

Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi

Determination of Wind Energy Potential

Ayhan ALBOSTAN, Levent EREN, Yalçın ÇEKİÇ

Mühendislik Fakültesi
Bahçeşehir Üniversitesi

ayhan.albostan@bahcesehir.edu.tr, leren@bahcesehir.edu.tr, yalcin@eng.bahcesehir.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Bahçeşehir Üniversitesi Beşiktaş yerleşkesinde 2008 yılında cup-tipi rüzgar enerjisi gözlem istasyonu kurularak beş aylık süre içerisinde yarım saatlik aralıkla ölçülen rüzgarın hızı, yönü, havanın nemi, sıcaklığı ve basıncı verilerine dayanılarak ölçüm yapılan bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu süre içerisinde elde edilen veriler ile ölçüm yapılan bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Bölgenin rüzgar enerji potansiyelinin analizinde Weibull dağılımı kullanılmıştır. Yapılan bu ön araştırma sonucunda sözkonusu olan bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin istatistiksel olarak elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmektedir.

Abstract

In this study, wind energy potential of Bahçeşehir University Beşiktaş Campus is determined by analyzing wind speed, wind direction, humidity, temperature, and atmospheric pressure data collected in half an hour intervals by wind energy observation station over five months in 2008. Wind energy potential of monitored area is determined by performing statistical analysis of collected data. Weibull distribution is used in the statistical analysis. As a result of this preliminary study, the statistical analysis indicates that it is feasible to generate electrical energy from the wind energy in the monitored area.

1. Giriş

Bilindiği gibi enerji, dünyanın ve ülkemizin gündeminde ilk sırayı almaya devam ediyor. Enerji, uluslararası ilişkilerde siyasi, ticari ve askeri alanlarda ya sebep yada sonuç belirlemede önemli bir yer tutmaktadır [1]. Öte yandan, Dünya enerji ihtiyacının giderek artması, fosil enerji kaynaklarının da hızla azalması ve bazı kaynakların tükenme noktasına yaklaşması (petrol), yeni ve alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve mevcut kaynaklardaki kayıp ve kaçakları ortadan kaldırılarak en verimli düzeyde kullanılmasını gerektirmektedir. Enerji kaynaklarına sahip olmak da yeterli değildir. Enerjiyi verimli kullanmak da

sahip olmak kadar önemlidir [2]. Enerjinin yeterli, kaliteli, süreklili, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması ekonomik dengeler ve kalkınma için olmazsa olmazlardır. Ekonomik olarak bu kadar değerli bir meta olan enerji, Dünya siyasetini yönlendirmektedir. Diğer taraftan Dünya, iklim değişikliği etkileri nedeniyle tüketiminin azaltılması ve/veya tüketim yapısının değiştirilmesi zorunluluğu ile artan enerji ihtiyacının karşılanması arasında seçenezsiz kalmaktadır. Bu da dünya ekonomisini ağır bir problemi çözmeye zorlamaktadır. Toplam tüketimde %90 pay alan fosil yakıtların, özellikle petrol ve doğal gazın, dünyanın bazı bölgelerinde yoğunlaşan bu kaynaklara sahip olan ülkeler tarafından fiyatlarının kolayca yönlendirilmesine olanak vermesi de başka çözümsüzlükleri beraberinde getirmektedir. Bu nedenle söz konusu kaynaklara sahip bölgeler ve çevreler siyasi olarak gergin ve sıcak bölgeler haline gelmektedir. Bu da gösteriyor ki ülkemiz, doğu-batı, güney-kuzey yönlerinde tam bir enerji köprüsü misyonunu üstlenmektedir. Günümüzde kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil kökenli birincil enerji kaynaklarının yanında “Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları” alanında da büyük ilgi ve uygulama yoğunluğu gözlenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) nın tahminlerine göre bilinen petrol rezervlerinin 40 yıl, doğal gaz rezervlerinin 62 yıl ve kömür rezervlerinin 216 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir [2]. Bu nedenle hidrojen, nükleer, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyoyakıtlardan yararlanılması dünya gündeminin öncelikli maddelerini oluşturmaktadır. Rüzgar, su, güneş, linyit ve toryum zengini olan Türkiye, enerji fakirliği çekmekte ve en pahalı enerji kullanan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenlerden dolayı yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından azami ölçüde faydalanmaya yönelik teknolojilerin hızla geliştirilip uygulamaya konulması gerekmektedir. Ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biriside rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi, aslında insanlığın M.Ö. 2800 lerdan beri kullandığı en eski enerji kaynaklarından biridir. Bu enerji, son yıllara kadar daha çok su pompalama ve kırsal alanda elektrik enerjisi elde etme amaçları ile kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde ise artık alternatif bir enerji üretim kaynağı olarak enerji sektöründe yerini almıştır [1]-[3]. Bu enerjinin kullanılabilmesi, rüzgar rejimine, rüzgar milinin yerleştirildiği yüksekliğe ve enerji üretim sisteminin boyutlarına bağlıdır. Bu çalışmada, Bahçeşehir Üniversitesi

Beşiktaş Yerleşkesine deniz seviyesinden 35 m yüksekliğe kurulan cup-tipi rüzgar ölçüm istasyonundan faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler 2008 yılı Şubat-Temmuz, döneminde her yarım saatlik aralıklarla kaydedilmiştir. Böylece elde edilen veriler kullanılarak yerleşkenin rüzgar enerjisinin potansiyelini gösteren ön araştırma yapılmıştır.

2. Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Rüzgar enerjisi kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin karaları denizleri ve atmosferdeki her yeri özdeş ısıtamamasından dolayı oluşan sıcaklık ve buna bağlı basınç farkları rüzgarı oluşturmaktadır. Rüzgar yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine yer değiştiren havanın dünya yüzeyine göre bağıl hareketidir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin çok küçük bir kısmı (yaklaşık %2'si) rüzgar enerjisine çevrilebilmektedir. Rüzgar enerjisi potansiyeli; doğada mevcut haliyle doğal potansiyel, doğal potansiyelin teknoloji aracılığı ile kullanılabilir enerjiye dönüştürülmüş şekline teknik potansiyel ve diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırılması sonucu ekonomik olarak nitelenen miktarına da ekonomik potansiyel olarak adlandırılır. Bugün dünyadaki mevcut toplam teknik olarak enerji elde edilebilecek rüzgar kaynağı 53000 TWh/yıldır. Bu enerji 1998 yılında dünyadaki toplam elektrik tüketiminin dört katıdır. 2020 yılına kadar dünya elektrik tüketiminin %10'unu rüzgar gücüyle sağlansa bile rüzgar potansiyelinin çoğu hala kullanılmamış olacaktır. 2020 yılında 1245 GW dünya rüzgar gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar \$'dır. Rüzgar enerjisi üretim maliyetinin azalması ve verimliliğin artması günümüzde bu enerjiye olan yatırımı artırmaktadır. Kısa bir süre içinde üretim maliyetlerinin 5-8 ECU/kWh'dan 3-4 ECU/kWh'a düşmesi beklenmektedir [4]. Yine bu süre içinde dünya çapında rüzgar endüstrisinde imalat, kurulum ve diğer iş kollarında, milyonlarca kişiye iş imkanı sağlanacaktır. Rüzgar enerjisi enerji ihtiyacımızı karşılamada ve iklim değişikliğini önlemede çok büyük rol oynamaktadır. Halen dünyada en hızlı büyüyen enerji sektörlerinden biridir. Gelişmiş ülkeler sera gazı emisyonlarından korunmak için rüzgar enerjisinden faydalanmayı teşvik etmektedir. Günümüzün küresel enerji politikaları, sadece iklim değişikliği ile değil, aynı zamanda enerji talep artışları ve enerji arz güvenliği konuları ile de ilgilidir.

Türkiye karasal rüzgar açısından zengin sayılabilecek bir konumdadır. Rüzgar potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz öncelikle Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi (EİE) tarafından hazırlanan "Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası" (REPA)'ya göre yerleşim alanları dışında 50 m yükseklikteki rüzgar hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6.0 – 7.0 m/s ve iç kesimlerinde 5.5 – 6.5 m/s. Batı Akdeniz kıyılarında 5.0 – 6.0 m/s ve iç kesimlerinde 4.5 – 5.5 m/s Kuzeybatı Ege kıyılarında 7.0 – 8.5 m/s ve iç kesimlerinde 6.5 – 7.0 m/s 'dir. Yapılan çalışmalar neticesinde ulaşılan sonuçlar, Türkiye'nin teknik rüzgar enerjisi potansiyeli ve kurulu rüzgar gücünün aşağıdaki şekilde olduğunu göstermektedir

Tablo 1: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Teknik Potansiyel (MW)	Teknik Potansiyel (TWh/yıl)	Rüzgar Kurulu Gücü (MW)	Rüzgar Kurulu Güç Verimi
83.000	166	279	% 33-35

EİE'nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgar hızı verileri, bu bölgelerin bir çoğunun rüzgar enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar bazı firmaları 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 gereksede WASP ve WindPro yazılımları kullanılarak santral sahasından üretilebilecek enerji miktarının tespiti ve optimum tarla tasarımının değerlendirilmesi açısından incelenmektedir. Ayrıca 5584 sayılı Enerji verimliliği kanunu'nun 15 inci maddesine göre "yalnızca kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, kurulu gücü azami ikiyüz KW lık üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişiler lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaftır" her isteyen tüketicinin yasada belirlenen kurulu güç sınırları içerisinde rüzgar üretim tesisi kurabileceği öngörülmektedir. Ancak yasanın yürürlüğe giriş tarihinden bir yıldan fazla süre geçmesine rağmen ilgili düzenlemeler henüz yapılamamıştır.

3. Rüzgar Ölçüm Verilerinin Analizi

Her hangi bir bölgedeki rüzgar enerjisi potansiyelinin doğru hesaplanması için rüzgar ölçüm sistemine uygun bir yer seçilmeli ve ölçüm süresi en az bir yıl olmalıdır. Rüzgar ölçüm istasyonlarından belirli bir yükseklikten alınan rüzgar hız verilerinin frekans dağılımları elde edilerek veri analiz işlemleri yapılır. Bu frekans dağılımı yardımıyla hangi rüzgar hızı değerlerinin sık gözlemlendiği belirlenebilir. Rüzgar hızı verilerinin standart sapması 0 ile 3 m/s arasında olmalıdır [5]. Herhangi bir alandaki standart sapmanın küçük olması o alandaki rüzgar rejiminin düzenli olduğunu gösterir.

Bahçeşehir Üniversitesi Beşiktaş yerleşkesinde kurulan rüzgar ölçüm istasyonunun özellikleri;

- Konumu: Beşiktaş sahili (Boylam: D29.00949°, Enlem: K41.04225°)
- Rakımı: 35 m (ölçüm seviyesi)
- Rakıma göre hava yoğunluğu: 1225 gr /m³ (yaklaşık)

Bu çalışmada kullanılan 2008 yılı Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarına ait rüzgar hız verileri, deniz seviyesinden 35 m yükseklikteki ölçüm istasyonundan yarım saatlik ölçümlerle alınmıştır. Ölçüm için kullanılan rüzgar ölçüm istasyonuna ait bilgiler Ek A'da verilmiştir.

4. İstatistiksel Analiz

Rüzgar hızı dağılımının belirlenmesinde kullanılan birçok dağılım vardır. İki parametrelili Weibull ve Weibull'un şekil parametresinin iki olduğu durum olan Rayleigh dağılımları en yaygın kullanılan dağılımlardır. Rüzgar enerjisi potansiyeli hesaplamalarında genellikle Weibull dağılımı kullanılmaktadır. Rüzgar verilerinin genelde bu dağılıma uyduğu bilinmektedir, bununla birlikte bazı bölgelerde rüzgar verilerinin iki parametrelili Weibull dağılımına uymamaktadır. Weibull dağılımı boyutsuz şekil (k) ve ölçek (c) parametrelerinden oluşan iki parametrelili bir dağılımdır. Rüzgar hızı için iki parametrelili Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu,

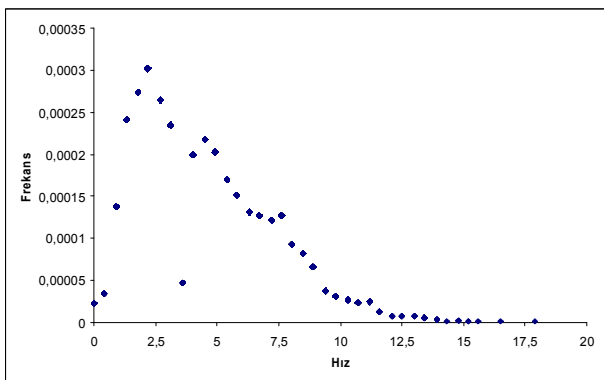
$$f_w(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (1)$$

biçimindedir, burada v rüzgar hızı (m/s), k ve c sırasıyla boyutsuz şekil ve ölçek (m/s) parametreleridir. Ölçek parametresi c aynı zamanda rüzgar verilerinde referans bir değere sahiptir. Şekil parametresi k genellikle 1.5 ile 3 değerlerde arasında olması beklenir.

Weibull dağılımının birikimli olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$F_w(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

şeklinde. Weibull birikimli dağılım fonksiyonu rüzgar hızının belirli bir v değerinden küçük yada eşit gerçekleşme olasılığını verir. Weibull parametrelerini bulmak için günümüzde pek çok yöntem geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda Grafik Yöntemi, Moment Yöntemi ve En Yüksek Olabilirlik Yöntemlerinin şekil ve ölçek parametrelerinin hesaplanmasında iyi sonuçlar verdiği görülmektedir [6]. Bu yöntemlerden Moment Yöntemi kullanılarak elde edilen Weibull dağılımı Şekil.1.'de ve katsayıları Tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil.1 : Beş aylık veriler için Weibull dağılımı

Tablo 2: Weibull Parametreleri

Ortalama	4.484777
Standart Sap.	2.73682
Toplam v^k	85364.01
c	5.044209
k	1.709784

5. Güç Yoğunluğunun Hesaplanması

Rüzgar kinetik enerjisi

$$w_k = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (3)$$

ile gösterilmektedir. Burada ρ hava yoğunluğu A kesit alanı göstermektedir. Weibull dağılımında güç yoğunluğunun ifadesi ise

$$P_w = \int_0^{\infty} p(v) \cdot f(v) \cdot dv \quad (4)$$

biçimindedir. Denklem(1) ve denklem (3) denklem (4)'de yerine konularak kısaltmalar yapılır ve elde edilen ifade Gamma fonksiyonu kullanılarak güç yoğunluğu fonksiyonu

$$P_w = \frac{1}{2} \rho \cdot c^3 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (5)$$

biçiminde elde edilir [6]. Rayleigh dağılımı için ortalama güç yoğunluğu ifadesi

$$P_{ort} = \frac{3}{\pi} \rho \cdot v^3 \quad (6)$$

biçimindedir. Burada ölçülmüş bir olasılık yoğunluk dağılımına karşılık gelen referans güç yoğunluğu olarak da adlandırılır. Rüzgar güç yoğunluğu ifadesi

$$P_{ref} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{2} \rho \cdot v_{m,j}^3 \cdot f(v_j) \quad (7)$$

Biçimindedir. Bu ifadedeki $v_{m,j}^3$ inci aralıktaki ortalama hızı $f(v_j)$ ise aynı aralıktaki olasılık değerini gösterir [5].

6. Sonuçlar

Bahçeşehir Üniversitesi Beşiktaş yerleşkesinde rüzgar enerjisi potansiyeli hakkında genel bir bilgi sahibi olmak ve bu konuda gerekli açıklamalar yapabilmek amacıyla yapılan bu çalışmada, Şubat 2008 de üniversite yerleşkesine kurulan rüzgar ölçüm istasyonundaki 35 metrelik ölçüm yüksekliğinden yarım saatlik olarak alınan Şubat, Mart,

Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz aylarına ait rüzgar hız verileri kullanılarak yerleşkenin rüzgar enerjisi potansiyeli istatistiksel ön araştırması Weilbull dağılımı ile yapılmıştır. Yapılan çalışmada ölçüm süresindeki rüzgarın ortalama hızı 4.48 m/s ve rüzgarın güç yoğunluğu ise 104.65 w/m² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu güç yoğunluğunun 100 w/s² nin üzerinde olması bölgenin rüzgar enerjisi üretimi açısından iyi durumda olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmaların sürdürülerek ölçümlerin farklı bölgelerde daha yüksek ve daha uzun sürelerde alınarak tüm bölgenin detaylı araştırılması ve maliyet analizi yapılması neticesinde, daha doğru ve kesin değerlendirilmeler yapılabilecektir. Bölgenin yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusundaki çalışmalarımız devam edecektir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde kullanılması ve ülkemizin özellikle enerji arz güvenliğine olumlu katkı yapması ekonomik olarak büyük önem taşımaktadır.

7. Kaynaklar

- [1] Pamir, N. "Enerji Arz Güvenliği ve Türkiye" Stratejik Analiz, Mart, 2007.
- [2] Güner, S., Albostan, A., "Türkiyenin Enerji Politikaları," YEKSEM'07, Kasım, 2007.
- [3] IEA, 2007, *World Energy Outlook 2007*, Paris.
- [4] <http://www.mobildepo.com/arsiv-konu-31517.0-ruzgar-enerjisi.html>, 10.06.2008.
- [5] Kurban, M., Kantar, Y., Hocaoglu F.O. "Rüzgar Enerji Potansiyelinin Araştırılmasında Weilbull ve Rayleigh Dağılımlarının Kullanılması". *Sakarya Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü*, cilt 10-1, 2006.
- [6] Akdağ, S.A., "Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Ekonomik Analizinde Weilbull Dağılımının Kullanımı" Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, Enerji Bilim ve Teknoloji, Aralık, 2007.
- [7] Akdağ, S.A., Dinler, A., Menteş, S., "Rüzgar Karakteristiğinin Analizi", YEKSEM'07, Kasım, 2007.

Ek A

Ürün: 6152 Davis Vantage Pro2 Kablosuz Hava İstasyonu

Teknik Özellikleri:

- Kablosuz Grafik Ekran
- 300m. Açık alan, 60-120 m. arası kapalı alan kablosuz iletişim
- Sensörlerin tamamı solar panelden sağlanan güneş enerjisi ile çalışmakta, isteğe bağlı olarak enerji pil haznesinden de karşılanabilmektedir. Kapalı günlerde ve geceleri sistem içerisindeki şarj edilebilir lityum pilden sağlanan enerji devreye girmektedir. Bu pil yine solar panel tarafından otomatik olarak şarj edilmektedir.
- Sensörlerin tamamı dış ortama dayanıklı siperler içerisine yerleştirilmiştir.

Rüzgar:

Rüzgar yönü: 0° ile 360° ±7° doğruluk, 1° çözünürlük
Rüzgar hızı: 1 ile 67 m/s

Sıcaklık sensörü:

İç ortam : 0.1°C hassasiyette, ± 0.5 °C kesinlikte

Ölçüm Aralığı : 0.....+ 60 °C

Dış ortam: 0.1°C hassasiyette, ± 0.5 °C kesinlikte

Ölçüm Aralığı : - 40.....+ 65°C

Nem sensörü :

İç ortam: %1 hassasiyette, %3 kesinlikte

Ölçüm Aralığı : %10.....%90

Dış ortam: % 1 hassasiyette, %1 hassasiyette, %5 kesinlikte,

Ölçüm Aralığı : %0.....%100

Çiğleşme Noktası Sıcaklığı: 1°C hass., ± 1.5 °C kesinlikte,

Ölçüm Aralığı : - 76.....+ 54°C

Basınç:

0.1mb hassasiyette, ±1.0 mb kesinlikte

Ölçüm Aralığı : 880.....1080 mb

Yağış Sensörü:

0.2mm hassasiyette, %4 kesinlikte

Ölçüm Aralığı : 0.....9999mm (Günlük)

0.....19.99mm (Aylık/yıllık)



Resim 1: 6152 Davis Vantage Pro2 kablosuz hava rüzgar ölçüm istasyonunun dış ünitesi



Resim 2: Rüzgar ölçüm istasyonunun parametrelerini monitör eden ve verileri toplayan iç ünite