

# RÜZGAR ENERJİSİNİN TÜRKİYE'NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNE ETKİSİ

**Ayhan ALBOSTAN, Yalçın ÇEKİÇ\* ve Levent EREN\*\***

Enerji Sistemleri Müh., Mühendislik Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, Çırağan Cd. 34349 Beşiktaş-İstanbul

\*Mekatronik Müh., Mühendislik Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi,, Çırağan Cd. 34349 Beşiktaş-İstanbul

\*\*Elektrik-Elektronik Müh., Mühendislik Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, Çırağan Cd. 34349 Beşiktaş-İstanbul

[ayhan.albostan@bahcesehir.edu.tr](mailto:ayhan.albostan@bahcesehir.edu.tr), [yalcin@eng.bahcesehir.edu.tr](mailto:yalcin@eng.bahcesehir.edu.tr), [leren@bahcesehir.edu.tr](mailto:leren@bahcesehir.edu.tr)

(Geliş/Received: 21.04.2009 ; Kabul/Accepted: 04.08.2009)

## ÖZET

Enerji tüketim seviyesi, ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınmalarını gösteren en önemli parametrelerden biridir. Günümüzde, enerji uluslararası ilişkileri belirleyen konuların en başında gelmektedir. Dünyadaki fosil kaynaklı yakıt rezervleri sınırlı olmasına karşın bu fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdikleri zarar ise çok büyüktür. Son yıllarda fosil yakıtlarına olan talebin hızla artması özellikle petrol ve doğal gaz fiyatlarının aşırı yükselmesine neden olmaktadır. Bu aşırı fiyat yükselmeleri, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini derinden etkilemektedir. Alternatif enerji kaynakları (yeni ve yenilenebilir), hem enerji probleminin çözümüne hem de yaşanabilir temiz bir çevreye sahip olunmasına katkı sağlayacaktır. Alternatif enerji kaynaklarının etkin ve hızlı olarak devreye sokulması günümüzde tüm ülkeler için kaçınılmazdır. Bu çalışmada, Türkiye'deki alternatif enerji kaynaklarının en önemlilerinden birisi olan rüzgarın etkin ve verimli bir şekilde değerlendirilmesi durumunda ülkenin arz güvenliğine olacak katkıları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji arz güvenliği, alternatif enerji kaynakları, yenilenebilir enerji, Türkiye'nin rüzgar enerji potansiyeli.

## EFFECT OF WIND ENERGY ON TURKEY'S ENERGY SUPPLY SECURITY

### ABSTRACT

Energy consumption is one of the major indicators showing how developed a country is both socially and economically. Today, energy plays an important role in international relations. Fossil based energy resources are limited and they affect the environment in a negative way. Furthermore, the increase in energy demand recently resulted in price hikes in oil and natural gas prices. Increases in natural gas and oil prices have a very negative impact on the economies of developing countries such as Turkey. Therefore, it is a must for all nations to effectively use renewable energy resources which are clean and friendly to the environment. In this study, the possible contribution of renewable energy resources to Turkey's energy supply study will be studied.

**Keywords:** power supply security, renewable energy sources, wind energy potential in Turkey.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

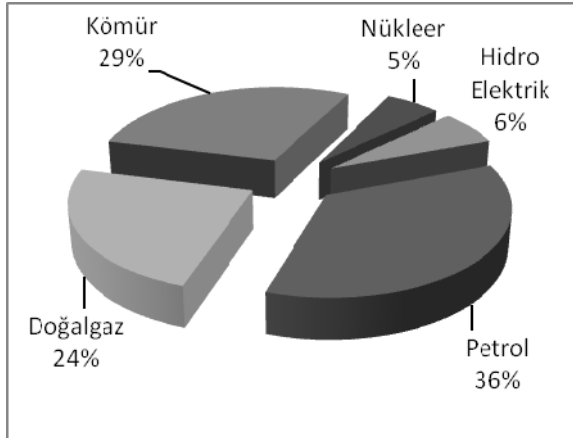
Enerji arz güvenliği, ülkelerin ekonomik gelişmelerini ve ulusal güvenliklerini temelden etkileyen bir olgudur. Bu nedenle, enerji kaynaklarını kesintisiz, güvenilir, kaliteli, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak her ülkenin güvence altına alması gereken en öncelikli konulardan biridir. Ülkelerin enerji arz güvenliği, geniş kapsamlı bir kavramdır ve tek başına yukarıda

sıralanan temel başlıklar arasında değerlendirilmesi yeterli değildir. Enerji arz güvenliğini etkileyen diğer faktörleri şöyle sıralayabiliriz; Enerji altyapısına yönelik terörist saldırılar, yatırım eksiklikleri ve teknoloji yetersizliklerinin doğuracağı kesintiler, doğal afetlerin doğuracağı engeller, ambargolar, grevler/lokavtlar, iç savaşlar ve işgaller gibi olasılıklar [1]. Bu çalışmada; dünyadaki fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme ışığında Türkiye'nin

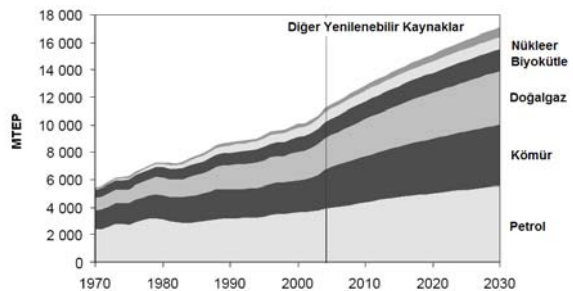
enerji arz güvenliğine yönelik temel saptamalar gösterilmiştir. Bunlara ek olarak Türkiye'deki alternatif enerji kaynaklarının, özellikle rüzgar enerjisinin etkin bir şekilde değerlendirilmesi durumunda ülkenin enerji arz güvenliğine yapacağı katkıları gösterilmiştir.

## 2. GENEL DEĞERLENDİRME (GENERAL OVERVIEW)

Dünyada 2005-2030 yılları arasında, yılda ortalama %1,6 civarında artması beklenen birincil enerji (Kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlar ve nükleer enerji) tüketiminde; petrol, doğal gaz ve kömürün, toplam payları halen yaklaşık %89'dur (Şekil-1). Fosil kaynakların bu oranlarını iyimser bir tahminle en azından çeyrek yüzyıl daha korumaları beklenmektedir (Şekil-2)[2]. Enerji talep artış oranlarının, OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) dışı Asya-Pasifik ülkelerinde, dünya ortalamasına kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil-3). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) dünyadaki tüketilen enerjinin %25'ini, benzinin ise %44'ünü kullanmaktadır. ABD tükettiği enerjinin büyük bir kısmını ithal etmektedir. ABD kendi ihtiyacını karşılamak ve diğer büyük güçlerin bu sınırlı kaynaklara erişimini kontrol etme amaçlı stratejilerini sürdürmektedir [1]. Dünyadaki petrol ve doğal gaz rezervleri, başta Orta Doğu olmak üzere, Rusya, Kuzey Afrika ve Hazardenizi bölgesinde yoğunlaşmıştır, bu alanlar süper güçler



Şekil 1. Dünya birincil enerji tüketimi (World primary energy consumption) [2]



Şekil 2. Dünya birincil enerji talep referans senaryosu MTEP (The reference scenario world primary energy demand)



Şekil 3. Dünya enerji tüketiminde kaynakların Payları, (World energy consumption of the resource shares) [17]

tarafından ilgi duyulan bölgelerdir. Bu ilgi petrol fiyatlarının aşırı yükselmesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda da Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomileri derinden etkilenmektedir. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde dünya enerji tüketiminin %50 oranında artması beklenmektedir [3]. Bu enerji açığının büyük bir kısmı Ortadoğu ve Hazar bölgelerinden karşılanacağı öngörülmektedir [1]. Dünyadaki petrol ve doğal gaz rezervinin yaklaşık %75'i Orta Doğu, Avrupa, Rusya, Hazar ve Orta Asya ülkelerinde bulunmaktadır [3]. Son yıllarda Orta Asya ve Hazar bölgesindeki petrol ve doğal gaz kaynaklarının enerji piyasasına girmesi, enerji talebinin karşılanmasında önemli bir ek kaynak olarak ortaya çıkmıştır.

### 2.1. Türkiye'nin Enerji Kaynakları (Energy Sources Of Turkey)

Türkiye'nin 2007 yılında birincil enerji kaynaklarından elektrik üretimi 33,38 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Tablo 1' de görüldüğü gibi 2010 yılında 37,5 ve 2020 yılında ise 66 MTEP olarak gerçekleşmesi beklenmektedir. Türkiye'nin 2007 yılında toplam enerji tüketimi ise 99,6 MTEP olarak gerçekleşmiştir [4]. Toplam enerji tüketiminde %33 ile petrol en büyük payı almış olup; bunu %29 ile doğal gaz, %28 ile kömür ve geri kalan %10'luk bölümü ise hidrolik dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklar izlemiştir [5]. Ülkenin toplam enerji talebinin 2010 yılında 126 MTEP'ye, 2020 yılında ise 222 MTEP'ye ulaşması beklenmektedir [5].

Ülkemizin 2007 yılı sonu toplam elektrik enerji üretimi 189,5 milyar kWh' a ulaşmıştır. Üretilen elektrik enerjisinin %44'ü doğal gazdan; %25,1'i hidrolikten; %18,4'ü linyitten; %6,3'ü ithal kömürden; %3'ü fuel-oil'den; %1,6'sı taşkömüründen ve %1,1'i naftadan elde edilmiştir [7]. 2007 yılında elektrik üretiminin %54,7'lik kısmı ithal kaynaklardan sağlanmıştır. Üretilen elektrik enerjisinin %74,7'i termik santrallerde gerçekleştirilmiştir [7]. Buradan da görüldüğü gibi ülkemizde tüketilen enerji, ağırlıklı

olarak petrol ve doğal gazla bağımlıdır. Türkiye'nin yıllık toplam ithalatının yaklaşık üçte birini enerji oluşturmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedefini gerçekleştirebilmesi için ithalata bağlı enerji bağımlılığı azaltılmalıdır. Enerji ithalatını azaltabilmek için, alternatif enerji kaynakları bulmak gerekmektedir. Bunların başında yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir. Bu alternatif kaynakların hızlı bir şekilde devreye alınması, enerji arz güvenliğine pozitif katkı sağlayacağı gibi aynı zamanda dış ülkelere olan enerji bağımlılığını da azaltacaktır (özellikle petrol ve doğal gaz ithalatını). Sonuç olarak Türkiye'nin enerji arz güvenliği güçlenecek ve ekonomisi rahatlayacaktır. Türkiye çok çeşitli birincil enerji kaynaklarına sahiptir, bunlar sırasıyla petrol, doğal gaz, linyit, taşkömürü, bitümlüştü gibi fosil kaynaklar; uranyum ve toryum gibi nükleer rezervler; rüzgar, hidrolik, güneş, jeotermal gibi çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarıdır, Tablo 1'de bunlara ilişkin 2007-2020 yılları arasındaki tüketimleri gösteren projeksiyon verilmiştir. Bugüne kadar yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre Türkiye'nin petrol ve doğal gaz gibi dünyada yoğun olarak kullanılan fosil kaynakları yeterli düzeyde değildir.

Türkiye'nin bilinen (kalan) üretilebilir petrol rezervleri 300 milyon varil (43 milyon ton) civarındadır [8]. Bu miktar, etrafındaki petrol zengini (Irak, İran, S. Arabistan) ülkelerle kıyaslanamayacak kadar azdır. Türkiye'de bugüne kadar 1,3 milyar varil civarında üretilebilir petrol rezervi keşfedilmiş, bunun yaklaşık 900 milyon varili tüketilmiştir. Türkiye'de yılda yaklaşık olarak 30,6 milyon ton petrol (ürünü) tüketilmektedir (sivil tüketim). 2005 yılında ithal edilen ham petrol miktarı 23,5 milyon ton [8], Türkiye'de işlenen ham petrol miktarı 25,5 milyon ton civarındadır, bunun 2,2 milyon tonu kendi üretimidir. Bir diğer ifadeyle, işlenen ham petrolün sadece %8,6'sı yerli üretimle karşılanabilmektedir. Doğal gaz açısından bakacak olursak, Türkiye'nin kalan üretilebilir gaz rezervleri yaklaşık 8 milyar metreküptür. Türkiye'de 2006 yılı itibarıyla, 30,83

milyar metreküp gaz tüketilmiştir [9]. Bunun 19,65 milyar metreküpü (%64'ü) iki ayrı boru hattıyla Rusya Federasyonu'ndan alınmıştır. İthalatın yapıldığı diğer ülkeler Cezayir (4,2 milyar metreküp), Nijerya (1,12 milyar metreküp) ve İran'dır (5,69 milyar metreküp). Cezayir ve Nijerya'dan yapılan ithalat, sıvılaştırılmış gaz (LNG) biçimindedir [8]. Tüketilen gazın 16,64 milyar metreküpü (%55'i) elektrik üretiminde, 7,26 milyar metreküpü konut sektöründe, 6,44 milyar metreküpü sanayi sektöründe ve 0,16 milyar metreküp ise gübre sanayisinde tüketilmiştir [9]. Kömür açısından bakıldığında ise, Türkiye'nin ispatlanmış linyit rezervleri 8,1 milyar ton, taş kömürü rezervleri ise 1,1 milyar ton [4]. Linyit kaynaklarımızın üçte ikisi henüz devreye alınmamıştır. Temiz yakma teknolojileri kullanılması durumunda, verimi yüksek ve çevreye zarar riski düşük olan linyit santralleri, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltacak önemli kaynaklar arasındadır. Linyit ve taş kömürü arama çalışmaları önemli bir kaynak olarak dikkate alınmalıdır. Hidroelektrik, Enerji Bakanlığı ve DSİ verilerine göre, ülkemizin teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir hidroelektrik potansiyeli, 140 milyar kWh/yıldır [10]. Bu potansiyelin kurulu güç cinsinden ifadesiyse, yaklaşık 34,729 MW/yıldır. Bunun üçte ikisi henüz kullanılmamaktadır. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi'nin yaptığı bir çalışmaya göre, havza bazında yapılan yeni değerlendirmeler ve özellikle küçük hidroelektrik santrallerin yaratacağı potansiyel dikkate alındığında, Türkiye'nin teknik-ekonomik kullanılabilir hidroelektrik potansiyelinin 163-188 milyar kWh olduğu değerlendirilmektedir. Bu tespit dikkate alındığında, kullanılmayan teknik-ekonomik ve kullanılabilir hidroelektrik potansiyelimizin dörtte üçünün devreye alınmadığı görülmektedir. Türkiye'de bugüne kadar pompa depolamalı (pumped) hidroelektrik santral inşa edilmemiştir [10]. Birçok ülkede başarıyla uygulanan bu tür santraller de inşa edilmelidir. Ülkemizde, bu tür santrallerin bir an önce inşası için gereken destekler sağlanmalıdır. Böylece, temiz, yenilenebilir ve yerli bir kaynak olan hidroelektrik potansiyeli, gerektiği gibi kullanılmış olur. Bu durum Türkiye'nin enerji

**Tablo 1.** Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi (Bin TEP) (Turkey's consumption from primary energy resources, thousand TOE)

YILLAR	TAŞKOMURU	LINYIT	ASFALTİT	PETROL	DOĞAL GAZ	HİDROLİK	JEOTERMAL ELEKTRİK	JEOTERMAL ISI	WIND	SOLAR	NUKLEER	ODUN	HAYVAN VE BİTKİ ART.	TOPLAM
2007	2222	16662	301	1975	306	4575	330	1308	330	441		3822	1115	33387
2008	5104	16974	301	1841	293	4678	330	1442	361	460		3669	1087	36540
2009	5097	17672	301	1699	248	4692	330	1588	391	475		3523	1059	37076
2010	5092	18001	301	1573	235	4903	330	1750	421	495		3383	1034	37516
2011	5096	19456	301	1459	228	5177	330	1928	450	515		3319	1009	39269
2012	5105	20131	301	1359	221	5646	330	2124	480	536	2743	3256	986	43218
2013	5111	21565	301	1264	225	6172	330	2339	511	558	2743	3194	965	45278
2014	5115	22778	301	1161	223	6673	330	2575	541	580	5486	3134	945	49842
2015	5109	24190	301	1069	213	7060	330	2836	571	605	8229	3075	926	54514
2016	5123	25600	301	990	213	7491	330	3122	601	650	8229	3075	909	56634
2017	5124	27233	301	915	212	7948	330	3437	631	697	8229	3075	892	59024
2018	5124	29374	301	849	216	8421	330	3784	661	748	8229	3075	877	61989
2019	4986	30813	301	754	220	8932	330	4165	691	803	8229	3075	863	64163
2020	4755	32044	301	693	229	9419	330	4584	721	862	8229	3075	850	66094

Not: 2007 yılı değerlerinin tamamı tahmini olup, geçicidir.

açısından dışa bağımlılığını da azaltır. Bir ülkenin önemli yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgar, güneş ve jeotermaldir. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından coğrafi konumu nedeniyle şanslı ülkelerden biridir.

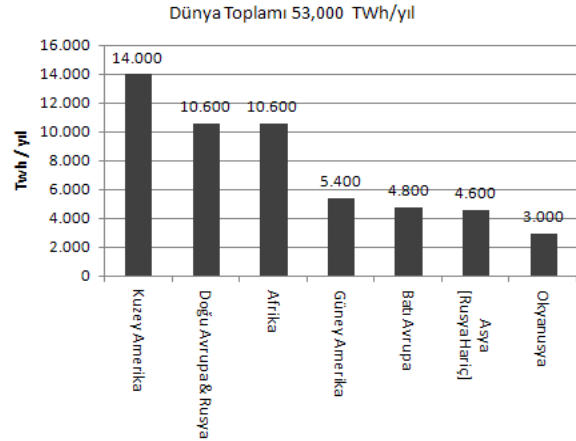
Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün güneşlenme süresi ve ısınım şiddeti ölçümleri üzerinden EİE tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ortalama toplam ısınım şiddeti 1,311 kWsaat/metreka-re-yıl olarak saptanmıştır [11]. Enerji Bakanlığı verilerine göre, elektrik amaçlı kullanılacak güneş potansiyelimiz 8,8 Mtep, ısınma amaçlı kullanılacak potansiyelse 26,4 Mtep olarak verilmektedir. Jeotermal enerji, Enerji Bakanlığı ve Maden Tetkik Enstitüsü verilerine göre, elektrik üretimi amaçlı kullanılacak (görünür ve mümkün) toplam jeotermal potansiyelimiz 4.500 MW/yıl, termal amaçlı kullanılacak toplam potansiyelimiz ise 31.000 MW/yıl'dır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına göre elektrik üretim lisans işlemleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

### 3. RÜZGÂR ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ DURUMU (WIND ENERGY IN THE WORLD)

Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerjiler arasındaki en gelişmiş ve ticari açıdan en elverişli enerji türüdür. Rüzgar enerjisi doğa ile uyumlu olup hem çevreye en az zarar veren hem de tükenme ihtimali olmayan bir enerji kaynağıdır. 1998'in sonunda yaklaşık elli ülkede 10,000 MW'tan fazla elektrik üreten rüzgar türbinleri işletmede iken son yıllarda ise rüzgar türbini satışlarında yaklaşık yıllık %40 lık bir büyüme gerçekleşmiştir [12]. Günümüzde rüzgar enerjisi için en başarılı pazarlar, başta Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa'dır. Rüzgar teknolojisinin kullanımında ABD ve bunun yanı sıra gelişmekte olan ülkelere Hindistan, Çin ve Güney

Amerika ülkelerinde büyük bir patlama olmuştur. Rüzgar enerjisi aynı zamanda en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Uygun rüzgar bölgelerinde rüzgar enerjisi fosil yakıtlar ve nükleer enerji ile rahatlıkla rekabet edebilecek düzeydedir. Yatırım maliyetleri, rüzgar teknolojisi geliştikçe ve kullanım alanları arttıkça hızla düşmektedir. Çevresel avantajları açısından dünyada pek çok ülke, resmi teşviklerle rüzgar enerjisini desteklemektedirler. Tüm bu teşviklerin amacı, rüzgar enerji sektörünü harekete geçirmek, maliyetleri düşürmek ve resmi desteklerle şu an fosil yakıtların sahip olduğu haksız üstünlüğü ortadan kaldırmaktır. Grubb ve Meyer tarafından yapılan ve "IEA-Word Energy" tarafından yayımlanmış çalışmada, 5,1 m/sn. üzerinde rüzgar kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük kısıtlar nedeni ile % 4 'ün kullanılacağı esasına dayalı çalışmada, dünya rüzgar enerji potansiyeli yaklaşık 53.000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır [11]. Rüzgar enerji potansiyelinin dünyadaki dağılımı, Şekil 4 ve 5 'de gösterilmektedir [13]. Söz konusu olan bu çalışmada dikkate alınmayan 4-5 m/sn hızlı bölgelerde de ayrıca büyük bir rüzgar enerji potansiyel vardır. Matthies ve

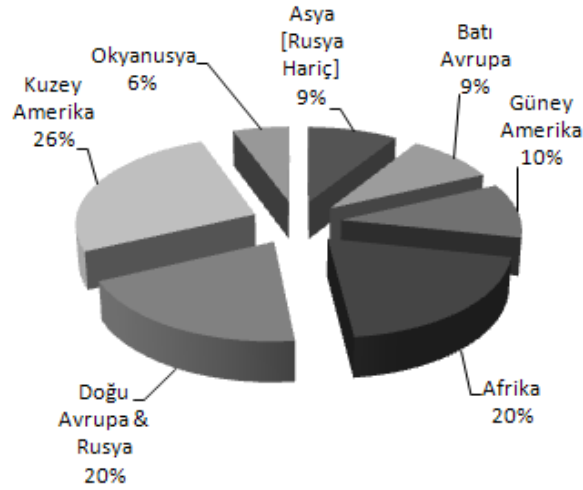


Şekil 4. Dünyadaki teknik rüzgar potansiyeli dağılımı (Potential distributions of world wind energy)[13]

Tablo 2. Yenilenebilir Kaynaklara Dayalı Lisans İşlemleri (Renewable based production licensing)

	Başvuru		İnceleme & Değerlendirme		Uygun Bulma		Lisans Verilen		İptal Edilen Lisanslar		Sonlandırılan Lisanslar	
	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW	Adet	MW
Rüzgar	3	39,60	35	1.849,00	13	859,90	93	3.402,75	15	596,56	10	350
Jeotermal							6	91,80				
Biyogaz			2	9,68			12	50,55	1	15,00		
Biyokütle			1	4,00					1	10,00		
TOPLAM	3	39,60	38	1.862,68	13	859,90	111	3.545,10	17	621,56	10	350

1 Kasım 2007 tarihinde yapılan rüzgar enerjisine dayalı lisans başvurularından; 69.288 MW toplam kurulu güçteki 718 adet başvuru halen inceleme ve değerlendirme aşamasındadır.



**Şekil 5.** Dünyadaki teknik rüzgar potansiyelinin yüzdelik dağılımı (Potential percentage distribution of world technical wind energy)[13]

Garrad'ın "Avrupa Birliği" için yaptığı çalışmada bu değer yalnızca Avrupa için 2,500 TWh/ yıl olacağı görülmektedir [14]. IEA World Energy'nin 2020 yılı Dünya Talep Projeksiyonuna göre "Ekonomik Rüzgar Potansiyeli" Tablo 3 ve Şekil 6-7 de gösterilmektedir [3].

#### 4. TÜRKİYE'NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ (WIND ENERGY POTENTIAL OF TURKEY)

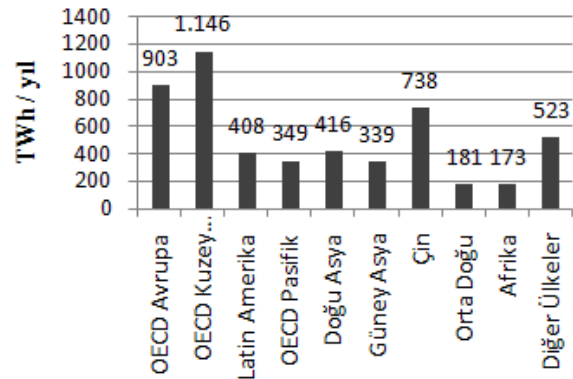
Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde kullanılmasına ilişkin 4628 sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu" ile yenilenebilir enerji kaynaklarından özel sektöre de elektrik üretimi imkanı verilmiştir. Bu faaliyetler lisans kapsamına alınarak yatırımcılara ülkenin rüzgar enerji potansiyeli, kanal tipi ve küçük rezervuarlı hidroelektrik üretimi için fizibilite yapabilmeleri

sağlanmıştır. Son olarak 2005 yılında yapılan yasal düzenleme (5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu) ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecek elektrik enerjisine sağlanan alım garanti süresi 7

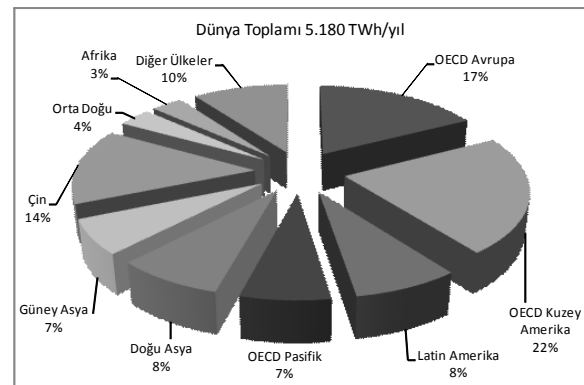
**Tablo 3.** 2020 yılı Dünya Talep Projeksiyonu ve Ekonomik Rüzgar potansiyeli (2020 energy demand projection of and economical wind potential)

Bölgeler	Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu (TWh/yıl)	Ekonomik Rüzgar Potansiyeli (TWh/yıl)
OECD Avrupa	4.515	903
OECD Kuzey Amerika	5.729	1.146
Latin Amerika	2.041	408
OECD Pasifik	1.745	349
Doğu Asya	2.081	416
Güney Asya	1.695	339
Çin	3.691	738
Orta Doğu	907	181
Afrika	864	173
Diğer Ülkeler	2.615	523
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>25.883</b>	<b>5.176</b>

**Dünya Toplamı 5.180 TWh/yıl**



**Şekil 6.** Dünyanın Ekonomik Rüzgar Potansiyeli Dağılımı (2020 yılı tüketiminin %20'si bazında) (World wind energy potential distribution)



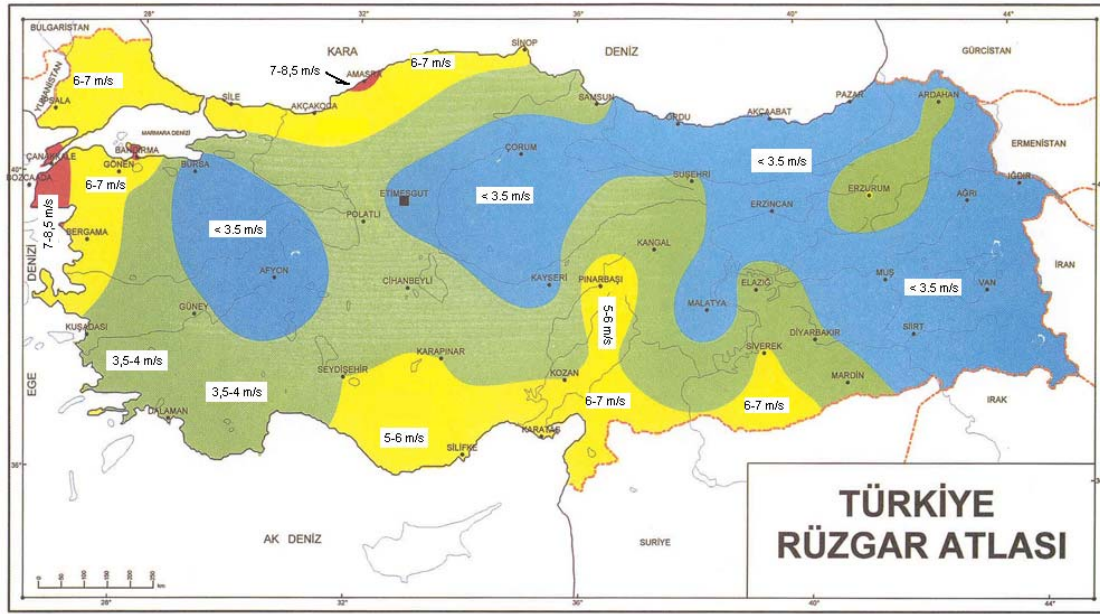
**Şekil 7.** Dünyanın Ekonomik Rüzgar Potansiyelinin % Dağılımı (Percentage distribution of economical potential of world wind energy)

yıldan 10 yıla çıkarılmış ve 5-5,5 € cent/kWh fiyat tabanı getirilerek bu sektöre yapılacak yatırımların hız kazanması sağlanmıştır. EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) Genel Müdürlüğü rüzgara dayalı elektrik üretimi yapacak yatırımcılara yardımcı olmak için Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli (REPA) haritasını hazırlamıştır [11].

Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli konusunda farklı yaklaşımlar olmakla birlikte, rüzgar enerji kaynağı açısından şanslı ülkeler arasında sayılabilir, EİE'nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgar hızları, bu bölgelerin birçoğunun rüzgar enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu göstermektedir [15-16].

Türkiye, karasal rüzgar açısından, EİE'nin ölçüm verilerine göre zengin sayılabilecek konumdadır [16]. Rüzgar potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz öncelikle; Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. EİE tarafından hazırlanan Türkiye Rüzgar Potansiyeli Atlası'na göre yerleşim alanları dışında 50 m yükseklikteki rüzgar hızları Şekil 8'den görüleceği üzere; Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6,0 – 7,0 m/sn ve iç kesimlerinde 5,5 – 6,5 m/sn, Batı Akdeniz kıyılarında 5,0 – 6,0 m/sn ve iç kesimlerinde 4,5 – 5,5 m/sn, Kuzeybatı





Şekil 8. Türkiye Rüzgar Atlası (EİE Genel Müdürlüğü) (Wind map of Turkey)

Ege kıyılarında 7,0 – 8,5 m/sn ve iç kesimlerinde 6,5 – 7,0 m/sn'dir [11]. Yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılan tahmini sonuçlar, Türkiye'nin teknik rüzgar enerji potansiyeli, kurulu gücü ve ortalama verimleri aşağıdaki Tablo 4'de gösterilmektedir [11].

Bu sonuçlar, çok sayıda yatırımcı firmayı rüzgar tarlaları kurmak için cesaretlendirmiş ve kendi rüzgar ölçümlerini yapmasına neden olmuştur. Firmaların sunduğu ön fizibilite ve fizibilite raporları EİE tarafından gerek yasal mevzuatlar açısından gerekse de rüzgar atlası analiz ve uygulama programları (WASP ve WindPro) ile santral sahasından üretilebilecek enerji miktarının tespiti ve optimum tarla tasarımının değerlendirilmesi açısından incelenmektedir [11]. Rüzgar hızlarının yüksek olduğu İzmir, Balıkesir, Çanakkale ve Hatay illerimizin başı çektiği bölgelerimizde, son yıllara kadar az sayıda mühendislik şirketi, EİE ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün ölçüm yaptığını, ancak 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun yürürlüğe girmesinden sonra, çok sayıda gerek yerli, gerekse yabancı yatırımcıların rüzgar enerjisi üretim sektörüne ilgilerinin artmış olduğu görülmüştür. Elektrik piyasasına ilişkin mevzuatta, rüzgar enerjisine yatırım yapacak gerçek yatırımcıların önünü açacak yeterli düzenlemeler 2005 yılına kadar yapılamamıştır. Bu konuda son olarak, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun 2005 yılında yasallaşması ile yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten

**Tablo 4.** Türkiye'nin teknik rüzgar enerjisi potansiyeli ve ortalama verimleri (Technical and energy potential of Turkey and its average efficiency)

	Teknik Potansiyel MW	TWh/year	Kurulu Rüzgar Enerji Santral Gücü (31/12/2008)	Rüzgar Enerji Üretim Verimi (ortalama)%
TÜRKİYE	80.000	166	350	32-35

üreticilere alım garantisi modeli getirilmek suretiyle, yüksek kapasite faktörüne sahip rüzgar enerji projelerinin önü açılmıştır. Bu kapsamda yenilenebilir kaynaklarından üretilen elektrik enerjisini serbest piyasadaki satışına ilişkin alternatifler de sunulmuştur. Türkiye'nin rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi kapasitesi (31.12.2008) tarihi itibarıyla 350 MW'a ulaşmış olup, 2010 yılı sonunda bu değer en az 1500 MW'a ulaşması beklenmektedir [17]. Rüzgar enerjisine yatırım yapacak yatırımcıların teknik açıdan dikkat etmesi gereken temel hususlar,

1. Seçilen bölgedeki rüzgar ölçüm verilerinin uluslararası normlarda olması,
2. Yatırıma karar verilen bölgede şebekeye bağlantının mümkün olduğunun veya şebeke genişlemesinin veya yenilenmesinin Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ya da bölgedeki dağıtım şirketlerinden teyit edilmesi (TEİAŞ, "Arz Güvenliği" çerçevesinde, rüzgar santralının gücünün, bağlantısı yapılacağı trafo merkezinin kısa devre gücünün %5'ine kadar olmasına izin vermektedir),
3. Seçilen bölgenin SİT ve orman alanı gibi, izin, onay ve ruhsat gibi işlemler açısından problemsiz olduğunun tespit edilmesi, olarak sıralanabilir.

Görüldüğü üzere, 2001 yılında çıkarılan 4628 sayılı Elektrik Piyasa Kanunu rekabetçi bir serbest piyasanın oluşturulmasıyla, belki de en zor yatırımlar arasında yer alan rüzgar yatırımları 2007 yıl sonunda 350 MW'lık bir kurulu güce ulaşmıştır. Rüzgar enerjisine dayalı elektrik enerjisi üretiminde önemli bölgelerden biri olması gereken Çeşme bölgesi henüz istenilen ölçüde faaliyete geçirilememiştir. Sebebi bölgede üretilecek elektrik enerjisinin yarımada ana karaya aktarılması için gereken trafo merkezleri ve iletim hatlarının olmamasıdır. Bu bölgenin rüzgar

**Tablo 5.** Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Üretimi için Lisans başvuruları (Kasım 2008) (License application for wind energy production in Turkey)

Wind Projects in Türkiye					
Şirket	Mevkii	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Türbin imalatçısı	Türbin adet ve kapasitesi
Company	Location	Comm. Date	Installed Cap. (MW)	Turbine manufacturer	Turbine capacity
Alize A.Ş.	İzmir-Çeşme	1998	1,5	Enercon	3 adet 500 kW
Güçbirliği A.Ş.	İzmir-Çeşme	1998	7,2	Vestas	12 adet 600 kW
Bores A.Ş.	Çanakkale-Bozcaada	2000	10,2	Enercon	17 adet 600 kW
Sunjüt A.Ş.	İstanbul-Hadımköy	2003	1,2	Enercon	2 adet 600 kW
Yapısan A.Ş.	Balıkesir-Bandırma	I/2006	30	GE	20 adet 1.500 kW
Ertürk A.Ş.	İstanbul-Silivri	II/2006	0,85	Vestas	1 adet 850 kW
Mare A.Ş.	İzmir-Çeşme	I/2007	39,2	Enercon	49 adet 800 kW
Deniz A.Ş.	Manisa-Akhisar	I/2007	10,8	Vestas	6 adet 1.800 kW
Anemon A.Ş.	Çanakkale-İntepe	I/2007	30,4	Enercon	38 adet 800 kW
Doğal A.Ş.	Çanakkale-Gelibolu	II/2007	14,9	Enercon	13 adet 800 kW + 5 adet 900 kW
Deniz A.Ş.	Hatay-Samandağ	I/2008	30	Vestas	15 adet 2.000 kW
Doğal A.Ş.	Manisa-Sayalar	I/2008	30,6	Enercon	38 adet 800 kW
İnnores A.Ş.	İzmir-Aliğa	I/2008	42,5	Nordex	17 adet 2.500 kW
Lodos A.Ş.	İstanbul-Gaziosmanpaşa	I/2008	24	Enercon	12 adet 2.000 kW
Ertürk A.Ş.	İstanbul-Çatalca	I/2008	60	Vestas	20 adet 3.000 kW
İŞLETMEDEKİ KAPASİTE TOPLAMI CAPACITY UNDER OPERATION			333,35		
Baki A.Ş.	Balıkesir-Şamlı	II/2008	114	Vestas	38 adet 3.000 kW
Dares A.Ş.	Muğla-Datça	II/2008	28,8	Enercon	36 adet 800 kW
İNŞA HALİNDEKİ KAPASİTE TOPLAMI CAPACITY UNDER CONSTRUCTION			142,8		
Ezse Ltd. Şti.	Hatay-Samandağ	II/2008	35,1	Nordex	900 kW
Ezse Ltd. Şti.	Hatay-Samandağ	II/2008	22,5	Nordex	2.500 kW
Ayen A.Ş.	Aydın-Didim	II/2008	31,5	Suzlon	2.100 kW
Kores A.Ş.	İzmir-Çeşme	II/2008	15	Nordex	2.500 kW
Alize A.Ş.	Balıkesir-Susurluk	II/2008	19	Enercon	17 adet 800 kW ve 6 adet 900 kW
Rotor A.Ş.	Osmaniye-Bahçe	I/2009	135	GE	54 adet 2.500 kW
Mazi-3 Res Elk. Ür. A.Ş.	İzmir - Çeşme	I/2009	22,5	Nordex	9 adet 2500 kW
Borascio A.Ş.	Balıkesir-Bandırma	I/2009	45	Vestas	15 adet 3000 kW
Alize A.Ş.	Tekirdağ-Şarköy	I/2009	28,8	Enercon	14 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Alize A.Ş.	Balıkesir-Havran	I/2009	16	Enercon	8 adet 2000 kW
Alize A.Ş.	Çanakkale-Ezine	I/2009	20,8	Enercon	10 adet 2000 kW ve 1 adet 800 kW
Belen A.Ş.	Hatay-Belen	I/2009	30	Vestas	10 adet 3000 kW
Alize A.Ş.	Manisa-Kırkağaç	II/2009	25,6	Enercon	32 adet 800 kW
Soma A.Ş.	Manisa-Soma	II/2009	140,8	Enercon	176 adet 800 kW
Boreas A.Ş.	Edirne-Enez	II/2009	15	Nordex	6 adet 2.500 kW
Doruk A.Ş.	İzmir-Aliğa	II/2009	30	Enercon	15 adet 2.000 kW
Yapısan İnş. Elk. San. Tic. A.Ş.	İzmir-Aliğa	II/2009	90	Nordex	36 adet 2500 kW
Doğal A.Ş.	İzmir-Aliğa	I/2010	30	Enercon	15 adet 2000 kW
Doğal A.Ş.	İzmir-Foça	I/2010	30	Enercon	15 adet 2000 kW
Poyraz A.Ş.	Balıkesir-Kepsut	I/2010	54,9	Enercon	61 adet 900 kW
Bilgin Elk. Üretim A.Ş.	Manisa-Soma- Kırkağaç	I/2010	90	Nordex	36 adet 2500 kW
Bares Elektrik Üretim A.Ş.	Balıkesir-Kepsut	I/2010	142,5	Nordex	57 adet 2500 kW
TÜRBİN TEDARİK SÖLEŞMESİ İMZALI PROJE TOPLAMI (PROJECTS WITH A TURBINE SUPPLY CONTRACT)			1.070,00		
GENEL TOPLAM			1.546,15	MW	

enerjisinin sisteme aktarılması için ilgili yatırımların ivedi olarak yapılması gerekmektedir. Rüzgar enerjisi açısından en verimli bölgelerdeki enerjinin ülke arz güvenliğine katkı sağlaması için EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu) gerekli iletim yatırımının, lisans alacak şirketler tarafından yapılacağı bir yöntem geliştirmelidir. Ülkemizde rüzgar enerjisinden elektrik enerji üretim tesisi kurmak için yerli ve yabancı şirketler tarafından yapılan lisans başvurularının listesi Tablo 5’de gösterilmiştir [17].

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle rüzgar, hidrolik ve güneş enerjisinden, elektrik enerjisi elde edilip kullanılması gelişmiş ülkelerde artık tartışılmaktan çıkmış, uygulamaya konularak yeni hedefler belirlenmiştir. Avrupa Birliği'nin (AB) “Yenilenebilir Enerji Politikası;” Ocak 2007’de hazırladığı yeni Enerji-İklim değişikliği paketinde AB çapında zorunlu bir hedef ortaya koydu. Söz konusu hedefe göre; 2020 yılına kadar toplam enerji tüketiminin %20’sini yenilenebilir enerjilerin oluşturması gerekiyor. Türkiye’de AB ‘nin yaptığı gibi 2020 yılına kadar toplam enerji tüketiminin %20’sini yenilenebilir enerjilerin oluşturması yönünde hedefler koymalıdır. Bu hedeflere ulaşmak için yenilenebilir enerji tesislerinin ihtiyacı olan makine ve ekipmanların en az % 40-45’inin yurt içinden teminini öngören ve yerli sanayimizi geliştirecek yönde düzenlemeler yapılmalıdır. Ülkemizde son dönemde rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretimine talep giderek artmaktadır. Bir Kasım 2007 tarihinde EPDK’nın başvuru süresi bir gün olan rüzgar santrali başvurularına özel şirketler beklenenin çok üzerinde ilgi göstermişlerdir. Şirketler bir günlük başvuru süresi sonunda 78.000 MW’lık rüzgar santrali başvurusunda bulunmuşlardır [14]. Ancak, gerek söz konusu başvuruların yapıldığı arazilerin çakışması gerekse de bağlantı noktalarındaki teknik limit ve kısıtlar sebebiyle, bu 78.000 MW’lık başvuruların değerlendirilmesi devam etmektedir. Türkiye’nin tahmin edilen ekonomik rüzgar enerji potansiyeli yaklaşık 50.000 MW’ dır. Mevcut durumdaki enerji sisteminin teknik rüzgar bağlantı kapasitesi ise sadece 2.500 MW (sıcak yedek kapasitesine göre) civarındadır [5]. Türkiye’nin 2020 yılındaki beklenen enerji talebi 460 TWh (90.000 MW) dır [4]. Ülkenin toplam kurulu gücü (31/12/2008) tarihi itibarı ile 41.800 MW olduğu düşünülürse Türkiye gelecek 11 yıl içerisinde yaklaşık 48.500 MW’lık yeni elektrik üretim tesisi yapmak durumundadır. Bu kurulacak gücün de en az %5’i rüzgar enerjisinden temin edileceği öngörülmelidir. Bu % 5 lik enerjiye karşılık gelen rüzgar kurulu güç yaklaşık 5.000 MW olacaktır. Ancak yatırımların daha hızlı uygulanabilir hale getirilmesi için yeni yasal düzenlemeler ile yeni destekler sağlanmalıdır. Ülkemizde rüzgar enerji yatırımcılarının karşılaştığı iki temel sorun vardır. Bunlardan birincisi rüzgar enerji üretim tesislerinin

tüketim merkezlerinden uzakta olması, ikincisi ise bölge enerji arz güvenliğinin sağlanamamasıdır. Birinci temel sorunun bir sonucu olarak, şebeke bağlantı maliyetleri yükselmekte ve bundan dolayı birim elektrik enerji maliyeti artmaktadır. Bu problem teşvikler ve uygun planlama ile aşılabilir. İkincisi ise şu şekilde çözülebilir; rüzgar enerji üretim tesislerinin iletim ve dağıtım sistemine bağlantıları, TEİAŞ tarafından sistem arz güvenliğini riske etmeyecek şekilde gerekli planlamalar (sıcak yedek güç bulundurma) yapılmalıdır. Bu planlama enerji sisteminin arz güvenliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Türkiye’nin enerji arz güvenliği için, enerji verimliliği göz önünde tutularak; yerli kaynak, yeni kaynak ve yeni teknoloji politikaları izlenmelidir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Pamir, N., **Energy Policies and Global Developments**, Global Energy, 2006.
2. **BP Statistical Review of World Energy 2008**, www.bp.com/statisticalreview, 26.05.2009.
3. **World Energy Outlook 2006**, International Energy Agency (IEA), Head of Publications Service, France, 2006.
4. **Fosil Yakıtlar - Genel Bilgi**, (<http://www.enerji.gov.tr/index.php?sf=webpages&b=fosilyakitlar>), 26.05.2009.
5. **Dünya ve Türkiye Enerji İstatistikleri**, World Energy Council and Turkish National Committee, Kasım, 2006, Turkey.
6. **Ten years Capacity Projection of Electrical Energy in Turkey**, Turkish Electricity Transmission Company, 2006.
7. **The Developments of Electrical Energy in Turkey**, Deloitte Consultancy, 2007,
8. **Crude Oil And Petroleum Products Movements Of Turkey (Metric Tons)**, <http://www.pigm.gov.tr/istatistikler.php>, 26.05.2009.
9. **Yıllar İtibarıyla İthal Edilen Doğal Gaz Ve LNG Miktarları**, (<http://www.botas.gov.tr/index.asp>), 26.05.2009.
10. **Turkey Water Report 2009**, General Directorate of State Hydraulic Works, 2009, Turkey
11. **Türkiye’de Güneş Enerjisi**, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgues.html>, 26.05.2009.
12. **Türkiye’de Enerji Dinamikleri**, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (DEK-TMK), Aralık 2004, Ankara.
13. **IEA-World Energy Outlook 2002**, International Energy Agency (IEA), Head of Publications Service, France, 2002.
14. **Wind Energy – The Facts A plan for action in Europe**, <http://www.agores.org/Publications/Wind%20Energy - The Facts/VOL1vfinal.pdf>, A



- Global Overview of Renewable Energy Sources, Vol. 1: Technology, 01.06.2009.
15. Turan, İ., **Türkiye Rüzgar Enerjisi Sektörünün Durumu**, Rüzgar Türbinleri ve Ekipmanlarının Yerli Kaynaklar Kullanılarak Tasarımı ve Üretim Paneli, 7 Mayıs 2008, İstanbul, Türkiye.
  16. T.V. Ramachandra, K.J. Rajeev, S. Vamsee Krishna, B.V. Shruthi, **Wind energy potential assessment spatial decision support system**, Energy Education Science and Technology, Vol. 14, No 2, 61-80, 2005.
  17. **Üretim Lisansı Verilen Tüzel Kişiler**, <http://www.epdk.org.tr/lisans/elektrik/lisansdatabase/verilenuretim.asp>, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 01.06.2009]