

## İZMİR VE RÜZGAR ENERJİSİ

Prof. Dr. M. Barış ÖZERDEM  
barisozerdem@iyte.edu.tr

### GİRİŞ

Sanayinin olduğu kadar insan yaşamının da vazgeçilmez girdilerinden olan enerjinin yeterli, zamanında, kaliteli, ekonomik, güvenilir ve temiz olarak sunumu ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirleyen önemli göstergelerden biri olup, toplumsal refahın artmasında vazgeçilmez bir etkidir. Enerjiye talep sürekli olarak artarken, özellikle fosil yakıt kaynakları da hızlı bir şekilde tükenmektedir. Bu durum, enerji konusunu dünya gündeminde devamlı olarak tartışılan bir konuma getirmektedir. Sürdürülebilir bir doğa dengesinin sağlanması için enerji kaynak çeşitliğinin sağlanması büyük önem kazanmıştır. Toplam birincil enerji kaynaklarının tüketim miktarı 2007 yılı istatistiklerine göre 10,878 MTEP dir [1]. Bu miktarın yaklaşık olarak dörtte biri ABD’de tüketilmektedir. Birincil enerjinin %40’ı elektrik üretiminde kullanılırken, elde edilen elektriğin yaklaşık %70’i de evlerde ve işyerlerinde tüketilmektedir [2].

Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi talebi de genel olarak artış göstermektedir. Yerli kaynaklarımız yeterli olmadığından fark ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Bu durum sürdürülemez olup, ülkemizde zengin kaynaklar şeklinde bulunan sonsuz, tükenmeyen, temiz ve dışa bağımlılığı azaltan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesiyle çözülebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın olanı ve teknolojisi en hızlı gelişeni ise rüzgâr enerjisidir.

### ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kısaca bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır ve kaynakları iki başlık altında toplanabilir: Kaynağından çıktığı biçimde tüketilen birincil enerji kaynağı ve bu enerjinin dönüşümünden elde edilen ikincil enerji kaynağı. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi yakıtlar birincil enerji kaynaklarını oluştururken elektrik, havagazı ve kok gibi enerji kaynakları da ikincil enerji kaynaklarını oluştururlar. Bu enerji kaynaklarının kökeni güneştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğu (rüzgâr, güneş, hidrolik, dalga, biyokütle ve biyogaz) ile fosil yakıtlar (petrol, doğal gaz ve kömür) enerjilerini güneşten elde etmektedirler. Güneş, dünya ve ay arasındaki çekim kuvvetleri neticesinde ise gel-git enerjisi oluşurken, jeotermal enerjinin kaynağı dünyanın kendisidir. Nükleer reaksiyonlar neticesinde elde edilen enerji kaynağı da dünyadır.

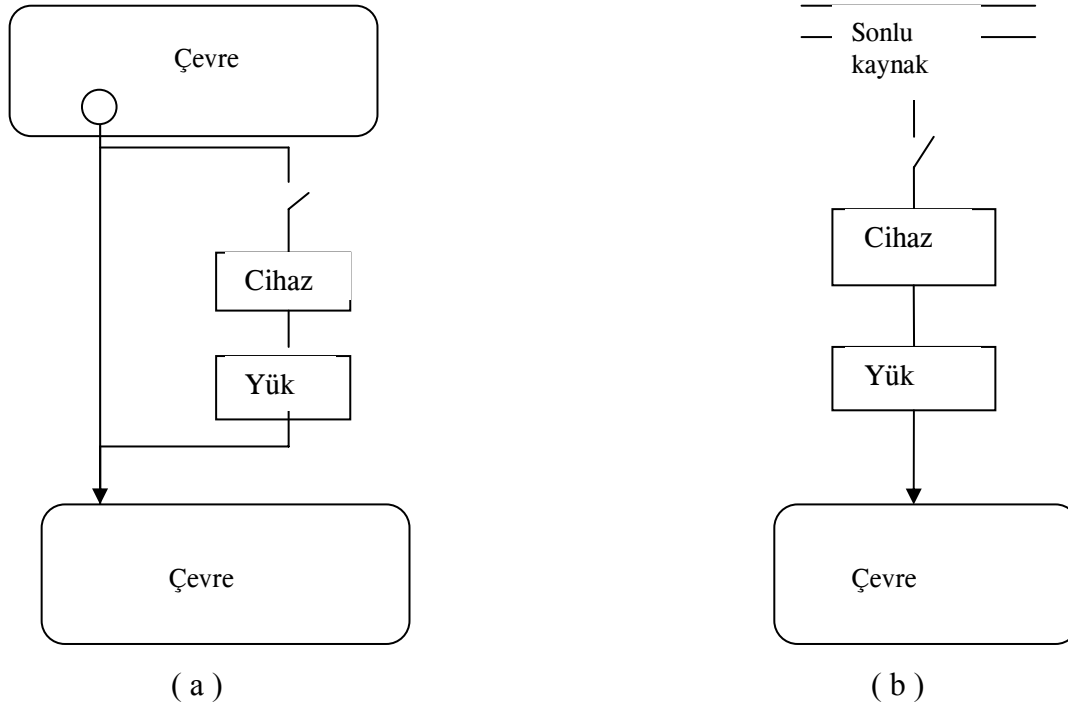
Enerji kaynakları sonlu ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak da sınıflandırılırlar. Dünya üzerinde oluşan nükleer ve kimyasal reaksiyonlar ile güneş sonlu enerji kaynaklarını oluştururken, yenilenebilir enerjilerin kaynakları güneş, dünya ve gezegenler arası çekim kuvvetleridir. Tüm bu enerji kaynaklarının karşılaştırılması aşağıda verilmektedir.

---

\*Bu Bildiri Makina Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

## Enerji Kaynakları Karşılaştırılması

Yenilenebilir enerji, doğada sürekli ve kendini tekrarlayan bir enerji akışı şeklinde oluşurken, sonlu ve yenilenebilir olmayan enerji, durağan rezervlerden insanoğlu tarafından bulunup çıkartılan bir enerjidir. En belirgin yenilenebilir enerji örneği, 24 saatlik tekrar periyotlarına sahip güneş enerjisidir. Rüzgar enerjisi de en belirgin yenilenebilir enerjilerden birisidir. Fosil yakıtlar en belirgin yenilenebilir olmayan enerjiler olup, arz için dışarıdan bir müdahaleye ihtiyaç duyarlar. Bu tanımlamaların şematik olarak gösterimi Şekil 1’de, karşılaştırılmaları ise Tablo 1’de verilmektedir.



Şekil 1. (a) Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının ve (b) Sonlu Enerji Kaynaklarının Şematik Olarak Gösterimi [3].

## DÜNYADA ENERJİNİN GENEL DURUMU

Dünyada kullanmakta olduğumuz enerjinin büyük bir çoğunluğu rezervlerinin sınırlı olduğu bilinen fosil yakıtlardan üretilmektedir. Rezervlerin sonuna yaklaşılmasının yanı sıra, fosil yakıtlar sera gazının da önemli bir kaynağını oluşturmakta ve küresel ısınmaya sebebiyet vermektedirler. Doğa ve insan üzerine çok zararlı etkileri mevcuttur.

Günümüzde birincil enerji üretiminde fosil kaynakların payı % 79, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %18, nükleer enerjinin payı da %3 dür . Yenilenebilir enerjide en büyük pay %12.9 ile biyokütleye ait olup, onu %3 ile hidrolik, %1.3 ile de güneş izlemektedir [4]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından 1000 GW civarında elektrik enerjisi elde edilirken, ısıtma amaçlı kullanımda da 400 GW<sub>th</sub> değerlerine yaklaşmıştır [1].

Tablo 1. Yenilenebilir ve Sonlu Enerji Sistemlerinin Karşılaştırması [3].

<b>Enerji türü</b> <b>Karşılaştırma</b>	<b>Yenilenebilir Enerji</b>	<b>Yenilenmeyen Enerji</b>
Kaynak	Doğal çevre	Rezervler
Enerji yoğunluğu	Düşük, 500W/m <sup>2</sup>	Yüksek, 100 kW/m <sup>2</sup>
Ömür	Sonsuz	Sınırlı
Yakıt fiyatı	Yok	Artıyor, ~0.1 \$/kWh
Cihaz fiyatı	Yüksek, 1500\$/kW	Düşük, 500\$/kW
Arz durumu	Salınımlı	Kararlı
Çevreye zarar	Az	Çok
Kontrol ve değişim	Yük kontrollü ileri beslemeli	Kaynak kontrollü geri beslemeli

Dünya elektrik enerjisi üretiminin % 40'ı kömürden, % 20'si doğal gazdan, %7'si petrolden, %15'i nükleer enerjiden, %16'sı hidrolik enerjiden %2'si de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından (rüzgar, jeotermal, güneş vb.) karşılanmaktadır [5]. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi insanoğlunun geleceği açısından yaşamsal bir zorunluluk halini almaktadır. Çünkü fosil kaynaklar çevre ve insan sağlığı açısından büyük olumsuzluklar yaratan sera gazlarının açığa çıkmasına sebebiyet vermektedirler. Bu nedenle, Avrupa Birliği (AB) 2008-2012 yılları arasında sera gazı salınımlarının 1990 yılı seviyesine göre %8 azaltılması konusunda bağlayıcı kararlar almışlardır. Bu oran 336 milyon ton CO<sub>2</sub> gazına karşılık gelmektedir. Bu nedenle AB 2010 yılında genel enerji tüketiminin %12'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaya çalışmaktadır. Bu hedefe ulaşabilmek için elektrik enerjisi üretiminin içinde yenilenebilir enerji kaynakları oranının %22'ye çıkarılması öngörülmektedir [6].

Dünyadaki genel durum incelendiğinde, enerji üretimleri tüketimlerinden daha az olan gelişmiş ülkelerin belirli bir doygunluğa erişeceği ve talep artış hızlarının düşeceği görülmektedir. Bizim de içinde yer aldığımız gelişmekte olan ülkeler arasında ise, elektrik başta olmak üzere genel enerji talebinin artacağı beklenmektedir.

### **Dünyada Rüzgar Enerjisi**

19. yüzyılın sonundan itibaren rüzgar türbinlerinden elektrik üretildiği bilinmektedir. Fosil yakıtların ucuzluğu nedeniyle 1970'li yıllara kadar fazla önemsenmeyen rüzgar enerjisi, rüzgar türbinlerinin seri üretime geçişi ile gittikçe artan oranlarda gelişmiş ve rüzgar çiftliği olarak adlandırılan santraller oluşmaya başlamıştır. Dünyada rüzgardan elektrik enerjisi üretimi, bu alandaki teknolojinin hızlı ilerlemesine koşut olarak, hızla artmaktadır. Özellikle yüksek mukavemetli fiber kompozit malzemelerde ve güç elektroniği ile jeneratör imalatı

\*Bu Bildiri Makina Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

alanlarındaki gelişmeler bu ilerleme hızını arttıran ana unsurlardır [7]. Bunun bir sonucu olarak da, büyük güçlerde ve daha büyük verim değerlerine sahip rüzgar türbinlerinden elde edilen elektriğin birim maliyeti düşmekte ve diğer konvansiyonel kaynaklarla rekabet edebilir noktalara gelinmektedir. Ayrıca rüzgarın temiz, çevreye zarar vermeyen özellikleri de buna ilave edilince sağlanan avantaj çok daha fazla olmaktadır.

Dünyada işletmede olan rüzgar çiftliklerinin toplam nominal gücü 2008 yılı itibarıyla 90, 521MW' dır. Bu kapasitenin yaklaşık %60'ı Avrupa'dadır. Avrupa'da ilk sıraları Almanya, İspanya ve Danimarka alırken ABD, Çin, Hindistan ve Japonya'nın da bu alana önemli yatırımlar yaptığı görülmektedir (Tablo 2). Bu alandaki lider üreticilerin çoğu Ar-Ge yatırımlarına önem vermektedirler. İlk yıllarında iç pazarlarına yönelik üretim yapan bu şirketlerin daha sonra dış pazarlara yöneldiği görülmektedir.

Tablo 2. Başlıca Ülkelerin Rüzgar Kurulu Güç Değerleri [8].

Ülke Adı	Kurulu Rüzgar Gücü (MW)
Almanya	21,800
ABD	16,842
İspanya	13,915
Hindistan	7,720
Çin	5,000
Danimarka	3,132
İtalya	2,611
İngiltere	2,294
Hollanda	1,745
Japonya	1,400

Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, 2030 yılı için önerilen muhafazakâr senaryoya göre, tüm dünyada elektriğin %5'i rüzgardan elde edilecek ve bunun sağlanması için de 21 milyar € /yıl yatırım yapılacaktır. İleri senaryolarda bu oran %29 değerine çıkmakta ve yıllık yatırım miktarı da 84 milyar € olmaktadır [9].

### Türkiye' de ve İzmir' de Rüzgar Enerjisi

Türkiye rüzgar kaynaklarının dağılımını belirten Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) EİE tarafından 2006 yılında yayınlanmıştır [10]. Bu atlas elektrik üretebilecek bölgelerimiz için gerekli ön bilgileri içermektedir. En şiddetli yıllık rüzgar hızı ortalamaları Türkiye'nin batı kıyıları, Marmara Denizi çevresi ve Antakya civarında görülmektedir. Haziran ayında asgari değere ulaşan rüzgar hızı Ocak ve Şubat aylarında azami değere çıkmaktadır. Dereceleri iyi, harika ve mükemmel olarak değerlendirilen rüzgar kaynakları dikkate alındığında Türkiye'nin rüzgar potansiyeli yaklaşık 48,000 MW olarak belirlenmektedir. Orta derece kategoriler de dikkate alındığında bu potansiyel 130,000 MW değerine ulaşmaktadır.

2008 yılının Eylül ayı itibariyle Türkiye'nin kurulu gücü 333.35 MW dir. İnşası sürmekte olan santrallerin toplam gücü 142.8 MW, tedarik antlaşması yapılan santrallerin toplam gücü ise 1070 MW dir. Tablo 3-5'de bu santrallere ait detaylı bilgiler verilmiştir [10].

Tablo 3. İşletmede Olan Rüzgar Santralleri.

<b>RÜZGAR SANTRALLARI</b>					
<b>Mevkii</b>	<b>Şirket</b>	<b>Üretime Geçiş Tarihi</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>	<b>Türbin imalatçısı</b>	<b>Türbin adet ve kapasitesi</b>
İzmir-Çeşme	Alize A.Ş.	1998	1.50	Enercon	3 adet 500 kW
İzmir-Çeşme	Güçbirliği A.Ş.	1998	7.20	Vestas	12 adet 600 kW
Çanakkale-Bozcaada	Bores A.Ş.	2000	10.20	Enercon	17 adet 600 kW
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt A.Ş.	2003	1.20	Enercon	2 adet 600 kW
Balıkesir-Bandırma	Bares A.Ş.	2006	30.00	GE	20 adet 1.500 kW
İstanbul-Silivri	Ertürk A.Ş.	2006	0.85	Vestas	1 adet 850 kW
İzmir-Çeşme	Mare A.Ş.	2007	39.20	Enercon	49 adet 800 kW
Manisa-Akhisar	Deniz A.Ş.	2007	10.80	Vestas	6 adet 1.800 kW
Çanakkale-İntepe	Anemon A.Ş.	2007	30.40	Enercon	38 adet 800 kW
Çanakkale-Gelibolu	Doğal A.Ş.	2007	14.90	Enercon	13 adet 800 kW + 5 adet 900 kW
Hatay-Samandağ	Deniz A.Ş.	2008	30.00	Vestas	15 adet 2.000 kW
Manisa-Sayalar	Doğal A.Ş.	2008	30.60	Enercon	38 adet 800 kW
İzmir-Aliğa	İnnores A.Ş.	2008	42.50	Nordex	17 adet 2.500 kW
İstanbul-Gaziosmanpaşa	Lodos A.Ş.	2008	24.00	Enercon	12 adet 2.000 kW
İstanbul-Çatalca	Ertürk A.Ş.	2008	60.00	Vestas	20 adet 3.000 kW

Tablo 4. İnşa Halindeki Olan Rüzgar Santralleri.

<b>Mevkii</b>	<b>Şirket</b>	<b>Kurulu Güç (MW)</b>	<b>Türbin imalatçısı</b>	<b>Türbin adet ve kapasitesi</b>
Balıkesir-Şamlı	Baki A.Ş.	114.00	Vestas	30 adet 3.000 kW
Muğla-Datça	Dares A.Ş.	28.80	Enercon	36 adet 800 kW

1 Kasım 2007 de EPDK'ya en fazla rüzgar santrali yatırım talebi İzmir için yapılmıştır. Talep edilen 752 yatırımın 113 tanesi İzmir'de kurulmak içindir. Bu yerler: Çeşme, Karaburun, Aliğa, Bergama dır. İzmirli 113 başvuru ile Balıkesir, 86 başvuru ile Çanakkale illeri izlemektedir. İzmir'e yakın illerden Manisa'ya ise 1,800 MW'lık bir yatırım öngörülmektedir. Diğer başlıca yatırımlar ise İstanbul'a yapılması öngörülen 7,600 MW ve Mersin'e yapılması öngörülen 7,300 MW'lık başvurulardır.

\*Bu Bildiri Makina Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

Tablo 5. Türbin Tedarik Sözleşmesi İmzalanan Rüzgar Santralleri.

Mevkii	Şirket	Kurulu Güç (MW)	Türbin imalatçısı	Türbin adet ve kapasitesi
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	35.10	Nordex	900 kW
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	22.50	Nordex	2.500 kW
Aydın-Didim	Ayen A.Ş.	31.50	Suzlon	2.100 kW
İzmir-Çeşme	Kores A.Ş.	15.00	Nordex	2.500 kW
Balıkesir-Susurluk	Alize A.Ş.	19.00	Enercon	17 adet 800 kW ve 6 adet 900 kW
Osmaniye-Bahçe	Rotor A.Ş.	135.00	GE	54 adet 2.500 kW
İzmir - Çeşme	Mazı-3 Res Elk. Ür. A.Ş.	22.50	Nordex	9 adet 2500 kW
Balıkesir-Bandırma	Borasco A.Ş.	45.00	Vestas	15 adet 3000 kW
Tekirdağ-Şarköy	Alize A.Ş.	28.80	Enercon	14 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Balıkesir-Havran	Alize A.Ş.	16.00	Enercon	8 adet 2000 kW
Çanakkale-Ezine	Alize A.Ş.	20.80	Enercon	10 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Hatay-Belen	Belen A.Ş.	30.00	Vestas	10 adet 3000 kW
Manisa-Kırkağaç	Alize A.Ş.	25.60	Enercon	32 adet 800 kW
Manisa-Soma	Soma A.Ş.	140.80	Enercon	176 adet 800 kW
Edirne-Enez	Boreas A.Ş.	15.00		
İzmir-Aliaga	Doruk A.Ş.	30.00	Enercon	15 adet 2.000 kW
İzmir-Aliaga	Yapısan İnş. Elk. A.Ş.	90.00	Nordex	36 adet 2500 kW
İzmir-Aliaga	Doğal A.Ş.	30.00	Enercon	15 adet 2000 kW
İzmir-Foça	Doğal A.Ş.	30.00	Enercon	15 adet 2000 kW
Balıkesir-Kepsut	Poyraz A.Ş.	54.90	Enercon	61 adet 900 kW
Manisa-Soma-Kırkağaç	Bilgin Elektrik Üretim A.Ş.	90.00	Nordex	36 adet 2500 kW
Balıkesir-Kepsut	Bares Elektrik Üretim A.Ş.	142.50	Nordex	57 adet 2500 kW

## RÜZGAR EKONOMİSİ

Rüzgar santrallerinin yatırımlarındaki ortalama türbin maliyeti 900-1100 € /kW'dır. Bu da tüm yatırım %100 olarak düşünüldüğünde; türbin, temel ve yol inşası, santral içi elektrik işleri, şebeke bağlantısı ve finansman pay yüzdeleri, sırasıyla, %78, %6, %5, %6 ,%4 değerlerine karşılık gelmektedir.

Türkiye'de mevcut durumda türbin kanadı ve kule imalatı yapılmaktadır. Türbinin jeneratör kısmının imalatı konusunda da gelişmeler yaşanmaktadır. Türkiye genel anlamda bir rüzgar türbininin %85'ini yerli kaynaklardan üretecek seviyededir. Sadece %15'lik bir ithalat, özellikle bazı elektronik ve kontrol elemanları için, gereklidir.

\*Bu Bildiri Makina Mühendisleri Odası Adına Düzenlenmiştir.

Sadece İzmir iline kurulacak rüzgar santrallerindeki türbin maliyetlerinin toplamı yaklaşık 14 milyar € dur. Sadece Ege ve Marmara Bölgelerimize kurulacak rüzgar santralleri dikkate alındığında ise, bu rakam 35 milyar €'ya çıkmaktadır. Bir rüzgar santralının yapımında, ayrıca bu rakamların yaklaşık %20'si oranında yan sanayi yatırımı da söz konusu olmaktadır.

## SONUÇ

Rüzgar türbini imalatı ile rüzgar santrallerinin kurulup işletilmesi teknoloji transferine açık bir alandır. Bu alan ayrıca istihdam anlamında da büyük bir fırsattır. Bu fırsat ayrıca, hemen hemen tüm türbin bileşenlerinin yerli olarak üretilmesi ve Türkiye'ye özgü türbin teknolojisinin geliştirilmesine yol açacaktır. Enerjide dışa bağımlılığımızı azaltacak bu yatırımlar AB süreci ile de uyumluluk göstermektedir. Yatırım teklifleri ve planlamaları da göstermektedir ki, İzmir Türkiye'nin rüzgar enerjisi üretim merkezi olmaya aday en önemli ilidir. Gaziemir Serbest Bölgesi'nde, Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nde mevcut türbin kanadı ve kule üretimleri ile İzmir'de üretim tesisi ve bakım şirketleri kurmaya başlayan pek çok yerli ve yabancı ortaklı şirket bunun en iyi göstergesidir.

Rüzgar potansiyeli yüksek bölgelerdeki zayıf şebekelerin güçlendirilmesi ve enerjinin güçlü tüketim noktalarına taşınması için gereken yeni iletim hatlarının yapılması bir zorunluluktur. Bağlantı noktasında kısa devre gücü limitinin %5 olması da yatırım anlamında sorunlara yol açmaktadır. Uzun sipariş sürelerinin ve finans zorluklarının, ülkemize yapılacak yatırımlarla azalacağı muhakkaktır.

## KAYNAKLAR

BP Statistical Review of World Energy, 2007.

Patel, M.R., Wind and Solar Power Systems , CRC Press, 1999.

Twidel, J., Weir, T., Renewable Energy Resources, E&FN SPON, 1990.

www.Ren21.net (2007 Global Status Report) .

MMO, Oda Raporu, Yayın No: 479, 2008.

www.eurelectric.org ( Energy Wisdom Programme Global Report).

Özerdem, B., “ Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Gelişimi ve Geleceği” Türkiye 9. Enerji Kongresi , 167- 175, 2003.

Windicator, Wind Power Monthly, January 2008.

Global Wind Energy Outlook, Greenpeace, 2006.

www.eie.gov.tr