch control) ile kanatların açısı aktif olarak veya pasif kontrol olarak tanımlanan (stall control) kontrol sistemi ile kanadın doğal aerodinamik özelliği ile kontrol edilir.<sup>25</sup>

Bulunulan yerin rüzgâr hızı, türbinin emre amâdelik oranı ve türbinlerin arazi üzerindeki yerleşimi rüzgâr türbinlerinin performansını etkileyen üç ana faktördür.

Ticari rüzgâr türbinlerinin gücü 1980'li yıllardan beri sürekli artmakta ve maliyetler düşmektedir. 1980'lerden beri rüzgâr türbinlerinin gücü, verimi ve görsel tasarımı oldukça değişmiştir. 1980'lerde güç 20-60 kW arasında ve türbin çapı yaklaşık 15-20 metre iken günümüzde tek bir rüzgâr türbininin gücü 5 MW'dan ve türbin çapı ise 100 metreden büyüktür (Şekil 1). Modern türbinler modülerdir ve hızlı bir şekilde kurulabilmektedir.



**Şekil 1 : Rüzgâr Türbinlerinin Gelişimi**

<sup>25</sup> Zerrin Taç ALTUNTAŞOĞLU, Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Rüzgar Enerjisi Bölümü, Türkiye Çevre Vakfı, Aralık 2006

Dünyada işletmede olan rüzgâr santrallerinin Ocak 2008 tarihi itibarıyla toplam nominal gücü 90.521 MW'tır. Bu kapasitenin % 60,88'i yani 55.114 MW'ı Avrupa'ya aittir. 2008 Ocak yılı itibarıyla bazı ülkelerin kurulu güçlerine bakarsak; Almanya'nın 21.800 MW, ABD'nin 16.842 MW, Avustralya'nın 967 MW, Hindistan'ın 7720 MW, Çin'in 5000 MW'dır. Son yıllarda özellikle ABD, Çin, Hindistan, Kanada ve Japonya rüzgar gücü kapasitelerini önemli oranda arttırmışlardır (Grafik 18-19/Tablo 30)<sup>26</sup>.

**Tablo 30 : Ocak 2008 Dünya Rüzgâr Santralleri Kurulu Gücü<sup>27</sup>**

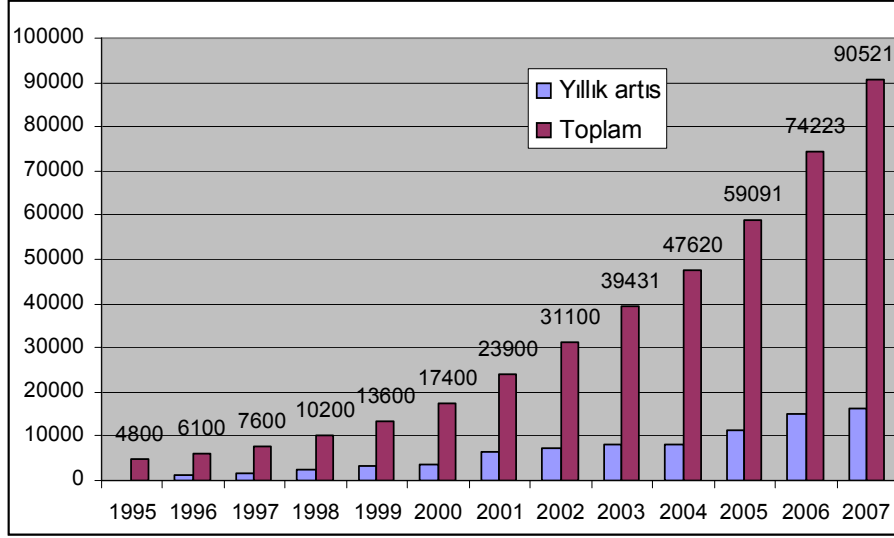
Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW	Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW
Almanya	20.622	21.800	Kaliforniya	2.361	2.376
İspanya	11.615	13.915	Teksas	2.768	4.212
Danimarka	3.136	3.132	Iowa	936	1.073
İtalya	2.123	2.611	Minnesota	896	1.427
Hollanda	1.559	1.747	Oregon	438	760
İngiltere	1.958	2.294	Wyoming	288	288
Portekiz	1.716	2.210	New Mexico	497	496
Avusturya	965	982	Oklahoma	535	690
Fransa	1.469	2.624	Washington	818	1.163
Yunanistan	746	804	Colorado	291	1.065
İsveç	572	650	Pennsylvania	179	214
İrlanda	756	801	Kansas	364	465
Norveç	325	333	Illionis	107	648
Belçika	188	215	Kuzey Dakota	179	344
Finlandiya	86	107	Batı Virginia	66	230
Polonya	204	280	Wisconsin	53	53
Ukrayna	86	86	New York	431	672
Lüksemburg	35	35	Güney Dakota	44	94
Litvanya	56	56	Tennessee	29	29
Türkiye	84	177	Montana	146	146
Çekoslovakya	56	56	Idaho	75	75
İsviçre	12	12	Ohio	8	7
Rusya	7	7	Vermont	6	6

<sup>26</sup> The Windicator, Wind Power Monthly, January 2008

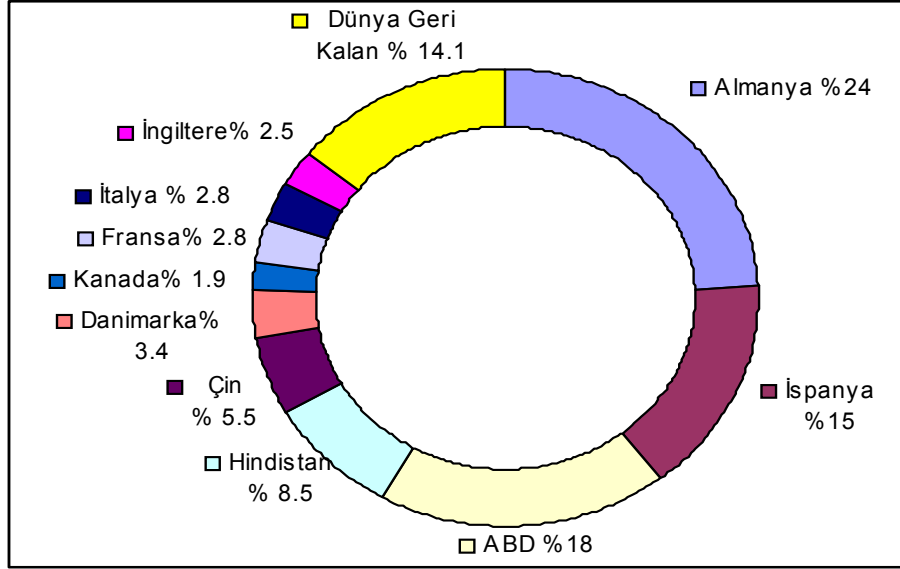
<sup>27</sup> Windicator, Wind Power Monthly, January 2008

Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW	Kıtalar / Ülkeler	2007 Başı MW	2008 Ocak MW
Estonya	35	58	Michigan	3	55
Macaristan	37	37	Hawaii	49	63
Letonya	27	27	Alaska	2	2
Hırvatistan	17	17	Massachusetts	4	5
Slovakya	5	5	Nebraska	73	73
Romanya	3	3	Missouri	0	57
Bulgaristan	30	37	Maine	42	42
<b>Toplam Avrupa</b>	<b>48.530</b>	<b>55.114</b>	New Jersey	7	8
<b>Toplam AB</b>			New Hampshire	1	2
<b>AB dışı Avrupa</b>			Utah	1	1
Japonya	1.394	1.400	Rhode Island	1	1
Avustralya	817	967	<b>Toplam ABD</b>	<b>11.698</b>	<b>16.842</b>
Yeni Zelanda	171	322	Hindistan	6.270	7.720
Filipinler	25	25	Çin	2.594	5.000
Pasifik Adaları	24	24	Güney Kore	175	175
<b>Toplam PASİFİK BÖLGESİ</b>	<b>2.431</b>	<b>2.738</b>	Tayvan	188	188
Mısır	230	230	Sri Lanka	3	3
Fas	124	124	Bengladeş	1	1
Tunus	20	20	<b>Toplam ASYA</b>	<b>9.231</b>	<b>13.087</b>
İran	48	48	Karayıplar	57	57
Reunion (Fransa)	10	10	Brezilya	256	247
İsrail	8	8	Arjantin	27	27
Cape Verde	3	3	Kolombiya	20	20
Güney Afrika	3	3	Meksika	88	88
Ürdün	2	2	Kosta Rika	74	72
<b>Toplam Ortadoğu ve Afrika</b>	<b>448</b>	<b>448</b>	Küba	5	5
Kanada	1.460	1.770	Şili	2	2
<b>Kanada Toplam</b>	<b>1.460</b>	<b>1.770</b>	<b>Toplam LATİN AMERİKA</b>	<b>530</b>	<b>522</b>
			<b>DÜNYA TOPLAMI</b>		<b>90.521</b>





**Grafik 18 :** Dünya Rüzgâr Kurulu Güç Gelişimi (1995-2007) (MW)<sup>28</sup>



**Grafik 19 :** 2007 Yılı Dünya Toplam Rüzgâr Gücünde Ülkelerin Payı (%)<sup>29</sup>

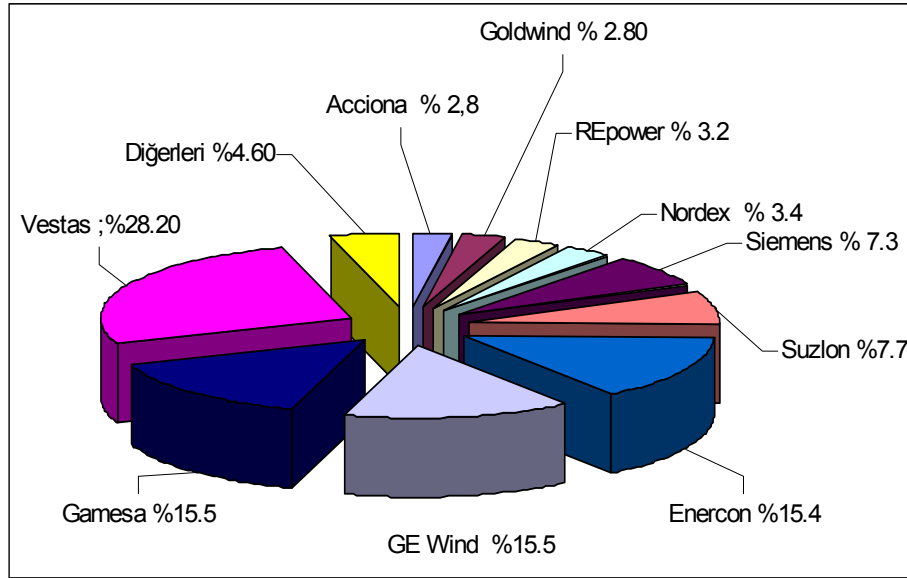
Dünya rüzgar piyasasına türbin sağlayan üreticiler açısından bakıldığında ise Danimarka'nın Vestas firmasının en büyük paya sahip olduğu görülmektedir<sup>30</sup>.

<sup>28</sup> Global Wind Energy Council, Global Wind 2006 Report ve Windicator, Wind Power Monthly January 2008'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

<sup>29</sup> Windicator, Wind Power Monthly January 2008'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

<sup>30</sup> Global Wind Energy Council, Global Wind 2006 Report ve Windicator, Wind Power Monthly January 200'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

Bugün lider konumda olan rüzgâr türbin üreticilerinin çoğu 1970'li yılların sonlarında başlayan rüzgâr enerji teknolojisi araştırma ve geliştirme çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu üreticiler ilk yıllarda kendi iç pazarlarına türbin üretmiş, deneyim kazandıkça yurt dışı piyasalara büyümüşür. Örneğin 2006 yılında ulusal pazarının dörtte üçüne sahip olan İspanyol üreticiler dış pazarlara doğru da büyümeye başlayarak dünya rüzgâr türbin pazarının % 15.5'ini elde etmişlerdir. Benzer şekilde kendi ulusal pazarının % 62'sine sahip olan Hintli firmalar da dünya pazarına açılmaya başlamış ve pazarın % 7.7'sini elde etmişlerdir. Türbin piyasasında yer alan ilk 10 üreticinin dünya piyasasındaki payı yaklaşık % 95'tir (Grafik 20). Vestas hariç diğer üreticilerin hâlâ kendi iç piyasalarına bağımlı olduğu görülmektedir. 2006 yılında iki yeni üretici olan Goldwind (Çin) ve Acciona (İspanya) piyasaya hızlı bir giriş yapmıştır.



**Grafik 20 : 2006 Yılı Dünya Piyasasındaki Lider Rüzgar Türbin Üreticileri<sup>31</sup>**

Dünya piyasası büyüdükçe rüzgâr enerjisinin maliyetleri düşmektedir. İyi rüzgâr alan yerlerde rüzgâr hem kömür hem de doğal gaz yakıtlı santralleri ile rekabet edebilir. Rüzgâr gücünün rekabet edebilirliği fosil yakıt fiyatlarındaki son artışlarla artmıştır. Fosil yakıtların neden olduğu kirlilik ve sağlıkla ilgili dış maliyetlerin hesaplamalara katılması halinde rüzgâr enerjisi daha da ucuz olabilecektir. Rüzgâr enerjisi ekonomisini belirleyen ana faktörler;

- Rüzgâr türbinleri, temel ve şebeke bağlantısı dahil yatırım maliyeti,

<sup>31</sup> Alasdair CAMERON Growth on all fronts- The BTM Wind Market Update, Renewable Energy World, July- August 2007

- İşletme ve bakım maliyeti,
- Elektrik üretimi veya ortalama rüzgâr hızı,
- Türbin ömrü
- Faiz oranıdır.

Elektrik üretiminin rüzgâr koşullarına çok bağlı olması sebebiyle, uygulama yerinin doğru seçilmesi, ekonomik uygulanabilirlikte kritik öneme sahiptir. Günümüzde kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin kW başına ortalama maliyeti, 900-1100 €/kW arasında değişmektedir. Rüzgâr enerji projelerinin yatırım maliyetinde türbin maliyeti en büyük paya sahip olup toplam maliyet içindeki payı % 74 ile % 80 arasında değişmektedir. Diğer maliyetler arasında şebeke bağlantı maliyetleri ikinci büyük kalemi oluşturmakta ve toplam maliyetin % 2-9'unu oluşturmaktadır<sup>32</sup>

**Tablo 31 :** *Almanya, Danimarka, İspanya ve İngiltere 2001-2002*

Maliyet Bileşeni	Toplam Maliyet payı (%)
Türbin	74-82
Temel	1-6
Elektrik Tesisleri	1-9
Şebeke Bağlantı	2-9
Danışmanlık	1-3
Arazi	1-3
Finansal Maliyetler	1-5
Yol Yapımı	1-5

*Verilerine Göre Orta Büyüklükteki Rüzgar Türbinleri(850 kW-1.5 MW) İçin Maliyet Yapısı*

Rüzgâr enerjisinin geleceğe yönelik büyümesi için dünyada üç farklı senaryo vardır. Oldukça muhafazakâr olan “referans” senaryo Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın Dünya Enerji raporundaki (2004) projeksiyonlara dayanmaktadır. Bu senaryo 2030 yılına kadar rüzgâr enerjisinin de içinde olduğu tüm yenilenebilir enerjilerdeki artışı tahmin etmektedir. “İlımlı” senaryo dünyada yenilenebilir enerjilerin desteklenmesi için uygulanan veya planlanan tüm politikaları göz önüne alır. Aynı zamanda yenilenebilir enerji veya rüzgâr enerjisi için birçok ülke tarafından başarıyla uygulanan hedefleri de değerlendirir. En iddialı senaryo olan “İleri” senaryoda ise Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (EWEA), Dünya Enerji Konseyi (GWEC) ve Yeşilbarış (Greenpeace) tarafından 1999 yılından beri hazırlanan Rüzgâr Gücü 10 ve 12 raporlarındaki gelişim senaryolarına benzer senaryolar kullanılmıştır. Sonuçlar muhafazakâr olan senaryoda rüzgâr enerjisinin 2030 yılında dünya elektrik talebinin % 5’ini, ılımlı

<sup>32</sup> Wind energy Facts, EWEA 2004

ve ileri senaryolarda ise sırası ile % 15.6 ve % 29.1'ni karşılayacağını göstermektedir (Tablo 32). 2005 yılında rüzgârdan üretilen elektrik enerjisi AB toplam elektrik tüketiminin % 2,6'sını karşılamaktadır<sup>33</sup>. Tüm dünya dikkate alındığında ise, bu oran ancak % 0,8 dir (Tablo 33).

**Tablo 32: 2030 Yılı İçin Dünya Rüzgâr Enerjisi Senaryoları<sup>34</sup>**

Senaryo	Toplam Rüzgâr Gücü Kaps. GW	Elektrik Üretimi GWh	Dünya Elektrik Payı % (yük, enerji ver.)	Yıllık Eklenen Kurulu Kap. GW	Yıllık Yatırım Milyar €	İstihdam Milyon	Yıllık CO <sub>2</sub> tasarrufu Milyon ton
Referans	36.4	892	5	24.8	21.2	0.48	535
İlımlı	1129	2769	15.6	58.3	45	1.14	1661
İleri	2107	5176	29.1	129.2	8.4	1.44	3100

**Tablo 33: Farklı Dünya Elektrik Talep Gelişimleri ile Rüzgâr Piyasası Gelişme Senaryoları<sup>35</sup>**

Senaryo	2005	2010	2020	2030
<b>Referans</b>				
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % - Referans (IEA Talep Projeksiyonu)	0.8	1.5	2.7	4.1
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % -Yüksek Enerji Verimi%	0.8	1.8	3.6	6.3
<b>İlımlı</b>				
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % -IEA Talep Projeksiyonu %	0.8	1.8	6.6	10.8
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % - Yüksek Enerji Verimi %	0.8	2.2	8.6	15.6
<b>İleri</b>				
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % - IEA Talep Projeksiyonu %	0.8	2.1	12.1	20.1
Dünya elektriğinde rüzgâr gücü % - Yüksek Enerji Verimi %	0.8	2.4	16.5	29.4

<sup>33</sup> Communication from the Commission to the Council and the European Parliament , Brussels, 10.01.2007 COM (2006) 849 Final.

<sup>34</sup> Global wind Energy Outlook, 2006, Greenpeace, GWEC, September 2006

<sup>35</sup> Global wind Energy Outlook, 2006, Greenpeace, GWEC, September 2006