

DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE RÜZGÂR ENERJİSİ DURUMU-GENEL DEĞERLENDİRME

Mahmut Can Şenel *

Arş. Gör.,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı,
Samsun
mahmutcan.senel@omu.edu.tr

Erdem Koç

Prof. Dr.,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı,
Samsun
erdemkoc@omu.edu.tr

ÖZ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisi; temiz, güvenilir, tükenmez ve düşük işletme maliyetli bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada, rüzgâr enerjisinin dünya ve ülkemizdeki durumu analiz edilmiştir. Rüzgâr enerjisi alanında öncü olan ülkelerin rüzgâr enerjisi kurulu gücüyle ülkemiz rüzgâr enerjisi kurulu gücü karşılaştırılarak yıllar içerisinde meydana gelen gelişmeler incelenmiş ve rüzgâr enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı değerlendirilmiştir. Ayrıca, ülkemizde işletme, inşaa ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü hakkında bilgiler verilmiş ve bu kurulu gücün artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, rüzgâr enerjisi, rüzgâr enerji potansiyeli

THE STATE OF WIND ENERGY IN THE WORLD AND TURKEY GENERAL EVALUATION

ABSTRACT

Wind energy is one of the renewable energy sources which is a clean, reliable, low operation cost, inexhaustible energy source. In this study, the state of wind energy was analyzed in the world and Turkey. Wind power installation capacity of leading countries was compared with installation capacity of our country. Recent trends in wind power capacity were investigated in the world. The share of wind energy in renewable energy sources was evaluated. Also, some information such as installation capacity of wind power plants in installation, under construction and license stages in our country were reported. Some suggestions were presented in order to increase the wind power installation capacity of Turkey.

Keywords: Renewable energy, wind energy, wind energy potential

* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 18.12.2014
Kabul tarihi : 17.04.2015

Şenel, M. C., Koç, E. 2015. "Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme," Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, s. 46-56.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış, sanayileşme, teknolojik araç ve gereçlerin insan yaşamında yoğun bir şekilde yer alması, enerji tüketiminin çok hızlı artmasına sebep olmaktadır. Fabrikalar, atölyeler, evdeki elektronik araçlar, sokak aydınlatmaları, demiryolu taşımacılığı, hatta elektrikle çalışan otomobiller gibi birçok alanda enerji, temel girdi haline gelmiştir. Bütün bu gelişmeler, enerji tüketimini her yıl ortalama %4-5 oranında arttırmaktadır [1].

Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan fosil yakıt rezervlerinin (kömür, petrol ve doğalgaz) azalması, fosil yakıtların işlenmesi için daha derinlere inilme zorunluluğunu getirmiştir. Fosil yakıtlar üzerine yapılan araştırmalar neticesinde, dünyadaki enerji tüketim hızı fosil yakıtların oluşum hızının 300 bin katına eşit olduğunu göstermektedir. Başka bir ifadeyle, bir günde yaklaşık bin yıllık fosil yakıt oluşumu tüketilmektedir. Bu durum, fosil yakıt rezervlerinin giderek tükeneceğinin bir göstergesi olup, enerji ihtiyacı duyan ülkeleri de yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir [1-2].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları; hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisidir. Bu enerji kaynaklarının, enerjinin üretimi ve dönüştürülmesi sırasında karşılaşılan çevresel sorunlara sebep olmaması nedeniyle kullanımı her geçen gün artmaktadır. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonunun yer yüzeylerini farklı ısıtmısından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, hava sıcaklığı, basıncı ve neminin farklı olmasına, bu basınç farkları da havanın hareketine neden olur. Yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava hareketi de rüzgârı oluşturmaktadır [1-3].

Rüzgâr enerjisi kullanımının bazı avantajları mevcuttur. Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir özelliğe sahip, taşıma sorunu bulunmayan ve enerji üretimi için çok yüksek teknoloji gerektirmeyen bir enerji kaynağıdır. Ayrıca, bu enerji kaynağı atmosferde serbest ve bol bir şekilde bulunmakta ve çevre kirliliği oluşturmamaktadır. Güneş ve dünya var olduğu sürece var olacak rüzgâr enerjisinden yararlanmak için başka bir enerji şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için rüzgâr türbinlerinden faydalanılmaktadır [4-6]. Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisinden elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda rüzgâr türbin teknolojisinde meydana gelen gelişmeler (türbin çeşitleri, türbin yükseklikleri vb.) rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyetini düşürerek rüzgâr enerjisini fosil yakıt rezervleriyle rekabet edebilir bir duruma getirmiştir. Bu sebeple, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke, rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretme çalışmalarını devlet politikası haline getirecek her aşamada desteklemektedir [1-3].

Rüzgâr enerjisinin ülkemiz ve dünyadaki durumuna yönelik

literatürde birçok çalışma mevcuttur. Yanıktepe ve arkadaşları [7], Türkiye’de rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimini ve rüzgâr enerji potansiyelini incelemişlerdir. 2011 yılı sonu itibarıyla Türkiye’deki ve dünyadaki rüzgâr türbini kurulu gücünün gelişimi ve günümüzdeki durumu araştırılmıştır. Kaplan [8] çalışmasında, Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde kullanılan rüzgâr enerjisinin verimsiz kullanıldığından bahsetmiştir. Bu sebeple, ülkemizde rüzgâr enerji potansiyelinin daha doğru nasıl değerlendirilebileceğine yönelik önerilerde bulunmuştur. Camadan [9] yürüttüğü çalışmada, ülkemizde rüzgâr enerjisine yönelik yürütülen uygulamaları ve politikaları incelemiş, kısa ve uzun vadede öncelikleri değerlendirerek bazı öneriler sunmuştur. Dincer [10], rüzgârdan elektrik enerjisi üretiminin dünyadaki mevcut durumunu, potansiyelini ve rüzgâr enerjisi politikalarını değerlendirmiştir. Rüzgâr türbini kurulu gücünü artırmaya yönelik tavsiyelerde bulunmuştur.

Bu çalışmada, rüzgâr enerjisi potansiyeli ile rüzgâr enerjisinin ülkemiz ve dünyadaki durumu analiz edilerek ülkemizde işletme, kurulum ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santralleriyle ilgili bilgiler verilmiştir. Ülkemizin rüzgâr enerjisi kurulu gücü, rüzgâr enerjisi konusunda öncü olan diğer ülkelerin rüzgâr enerjisi kurulu gücüyle karşılaştırılarak yıllar içerisinde meydana gelen gelişmeler değerlendirilmiştir. Ayrıca, rüzgâr enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı üzerinde durulup, bu payın daha da artırılmasına yönelik yapılması gereken çalışmalarla ilgili bilgiler verilip tavsiyelerde bulunulmuştur.

2. RÜZGÂR ENERJİSİ VE RÜZGÂR TÜRBİNLERİ SEÇİM ESASLARI

Rüzgâr türbinleri tarihçesiyle ilgili değişik dokümanlara rastlanmakla birlikte, en eski rüzgâr kuvvet makinesi olan yel değirmeninin, bundan 3000 yıl önce İskenderiye yakınlarında yapıldığı tahmin edilmektedir. Mısır, İran ve Uzak Doğu’da görülen yel değirmenleri, Orta Doğu uygarlıklarından, Haçlı seferleri sırasındaki etkileşim ile Avrupa’ya geçmiştir [11]. M.S. 12. yy’da yel değirmenleri Fransa, İngiltere ve Hollanda’da ilk kez kullanılmaya başlanmıştır. M.S. 19. yy’ın sonlarında ve M.S. 20. yy’da yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek ve elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır [12].

Elektrik üretme amaçlı ilk rüzgâr türbini 1891’de Dane Poul LaCour tarafından üretilmiş olmasına rağmen, modern sanayileşmenin başlarında (1900-1950’li yıllarda) rüzgâr enerjisinin yerine, daha tutarlı kaynaklar olan fosil yakıt kullanan enerji üretim sistemleri kullanılmaktaydı. Fakat bu süreçte de rüzgâr türbini teknolojisini geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütülmüştür. 1942 yılında üretilen 17,5 m kanat çaplı ve 50 kW nominal güçlü Smidth rüzgâr türbini ve 1957 yılında imal edilen 24 m kanat çaplı ve 200 kW nominal güçlü Gedser rüzgâr türbini buna örnek olarak gösterilebilir [11]. 1970’lerin

başlarında yakıt fiyatlarında yaşanan yükseliş elektrik enerjisi üretiminde, rüzgâr enerjisi kullanımını daha fazla gündeme taşımıştır. 1990’ların sonu itibarıyla rüzgâr enerjisi en hızlı büyüyen önemli enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Yakın zamandaki teknolojik gelişmeler, rüzgâr türbinlerinin giderek daha verimli, uygun maliyetli ve güvenilir olmalarını sağlamıştır. 50-100 kW’lık küçük-orta ölçekli sistemler yerini 1 MW ve daha büyük sistemlere bırakmıştır [13]. Hızla gelişen teknoloji sayesinde günümüzde kullanılan rüzgâr türbinlerinin güç kapasitesi 8 MW’a ve kanat çapı 164 m’ye ulaşmıştır.

Rüzgâr enerjisi; çevre üzerine olumsuz etkisi yok denecek kadar az olan yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlarla elektrik enerjisi üretmenin neden olduğu çevresel hiçbir sorun, rüzgâr enerjisinde yoktur. Yapılan araştırmalarda, 500 kW’lık bir rüzgâr türbininin 57.000 ağacın yaptığı CO₂ temizleme işine eşdeğer bir iş yaptığı belirlenmiştir. Ayrıca, dünya genelindeki elektrik enerjisi ihtiyacının sadece %10’luk kısmının 2025 yılına kadar rüzgâr enerjisinden sağlanması durumunda atmosfere salınan CO₂ emisyonunun yıl da 1.41 Gton azalacağı öngörülmektedir [1].

Rüzgâr türbinleri, ilk yatırım aşamasında yüksek maliyet gerektirmesine rağmen, hammaddeye ihtiyaç duymadıklarından türbinlerin işletme maliyetleri çok düşüktür. Rüzgâr türbin teknolojisindeki gelişmelerle birlikte rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyeti giderek düşmektedir. Böylece, rüzgâr türbinleri; termik ve hidrolik gibi diğer enerji santralleriyle ekonomik açıdan rekabet edecek düzeye gelmiştir. Kilovat saat maliyeti 4.5-6 cent civarında olan rüzgâr türbinlerinde maliyetin zamanla daha da düşeceği tahmin edilmektedir. İlk yatırım maliyeti açısından yapılan değerlendirmelerde ise bir türbinin fiyatı ABD iç piyasasında en az 750 \$/kW, Avrupa’da 1000-1500 \$/kW seviyelerindedir. Dünya piyasasında rekabetin artmakta olması sebebiyle, özellikle Avrupa’da bu fiyatların 1000 \$/kW’ın altına düşeceği öngörülmektedir [1, 14]. Bir rüzgâr enerji santralının toplam maliyetinin %75’ine karşılık gelen en büyük kalemini rüzgâr türbinleri (kanatlar, kuleler, nakliye ve tesis vb.) oluşturur. Bir rüzgâr türbinini yaklaşık 8000 farklı bileşenden oluşmaktadır. Türbin ana bileşenlerinin türbin maliyeti içerisindeki payları sırasıyla; kule (%26,3), kanatlar (%22,2), dişli kutusu (%12,91), güç konvertörü (%5,01), trafo (%3,59), jeneratör (%3,44), gövde (%2,8) ve kanat açısı kontrol sistemi (%2,66) şeklindedir. Ülkemizde bu türbin bileşenlerinin büyük bir kısmı (göbek, kanatlar, jeneratör, dişli kutusu vb.) yurt dışından ithal edilmektedir. Rüzgâr türbin kuleleri ise genellikle projelerin yer aldığı yerli piyasada imal edilmektedir [15].

Toplumdaki genel yargının aksine rüzgâr enerji santralleri, diğer enerji santrallerinden daha fazla yer kaplayabilirler. Bu durum, türbinlerin birbirlerinin rüzgârını kesmemesi amacıyla seyrek yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Büyük sayılabilecek 20 adet türbin, yaklaşık 1 km²’lik bir alan kaplamak-

tadır. Ancak bu alanın gerçekte, sadece %1-1,5’lik bir bölümü türbinlerin oturduğu alandır. Geriye kalan bölüm ise tarım ve hayvancılık için kullanılabilir. Rüzgâr türbinleri ile enerji üretimi dışa bağımlılığı da azaltılmaktadır [1, 3]. Yürütül-mekte olan “Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi (MİLRES) Projesi” kapsamında büyük güç kapasiteli rüzgâr türbinlerinin (>2 MW) ülkemizde de üretilmesi hedeflenmektedir. Bu sebeple, gelecekte ülkemizde bu sektörün daha da gelişeceğini tahmin etmek zor değildir.

Rüzgâr enerji santrallerinde oluşabilecek en önemli çevresel etki olarak gürültü gösterilmektedir. Bu nedenle, santraller yerleşimin olmadığı veya rakım farklılıkları nedeniyle gürültünün çok az hissedildiği yerlere kurulmaktadır. Ayrıca, türbin teknolojisindeki gelişmelerle birlikte gürültü emisyonları da giderek düşmektedir. Rüzgârların düzenli olmaması sebebiyle, rüzgârdan elektrik enerjisi üretiminde kesikli bir düzen görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, rüzgârın yeterli hızda esmediği dönemlerde enerji üretimi olmamaktadır. Yüksek hızla dönen türbin kanatları, kuşların ölümlerine sebep olabilmektedir. Ancak kuş ölümlerinin çok büyük boyutlarda olmadığı bilinmektedir [1, 14].

Rüzgâr türbini sektörü, dünyada giderek büyüyen yeni bir pazar olup, türbin elemanlarının imalatı, türbinlerin kurulması ve taşınması gibi işler büyük istihdam imkanları sağlayabilmektedir. Örneğin kule üretiminde kullanılan çelik, merdiven, kablo gibi tedarik zinciri ara malzemelerinin belli kalitede ve sertifikalı olması türbin üretici firmalar tarafından istenmektedir. Ülkemizde bu nitelikteki ara malzemeler ithal edilmektedir. Bu sebeple, bu tür ara malzemelerin istenen kalitede yerli üretimi konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Bu sayede, gerekli yatırımlar yapılarak ülkemizin gelişimine katkı sağlayacak yeni bir sektör oluşabilecektir [15].

3. DÜNYA’DA RÜZGÂR ENERJİSİNİN GENEL DURUMU

Rüzgâr enerjisi, kullanımı giderek artan ve potansiyeli yeni keşfedilmiş tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünya rüzgâr enerji potansiyelini belirleyebilmek amacıyla Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda, 5.1 m/s üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4’ünün kullanılacağı öngörüsüne dayanarak, dünya teknik rüzgâr potansiyeli 53000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan kıtalar/bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika (14000TWh/yıl), Doğu Avrupa ve Rusya (10600 TWh/yıl), Afrika (10600 TWh/yıl), Güney Amerika (5400 TWh/yıl), Batı Avrupa (4800 TWh/yıl), Asya (4600 TWh/yıl) ve Okyanusya (3000 TWh/yıl) şeklindedir (Şekil 1) [16]. Bu veriler, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya ve Afrika’nın dünya rüzgâr enerji potansiyelinin %66’sına sahip olduğunu göstermektedir.

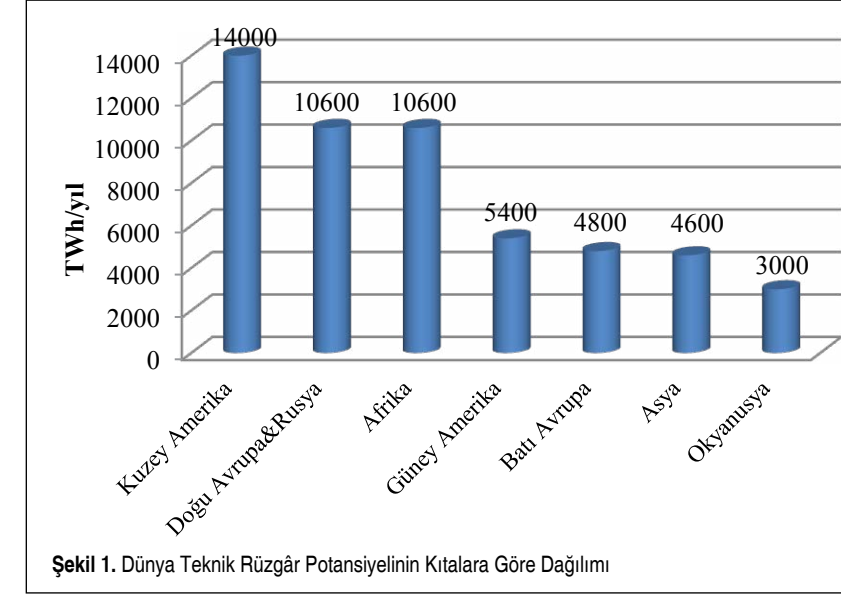
Dünya teknik rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi çalışmasında, rüzgâr hızının 4-5 m/s olduğu bölgeler dikkate alınmamasına rağmen, bu bölgeler de oldukça iyi rüzgâr potansiyeline sahiptir. Sadece Almanya’da bu potansiyelin değeri 90 TWh/yıl olarak tespit edilmiştir [16]. Ayrıca, bu hesaplamalar sadece karasal bölgeler için yapılmış olup, dikkate alınmayan açık

deniz (offshore) bölgelerinin de ihmal edilemeyecek ciddi bir potansiyeli mevcuttur.

2003-2013 yılları arasında dünya yenilenebilir enerji kurulu gücündeki değişim Tablo 1’de verilmiştir. Bu süreçte, yenilenebilir enerji kurulu gücü yaklaşık iki kat, güneş enerjisi kurulu gücü yaklaşık iki kat ve rüzgâr enerjisi kurulu gücü ise yaklaşık yedi kat artış göstermiştir. 2013 yılında dünya yenilenebilir enerji kurulu gücünün (1560 MW) %64,1’ini hidrolik enerji oluştururken, %20,4’ünü rüzgâr enerjisi oluşturmuştur [17]. Bu istatistiki verilerden, dünya yenilenebilir enerji kurulu gücünde, rüzgâr türbini kurulu gücü payının her yıl giderek artmakta olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ekonomik ve endüstriyel gelişmeyle paralel olarak ülkelerin rüzgâr enerjisine öncelik vermelerinden ve enerji politikalarını bu doğrultuda geliştirmelerinden kaynaklanmaktadır.

Dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla 336327 MW’dır (Şekil 2). 2014 yılı ilk altı aylık döneminde rüzgâr enerji santrallerinin güç kapasitesinde %5,6’lık (17613 MW) bir kapasite artışı tespit edilmiştir. 2014 yılı sonunda ise rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 360000 MW’a ulaşacağı öngörülmektedir [18]. Rüzgâr enerjisine yönelik uygulanan teşvikler neticesinde, dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünde her yıl ortalama %10’un üzerinde bir büyüme gerçekleşmiştir. Bu büyüme oranlarıyla rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur.

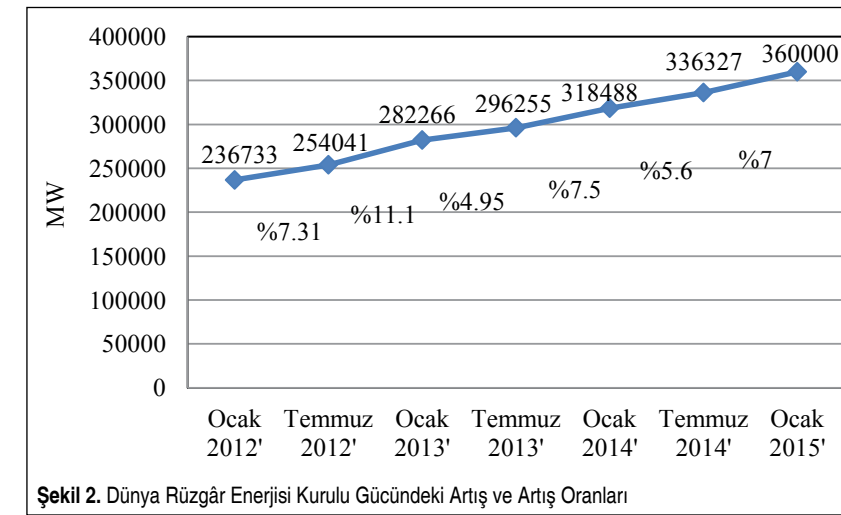
2014 yılı ilk altı ayında rüzgâr enerjisi kurulu gücündeki artışın ülkelere göre dağılımı Şekil 3’te verilmiştir. Bu süreçte, en fazla kapasite artışı gösteren ülkeler sırasıyla; Çin (7.1 GW), Almanya (1.8 GW), Brezilya (1.3 GW) ve Hindistan (1.1 GW)’dır. Brezilya, rüzgâr enerji santrallerinin güç kapasitesini en fazla artıran üçüncü ülke olmuş ve ABD’den (0.835 GW) daha fazla bir kapasite artışına ulaşmıştır. Ayrıca, 2014 yılında Çin’de gerçekleşen bu kapasite artışıyla, Çin’in rüzgâr enerjisi kurulu gücü 100 GW’a yaklaşmış ve dünya rüzgâr türbini kurulu gücündeki artış payı %41 olarak gerçekleşmiştir [18]. Bu verilerden, gelişmekte olan birçok ülkenin (Brezilya, Türkiye, Çin vb.) enerjiye olan gereksinimiyle paralel olarak rüzgâr türbini kurulu gücünü arttırdığı görülmektedir.



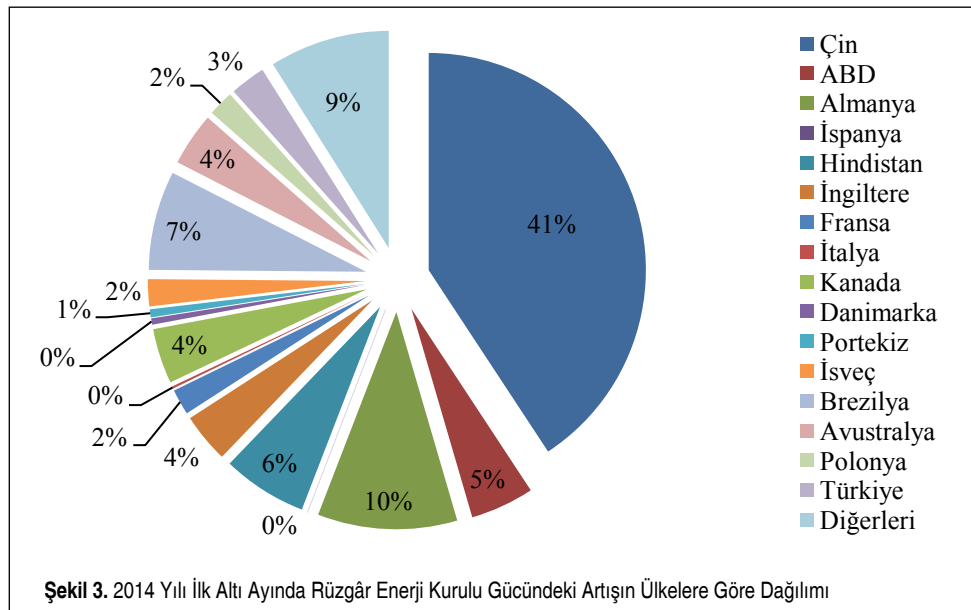
Şekil 1. Dünya Teknik Rüzgâr Potansiyelinin Kıtalar Göre Dağılımı

Tablo 1. Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Gücündeki Değişim [17]

Enerji Türleri	2003 Yılı Kurulu Gücü (GW)	2012 Yılı Kurulu Gücü (GW)	2013 Yılı Kurulu Gücü (GW)
Hidrolik Enerji	715	960	1000
Biyoenerji	<36	83	88
Jeotermal Enerji	8.9	11.5	12
Güneş Enerjisi	3	102.5	142.4
Rüzgâr Enerjisi	48	283	318
Yenilenebilir Enerji	800	1440	1560



Şekil 2. Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücündeki Artış ve Artış Oranları



Şekil 3. 2014 Yılı İlk Altı Ayında Rüzgâr Enerji Kurulu Gücündeki Artışın Ülkelere Göre Dağılımı

bilir enerjiye öncelik verilmesine yönelik uyguladığı politikadan kaynaklanmaktadır. İspanya’da rüzgâr enerji sektöründe yaşanan bu duraklamanın ise ekonomik kriz etkisiyle gerçekleştiği öngörülmektedir.

Dünyadaki rüzgâr türbin imalatının büyük kısmı; Çin, ABD, Almanya, Danimarka, İspanya ve Hindistan gibi rüzgâr türbin güc kapasitesi yüksek olan ülkelerde gerçekleştirilmektedir. 2013 yılı pazar payı en yüksek olan rüzgâr türbin üreticileri; Vestas (%13,1), Goldwind (%11), Enercon (%9,8), Siemens Wind Power (%7,4) ve General Electric (GE) Wind Energy (%6,6)

şeklinde (Tablo 3) [17]. Özellikle Çin menşeli rüzgâr tür-

Dünya Rüzgâr Enerjisi Kurumu’nun (WWEA) yayınladığı rüzgâr enerjisi raporuna göre; 2013 yılında dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücündeki büyüme oranı %12,8 olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla rüzgâr enerjisi kurulu gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla; Çin (98588 MW), ABD (61946 MW), Almanya (36488 MW), İspanya (22970 MW) ve Hindistan (21262 MW)’dır (Tablo 2). Özellikle Çin’in 2014 yılı ilk altı aylık döneminde (Ocak-Temmuz 2014) rüzgâr türbin kurulu gücünü 7175 MW artırması, Çin’in rüzgâr enerjisine yönelik yatırımcılara uyguladığı teşvik edici politikaların bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

2013 yılında rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücündeki büyüme oranları değerlendirildiğinde; Polonya (%35,8), Brezilya (%35,6), Türkiye (%28), İngiltere (%24,7) ve Kanada’daki (%24,1) büyüme oranları dikkat çekmektedir. Rüzgâr türbin teknolojisi alanında önde gelen ülkelerden olan Çin, ABD, Almanya, İspanya ve Hindistan’ın 2014 yılı toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü, dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücünün %72’sini oluşturmuştur [17-18]. Bu durum da rüzgâr türbin teknolojisinin geliştiği bölgelerde rüzgâr enerjisine yönelik yapılan yatırımların daha fazla olduğunu göstermektedir. Rüzgâr enerjisine yönelik yoğun teşviklerin uygulandığı Avrupa’da 2014 yılında rüzgâr türbin kurulu gücünü en fazla artıran ülke Almanya, en az artıran ülke ise İspanya olmuştur. Bu durum, Almanya’nın 2021 yılına kadar ülkedeki tüm nükleer santrallerin kapatılarak yenilene-

Tablo 2. Ülkelerin Rüzgâr Türbin Güç Kapasitesindeki Değişim [18]

2014 Yılı Sıralama	Ülkeler	2014 Yılı Kapasite* (MW)	2013 Yılı Kapasite [MW]	2013 Yılı Büyüme Oranı (%)	2012 Yılı Kapasite (MW)
1	Çin	98588	91413	21.2	75324
2	ABD	61946	61108	2	59882
3	Almanya	36488	34660	11.7	31315
4	İspanya	22970	22959	0.7	22796
5	Hindistan	21262	20150	10	18321
6	İngiltere	11180	10531	24.7	8445
7	Fransa	8592	8551	5	7499
8	İtalya	8586	8254	10.1	8144
9	Kanada	8526	7698	24.1	6201
10	Danimarka	4855	4772	14.7	4162
11	Portekiz	4829	4724	4.4	4525
12	İsveç	4824	4470	19.4	3745
13	Brezilya	4700	3399	35.6	2507
14	Avustralya	3748	3049	18	2584
15	Polonya	3727	3390	35.8	2497
16	Türkiye	3424,4	2959	28	2312
	Diğerleri	28081,6	26443	-	22349
	Toplam	336327	318530	12,8	282608

* 2014 Yılı Temmuz Ayı İtibarıyla

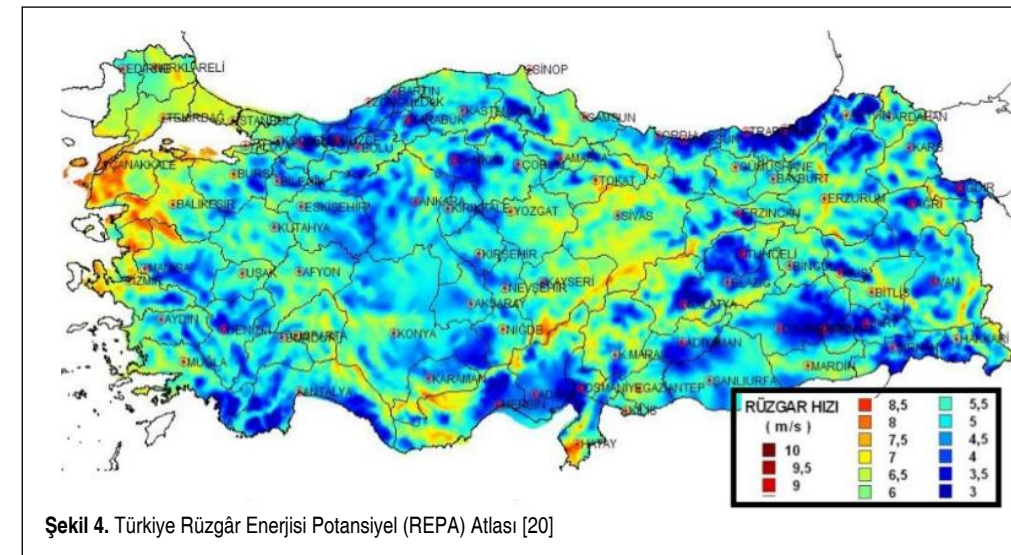
Tablo 3. Rüzgâr Türbin Üreticilerinin 2013 Yılı Pazar Payları [17]

Üretici Firma	Ülke	Pazar Payı (%)
Vestas	Danimarka	13,1
Goldwind	Çin	11,0
Enercon	Almanya	9,8
Siemens Wind Power	Almanya	7,4
GE Wind Energy	ABD	6,6
Gamesa	İspanya	5,5
Suzlon Group	Hindistan	5,3
United Power	Çin	4,0
Mingyang	Çin	3,5
Diğerleri	-	33,8

bini üreticilerinin pazar payı, Çin’deki ekonomik büyümeyle paralel olarak artması dikkat çekmektedir.

4. TÜRKİYE’DE RÜZGÂR ENERJİSİNİN GENEL DURUMU

Ülkemizde rüzgâr enerjisi durumunun analiz edilebilmesi için, öncelikle ülkemiz rüzgâr enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye’de rüzgâr enerji potansiyelini belirlemek amacıyla rüzgâr ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından yapılmaktadır. İlk aşamada belirlenmiş olan ve rüzgâr enerjisi yönünden umut verici yerlerde yapılan etütler ile rüzgârdan enerji üretimine elverişli olabilecek bölgelere Rüzgâr Enerjisi Gözlem İstasyonları (RGİ) kurulup veri toplandı. Ölçümler çoğunlukla 10 m yükseklikte alınmakla birlikte, 30 m yükseklikte alınan ölçümler de mevcuttur. Veriler birer saatlik ve 10 dakikalık periyotlarla toplanmakta, yazılım programı kullanılarak işlenmekte ve



Şekil 4. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel (REPA) Atlası [20]

arşivlenmektedir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün (YEGM) ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgâr hızları, bölgelerin rüzgâr enerjisi uygulamaları için elverişli olup olmadığını göstermektedir [19-20]. Ülkemizde enerji amaçlı ölçümler için MGM’nin istasyon sayısı yetersiz olup, daha güvenilir rüzgâr verileri elde etmek amacıyla istasyon sayısının hızla artırılması gerekmektedir. İstasyon sayısının artırılmasıyla Türkiye rüzgâr enerji potansiyel atlası (REPA) belli periyotlarda güncellenebilecektir. Bu şekilde, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgelerdeki ortalama rüzgâr hızları ve rüzgâr güç yoğunlukları belirlenerek bu sektöre yatırım yapacak şirketler teşvik edilebilecektir.

Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2006 yılında üretilmiştir. Bu atlasla verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilir bir altyapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değer alındığında, Türkiye’nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları, kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye’nin batı kıyıları boyunca, Marmara denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye’nin orta kesimleri boyunca mevcuttur [15]. Türkiye geneli 50 m yükseklikte ortalama rüzgâr hız dağılımı Şekil 4’te verilmiştir.

Türkiye rüzgâr potansiyeli Tablo 4 ve Tablo 5’te özetlenmiştir. MGM tarafından yapılan rüzgâr hız ölçümlerine göre 6.5 m/s’nin üzerindeki rüzgâr hızları değerlendirildiğinde, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131756.40 MW; rüzgâr hızının 6.5-7.0 m/s olduğu yerlerdeki rüzgâr potansiyeli ihmal edilip rüzgâr hızının 7.0 m/s’nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr hızının 6.5 m/s’nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW olarak tespit edilmiştir [20]. Deniz üstüne kurulan rüzgâr enerji santrallerinin maliyeti, karaya kurulanlara göre daha yüksek olduğundan öncelikle kara rüzgâr potansiyelinin değerlendirilmesi ülkemiz açısından olumlu bir strateji olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4. 50 m Yükseklikte Türkiye Kara Rüzgâr Potansiyeli [20]

Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam Potansiyel (MW)
6.5-7.0	83906.96
7.0-7.5	29259.36
7.5-8.0	12994.32
8.0-9.0	5399.92
>9.0	195.84
Toplam	131756.40

Tablo 5. 50 m Yükseklikte Türkiye Deniz Rüzgâr Potansiyeli [20]

Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam Potansiyel (MW)
6.5-7.0	6929.92
7.0-7.5	5133.20
7.5-8.0	3444.80
8.0-9.9	1742.56
>9.0	142.72
Toplam	17393.20

MGM tarafından 10 m yükseklikte yapılan ölçümlere göre, Türkiye’nin yıllık ortalama rüzgâr hızı 2.54 m/s, rüzgâr gücü yoğunluğu 24 W/m² olarak belirlenmiştir. Ülkemizdeki tüm bölgelerin 10 m yükseklikte ölçülen ortalama rüzgâr hızları ve rüzgâr güç yoğunlukları Tablo 6’da verilmiş olup, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgeler sırasıyla; Marmara, Güneydoğu Anadolu, Ege, Akdeniz, Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesidir. Doğu Anadolu Bölgesi, en düşük rüzgâr güç yoğunluğuna sahip bölge olduğundan, bu bölgede işletme halinde herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır.

Rüzgâr enerji santrallerinin, ekonomik yatırımlar olabilmesi

Tablo 6. 10 m Yükseklikte Bölgelerin ve Ülkemizin Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunlukları [20]

Bölge Adı	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunluğu (W/m ²)
Marmara Bölgesi	3.3	51.91
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2.7	29.33
Ege Bölgesi	2.6	23.47
Akdeniz Bölgesi	2.5	21.36
Karadeniz Bölgesi	2.4	21.31
İç Anadolu Bölgesi	2.5	20.14
Doğu Anadolu Bölgesi	2.1	13.19
Türkiye Toplamı	2.54	24

için rüzgâr türbinin kurulacağı arazide 50 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızının minimum 7.0 m/s olması gerekmektedir. YEGM tarafından Türkiye’de 50 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızlarına göre illerin rüzgâr potansiyelleri belirlenmiştir (Tablo 7). Rüzgâr potansiyeli yüksek olan iller; Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Manisa, Samsun, Muğla ve Tekirdağ olarak tespit edilmiştir. Ayrıca İstanbul, Bursa, Mersin, Edirne, Hatay, Kırklareli, Tokat, Aydın gibi illerin de oldukça iyi rüzgâr potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir [19]. Bu durum, rüzgâr enerjisine yönelik yatırım yapacak girişimcilerin özellikle Balıkesir, Çanakkale ve İzmir’e yoğunlaşmasına sebep olmuştur.

Ülkemizde 2013 yılı sonu itibarıyla toplam kurulu güç 64007.5 MW olup, bu kurulu gücün 25591.9 MW’lık bölümünü yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde kurulu gücü en yüksek olan enerji kaynakları sırasıyla; hidrolik enerji (22289 MW), rüzgâr enerjisi (2759.6 MW), jeotermal enerji (310.8 MW), biyoenerji (224 MW) ve güneş enerjisidir (8.5 MW) (Tablo 8). Ayrıca 2013 yılı toplam elektrik enerjisi üretimi 242121.1 GWh, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi 69512.7 GWh ve rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi 7557.5 GWh olarak gerçekleşmiştir [21]. Özellikle 2000 MW’lık jeotermal elektrik enerjisi potansiyeli bulunan ülkemizde 310.8 MW’lık jeotermal kurulu gücün bulunması oldukça dikkat çekmektedir.

Rüzgâr enerji santrallerinin (RES) kurulu gücü ülkemizde her yıl artmakta olup, 1998 yılında kurulu gücümüz 8.7 MW iken 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla kurulu gücümüz 3424.48 MW olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5). Son üç yıl içerisinde rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücündeki artış 1620 MW’dan fazladır. Bu durum, RES’lere yönelik yapılan yatırımların önemli miktarda arttığını göstermektedir. İşletme halinde olan, yani elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren ülkemizde toplam 87 RES bulunmaktadır. En fazla kapasiteye sahip olan rüzgâr enerji santralleri ve buldukları iller sırasıyla; Geycek RES (Kırşehir-150 MW), Balıkesir RES (Balıkesir-143 MW), Soma RES (Manisa-140,8 MW), Gökçedağ RES (Osmaniye-135 MW) ve Karaburun RES (İzmir-120 MW)’dir [22]. Bu istatistiki verilerden, ülkemiz rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücünün ilerleyen senelerde daha da artacağı kaçınılmaz olarak görülmektedir.

Ülkemizde işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin Temmuz 2014 itibarıyla kurulu güç bakımından türbin markalarına göre dağılımı ve ülkemizdeki pazar payları sırasıyla; Enercon-Almanya (888.9 MW, %26), Nordex-Almanya (847.5 MW, %25), Vestas-Danimarka (738.25 MW, %21), General Electric-Amerika (526.25 MW, %5) ve Siemens-Almanya (234.5 MW, %7) şeklindedir [22]. Enercon, Nordex ve Vestas marka bu üç rüzgâr türbin üreticisinin ülkemizdeki toplam pazar payı %72 iken; bu üç türbin üreticisinin dünyadaki toplam

Tablo 7. Rüzgâr Enerji Potansiyeli Yüksek Olan İller (MW) [19]

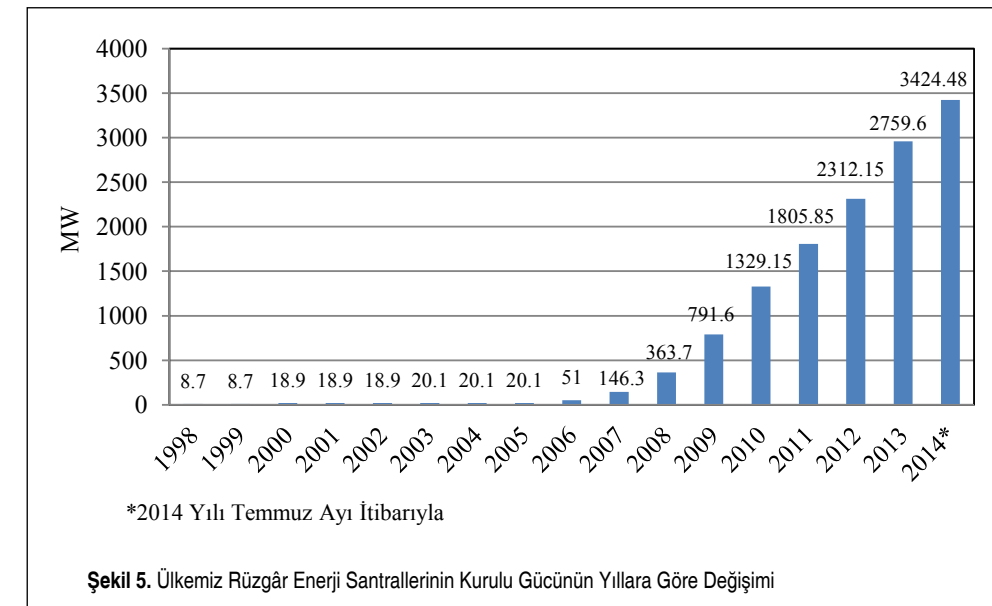
50 m’de Rüzgâr Hızı (m/s)	Balıkesir	Çanakkale	İzmir	Manisa	Samsun	Muğla
6.8-7.5	7557.12	4318.48	4665.44	2371.76	4499.92	4519.36
7.5-8.1	4254.80	4014.96	4341.52	1507.84	722.56	650.96
8.1-8.6	1422.56	3805.44	1588.40	969.28	0.00	0.64
8.6-9.5	576.16	873.68	1258.88	453.44	0.00	0.00
>9.5	16.72	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
Toplam	13827.36	13012.56	11854.32	5302.32	5222.48	5170.96

Tablo 8. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının 2013 Yılındaki Kurulu Güçleri

Enerji Türleri	2013 Yılı Kurulu Güç (MW)	Yenilenebilir Enerjideki Payı (%)
Hidrolik Enerji	22289	87
Rüzgâr Enerjisi	2759.6	10.8
Jeotermal Enerji	310.8	1.2
Biyoenerji	224	0.9
Güneş Enerjisi	8.5	0.1
Yenilenebilir Enerji Toplamı	25591.9	100

mı Şekil 6’da verilmiştir. 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla rüzgâr enerji kurulu gücü yüksek olan iller sırasıyla; Balıkesir (767.3 MW), İzmir (613.6 MW), Manisa (393.9 MW), Hatay (277 MW), Osmaniye (185 MW) ve İstanbul (178.5 MW)’dur [22]. Kurulu gücü yüksek olan bu illerin, rüzgâr enerji potansiyelinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından Temmuz 2014 itibarıyla bölgelere göre dağılımı incelendiğinde; işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücünün 3424.85 MW, inşa halinde olan RES’lerin toplam kurulu gücünün 1162.8 MW ve lisans aşamasında olan RES’lerin toplam kurulu gücünün 5435 MW olduğu belirlenmiştir (Tablo 9). İşletmede olan rüzgâr enerji santralleri için kurulu gücü en yüksek olan bölgeler sırasıyla; Marmara (1240.88 MW), Akdeniz (543 MW), İç Anadolu (222 MW), Ege (131.1 MW) ve Karadeniz (80 MW) şeklindedir. Ayrıca, inşa halinde olan RES’lerin rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan bölgelere (Ege-560.45 MW, Marmara-412.55 MW, Akdeniz-145.8 MW, İç Anadolu-44 MW) kurulmakta olduğu tespit edilmiştir [22]. İnşa halindeki ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin işletmeye alınmasıyla, ülkemiz rüzgâr türbini kurulu gücünün toplam kurulu güçteki payı artacak ve bu durum da enerjide dışa bağımlılığımızın

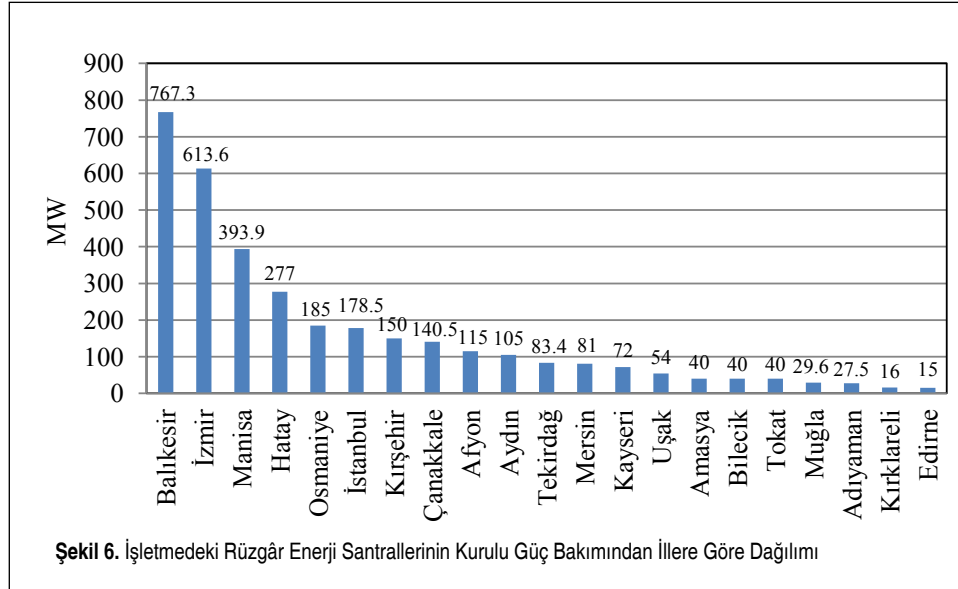


pazar payının sadece %26,2 olması oldukça dikkat çekicidir. Bu durum, rüzgâr türbini kurulu gücünü arttırmaya yönelik bir politika izleyen ülkelerin yerli rüzgâr türbin üreticilerini tercih etmesinden kaynaklanmaktadır.

İşletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin illere göre dağılı-

azalmasını sağlayacaktır.

İnşa halinde olan RES’lerin Temmuz 2014 itibarıyla toplam kurulu gücü 1162.8 MW olup, bu santrallerin illere göre dağılımı Şekil 7’de verilmiştir. İnşa halindeki RES’ler değerlendirildiğinde, kurulu gücü en yüksek olan iller sıra-



Şekil 6. İşletmedeki Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı

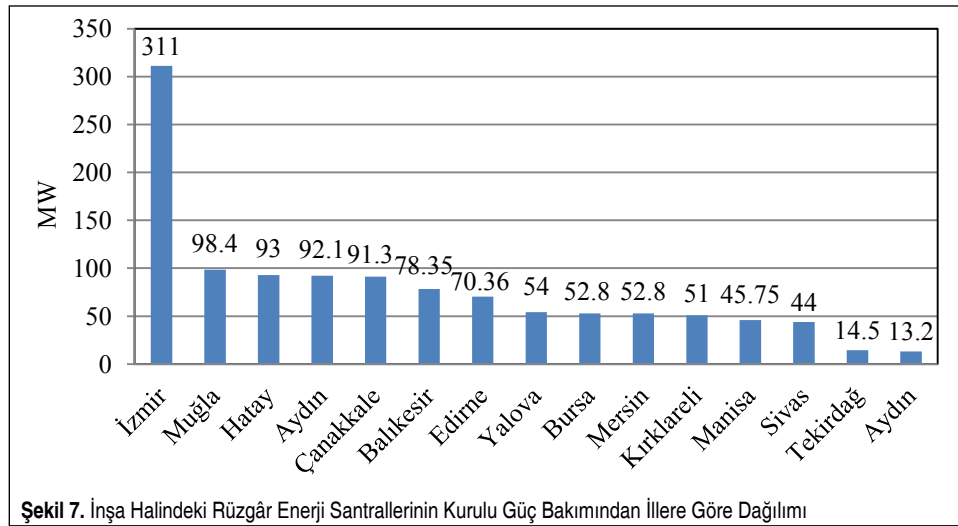
sıyla; İzmir (311 MW), Muğla (98.4 MW), Hatay (93 MW), Aydın (92.1 MW) ve Çanakkale (91.3 MW)'dir. İnşa halinde olan RES'lerin kurulu gücünün rüzgâr türbin markalarına göre dağılımı ise Vestas (365.8 MW), Siemens (219.8 MW), Nordex (191.5 MW), General Electric (97 MW), Suzlon (77.7 MW), Acciona (57 MW), Sinovel (54 MW), Alstom (51 MW) ve Gamesa (49 MW) şeklindedir [22]. İşletmede olan rüzgâr enerji santrallerinden toplam kurulu güçteki payı en fazla olan marka, Enercon iken, inşa aşamasında bu markaya ait herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır. Bu durum, Alman menşeli Enercon marka rüzgâr türbinlerinin yüksek maliyetleri sebebiyle ülkemizde artık tercih edilmediğini göstermektedir.

2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücü 5455 MW olup, bu RES'lerin kurulu gücünün illere göre dağılımı sırasıyla; İzmir (611.45 MW), Çanakkale (516 MW), İstanbul (389.5 MW), Kocaeli (336.5 MW) ve Balıkesir (312.2 MW) şeklindedir (Şekil 8) [22]. Bu veriler, rüzgâr enerji santrallerine yapılan yatırımların ve santrallerin toplam kurulu gücünün her geçen yıl artacağını bir göstergesidir.

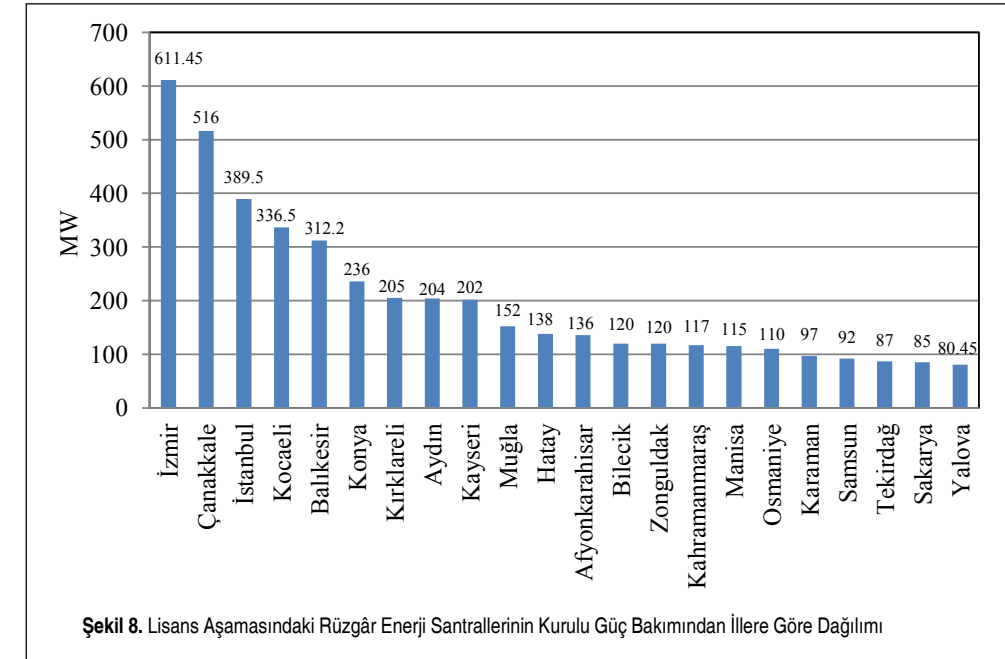
2013 yılı sonu itibarıyla ülkemiz enerji santrallerinin (hidrolik, termik, rüzgâr enerji santralleri vb.) toplam kurulu gücü 64007.5 MW olup, bu kurulu gücün 29773.7 MW'lık (%46.5) kısmını yakıt olarak dışa bağımlı olduğumuz termik santraller ve 3424.48 MW'lık kısmını rüzgâr enerji santralleri oluşturmaktadır. 2023 yılında ülkemiz rüzgâr enerji santrallerinin toplam kuru-

Tablo 9. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından Bölgelere Göre Dağılımı

Bölgeler	İşletmede Olan RES'ler		İnşa Halinde Olan RES'ler		Lisans Aşamasında Olan RES'ler	
	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güçteki Payı (%)	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güçteki Payı (%)	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güçteki Payı (%)
Marmara	1240.88	55	412.55	35	2204.25	41
Akdeniz	543	24	145.8	13	512.5	9
İç Anadolu	222	10	44	4	840	16
Ege	131.1	6	560.45	48	1309.45	24
Karadeniz	80	4	-	-	495.8	9
Güney D. Anadolu	27.5	1	-	-	63	1
Doğu Anadolu	-	-	-	-	10	0
Toplam	3424.48	100	1162.8	100	5435	100



Şekil 7. İnşa Halindeki Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı



Şekil 8. Lisans Aşamasındaki Rüzgâr Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Bakımından İllere Göre Dağılımı

lu gücünün 20000 MW olması hedeflenmektedir. Ülkemizde rüzgâr enerji santrali kurulmuş veya kurulabilecek alanların toplam rüzgâr enerji potansiyelinin 48000 MW olduğu dikkate alındığında, bu potansiyelin bir an önce değerlendirilerek enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması oldukça önem arz etmektedir.

5. SONUÇ

Rüzgâr enerjisi; temiz, yenilenebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olup, bu özelliklerinden dolayı kullanımı her yıl giderek artmaktadır. Bu çalışmada, rüzgâr enerjisinin ülkemiz ve dünyadaki durumu değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Dünya teknik rüzgâr enerji potansiyeli 53000 TWh/yıl olup, potansiyeli yüksek olan kıtalar/bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika, Doğu Avrupa ve Rusya, Afrika, Güney Amerika, Batı Avrupa, Asya ve Okyanusya'dır. Rüzgâr türbini kurulu gücü en yüksek olan ülkeler sırasıyla; Çin, ABD, Almanya, İspanya ve Hindistan'dır. Özellikle 2014 yılında dünya rüzgâr türbini kurulu gücündeki artış payının %41'le en fazla Çin'de gerçekleşmesi oldukça dikkat çekici bir husustur. Bu durum, Çin'deki ekonomik büyümeden ve dolayısıyla Çin'de enerjiye olan talebin her geçen gün artmasından kaynaklanmaktadır.
2. 2013 yılı pazar payı en yüksek olan rüzgâr türbini üreticileri; Vestas (%13,1), Goldwind (%11), Enercon (%9,8), Siemens Wind Power (%7,4) ve General Electric Wind Energy (%6,6) şeklindedir. Aynı yıl Çin menşeli rüzgâr

türbini üreticileri (Goldwind, United Power, Mingyang) ise rüzgâr türbin pazarından %18,5 oranında pay almıştır. Bu durum, Çin'in yerli üretim rüzgâr türbinlerine yönelmesinden kaynaklanmaktadır.

3. Dünya rüzgâr türbini kurulu gücü Temmuz 2014 itibarıyla 336327 MW olup, bu altı aylık süreçte (Ocak-Temmuz 2014) kurulu güçteki büyüme oranı en fazla olan ülkeler sırasıyla; Polonya (%35,8), Brezilya (%35,6), Türkiye (%28) ve İngiltere (%24,7) şeklindedir. Bu durumda ülkemiz, Ocak-Temmuz 2014 döneminde, rüzgâr türbini kurulu gücünü en fazla oranda arttıran üçüncü ülke olmuştur.

Avrupa açısından bir değerlendirme yapıldığında ise türbin kurulu gücünde en fazla artış Almanya'da (1828 MW), en az artış ise İspanya'da (11 MW) gerçekleşmiştir. İspanya'da rüzgâr enerji sektöründe yaşanan bu duraklamanın ülkedeki ekonomik kriz nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

4. Ülkemizin 7.0 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızı değerlendirildiğinde kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW iken; 6.5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızı değerlendirildiğinde ise deniz rüzgâr potansiyeli 17393.20 MW'dır. Türkiye'de deniz üstüne kurulmuş herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır. Ayrıca, ülkemizde kara rüzgâr potansiyeli değerlendirildikten sonra, deniz üstü rüzgâr potansiyelinin dikkate alınması, enerji maliyeti açısından önemli bir husus olarak görülmektedir.
5. Ülkemiz rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla 3424.48 MW olup, kurulu gücü yüksek olan iller sırasıyla; Balıkesir (767.3 MW), İzmir (613.6 MW), Manisa (393.9 MW), Hatay (277 MW) ve Osmaniye (185 MW) olarak gerçekleşmiştir. Rüzgâr potansiyeli yüksek olan illerin kurulu gücünün de yüksek olduğu tespit edilmiştir.
6. Ülkemizde 2014 yılı Temmuz ayı itibarıyla, 1162.8 MW güç kapasiteli rüzgâr enerji santrali inşa halinde; 5435 MW güç kapasiteli rüzgâr enerji santrali ise lisans aşamasındadır. İnşa ve lisans aşamasındaki rüzgâr enerji santrallerinin işletmeye alınmasıyla, ülkemiz yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanacak ve enerjide dışa bağımlılığımız azalacaktır.

7. İşletmede olan rüzgâr enerji santralleri için kurulu gücü en yüksek olan bölgeler sırasıyla; Marmara (1240.88 MW), Akdeniz (543 MW), İç Anadolu (222 MW), Ege (131.1 MW), Karadeniz (80 MW) ve Güney Doğu Anadolu (27.5 MW) şeklindedir. Doğu Anadolu Bölgesi, rüzgâr güç yoğunluğu en düşük bölge olduğundan bu bölgede işletme halinde herhangi bir rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır.
8. Ülkemizde işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güç bakımından türbin markalarına göre dağılımı ve ülkemizdeki pazar payları sırasıyla; Enercon-Almanya (888.9 MW, %26), Nordex-Almanya (847.5 MW, %25), Vestas-Danimarka (738.25 MW, %21) şeklindedir. Enercon, Nordex ve Vestas firmalarının ülkemizin rüzgâr türbini kurulu gücündeki toplam payı %72’dir. Ülkemizde büyük oranda Almanya ve Hollanda menşeli rüzgâr türbinleri kullanılmakta olup, bu durum oldukça dikkat çekmektedir.

Ülkemizde 50 m yükseklikteki bölgelerde 7.0 m/s’nin üzerindeki rüzgâr hızları dikkate alındığında, kara rüzgâr potansiyelimiz 48000 MW’dır. Bu mevcut potansiyelin henüz 3424.48 MW’lık kısmı değerlendirilmiştir. Bu kurulu güç, toplam potansiyelin %7,1’ine karşılık gelmektedir. Rüzgâr enerjisinde öncelikle, ülkemizin 2023 yılı hedefi olan 20000 MW kurulu güce, ilerleyen yıllarda da toplam kapasite olan 48000 MW’a ulaşılmalıdır. Bu amaç doğrultusunda, ülkemizde milli rüzgâr enerji santrali geliştirme çalışmaları hızlandırılarak büyük güç kapasiteli (>2 MW) rüzgâr türbinleri ve türbin elemanlarının (gövde, göbek, dişli kutusu ve jeneratör vb.) üretimi bir an önce gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple, yerli rüzgâr türbini teknolojisi alıcı ve satıcılarına KDV ve gelir vergisi indirimleri sağlanarak yerli üretim daha fazla teşvik edilmelidir. Böylece, hem yerli rüzgâr türbin teknolojisinin gelişeceği hem de ülkemiz ekonomik büyümesine büyük katkı sağlanacağı asla göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKÇA

1. Aydın, İ. 2013. “Balıkesir’de Rüzgâr Enerjisi,” Eastern Geographical Review, cilt 18, sayı 29, s. 29-50.
2. Koç, E., Şenel, M. C. 2013. “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme,” Mühendis ve Makine Dergisi, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.
3. Çolak, İ., Demirtaş, M. 2008. “Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye’deki Gelişimi,” Türk Bilim Araştırma Vakfı (TÜBAV) Bilim Dergisi, cilt 1, sayı 2, s. 55-62.
4. İlkılıç, C., Aydın, H. 2015. “Wind Power Potential and Usage in the Coastal Regions of Turkey,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 44, p. 78-86.
5. İlkılıç, C., Aydın, H., Behçet, R. 2011. “The Current Status of Wind Energy in Turkey and in the World,” Energy Policy, vol. 39, p. 961-967.
6. İlkılıç, C. 2009. “Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı,” Mühendis ve Makine Dergisi, cilt 50, sayı 593, s. 26-32.
7. Yanıktepe, B., Savrun, M. M., Koroglu, T. 2013. “Current Status of Wind Energy Policy in Turkey,” Energy Conversion and Management, vol. 72, p.103-110.
8. Kaplan, Y. A. 2015. “Overview of Wind Energy in the World and Assessment of Current Wind Energy Policies in Turkey,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 43, p.562-568.
9. Camadan, E. 2011. “An Assessment on the Current Status and Future of Wind Energy in Turkish Electricity Industry,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, p. 4994-5002.
10. Dincer, F. 2011. “The Analysis on Wind Energy Electricity Generation Status, Potential and Policies in the World,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, p. 5135-5142.
11. Özgener, Ö. 2002. “Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgâr Enerjisi Kullanımı,” Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt 4, sayı3, s.159-173.
12. Hayli, S. 2001. “Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu,” Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, cilt 11, sayı 1, s. 1-26.
13. Yılmaz, S. 2008. “Eğilme-Burulma Bağlısımlı Rüzgâr Türbini Pala Tasarımı,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
14. Şenel, M. C. 2012. “Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış,” Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
15. Altuntaşoğlu, Z. T. 2012. “Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar,” Mühendis ve Makine Dergisi, cilt 52, sayı 617, s. 56-63.
16. www.iea.org.tr, son erişim tarihi: 01.08.2014.
17. Renewables 2014 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris.
18. World Wind Energy Association Half Year Report-2014, World Wind Energy Association, Bonn, Almanya.
19. www.eie.gov.tr, son erişim tarihi: 08.10.2014.
20. www.mgm.gov.tr, son erişim tarihi: 01.10.2014.
21. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı, İlgili ve İlişkili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Mavi Kitap 2014, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
22. Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu-Temmuz 2014, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB), Ankara.