

WEIBULL DAĞILIMI KULLANILARAK RÜZGAR HIZ VE GÜÇ YOĞUNLUKLARININ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Mehmet KURBAN , Yeliz MERT KANTAR, Fatih Onur HOCAOĞLU

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü, Eskişehir

ÖZET

Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu, rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemede en çok kullanılan istatistiksel dağılımlardan biridir. Ortalama rüzgar hızı, ortalama rüzgar gücü yoğunluğu ve dolayısıyla rüzgar enerjisi tahmini genellikle iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna dayalı olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada, yürütülen Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü 'ndeki 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında 15 sn aralıklarla ölçülen rüzgar hızı verilerine dayanarak, rüzgar hızı ve gücünün ele alınan aylara göre değişimleri, parametreleri Moment Metoduyla bulunan Weibull dağılımı yardımıyla incelenmiştir. Böylece, genel anlamda Eskişehir bölgesinin rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi için bir ön çalışma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Weibull dağılımı, weibull parametreleri, moment metodu, rüzgar hızı, rüzgar gücü.

STATISTICAL ANALYSIS OF WIND SPEED AND POWER DENSITIES USING WEIBULL DISTRIBUTION

ABSTRACT

Weibull probability density function is one of the most widely used statistical distributions that are used to determine the wind energy potential. Average wind speed, average wind power and average wind energy, which is a direct result of these two, is generally forecasted using two-parameter Weibull power density function. In this study, which is covered under a Scientific Research Project of Anadolu University, the changes in the wind speed and power in 2005 July, August, September and December in İki

Eylül Campus of Anadolu University are studied using Weibull distribution that is found with the help of parameters using Moment Method. Consequently, a preliminary research for the the wind energy potential of Eskisehir region is completed.

Keywords:Weibull distribution, weibull parameters, moment method, wind speed, wind power.

1. GİRİŞ

İnsan yaşamının devam ettirilebilmesi için ihtiyaç duyulan enerjinin sürekli, kaliteli ve güvenli olarak sağlanabilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde fosil kaynaklar, gerek ısınmada gerekse yakıt olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu fosil kaynakların rezervlerinin gelecek için yeterli görülmemesi; ayrıca elde ediliş ve depolama bakımından büyük ölçüde ileri teknoloji ve finans kaynağı gerektirmesi, dünyadaki bütün ülkelerin mevcut enerji programlarını tekrar gözden geçirmesine ve acilen gerekli önlemleri almasına sebep olmuştur. Alınacak önlemlerin başında, toplam enerji talebinde petrolün payının giderek düşürülmesi, enerji tasarrufunun sıkı bir şekilde yapılması ve kaynakların verimli kullanılmasının yanında yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar yararlanmaya yönelik teknolojilerin hızla geliştirilip uygulamaya konulması gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi, aslında insanoğlunun M.Ö. 2800’erden itibaren kullandığı en eski enerji kaynaklarından biridir. Rüzgar enerjisi, 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. Bu enerjinin kullanılabilmesi, rüzgar rejimine, rüzgar milinin yerleştirildiği yüksekliğe ve enerji üretim sisteminin boyutlarına bağlıdır [1-3].

Bu çalışmada, Anadolu Üniversitesi tarafından desteklenen ve tarafımızca yürütülen “A. Ü. İki Eylül Kampüsü’nde Rüzgar ve Güneş Potansiyelini Belirleyerek Hibrid (Rüzgar-Güneş) Enerji Santral Modeli Kurmak” başlığı altındaki bilimsel araştırma projesi kapsamında kurulan rüzgar gözlem istasyonundaki 30 metrelik ölçüm direğinin 10 metre yüksekliğinden 15 saniyede bir alınan 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına ait rüzgar hızı ve rüzgar yönü verileri kullanılarak kampüsün rüzgar enerjisi potansiyelinin ön araştırması istatistiksel olarak yapılmaktadır. Böylece Eskişehir ve bölgesinin de rüzgar enerjisi potansiyeli hakkında yaklaşık bilgi sahibi olunacak ve bu konuyla ilişkili gerekli açılımlar yapılabilecektir.

2. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar, atmosferin ısınması ve soğumasından kaynaklanan sıcaklık ve basınç farkından dolayı yer değiştiren havanın, dünya yüzeyine göre bağlı olarak yaptığı harekettir. Burada, yüksek basınçtan alçak basınca doğru bir hareket söz konusudur. Rüzgar, atmosferde serbest olarak dolaşan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi, kinetik bir enerjidir. Atmosferin rüzgarı oluşturan brüt kinetik gücü yaklaşık olarak 190×10^9 kW değerindedir. Dünyanın 50° kuzey ve güney enlemleri arasındaki 3×10^9 kW'lık kinetik rüzgar gücü potansiyelinin çeşitli nedenlerden dolayı yalnızca üçte birinin kullanılabilmesi düşünülmektedir. Yeryüzünün aldığı toplam güneş enerjisinin yaklaşık olarak %2'sinin rüzgarın kinetik enerjisine dönüştüğü tahmin edilmektedir. Bu miktarın toplam dünya enerji tüketiminin 100'lerce katı kadar olduğu düşünülecek olursa, rüzgar enerjinin önemi daha da iyi anlaşılacaktır. Yapılan rüzgar türbinleriyle, ancak belirli bir rüzgar hızı aralığında enerji üretilebilmektedir. Bu nedenle, enerji üretim sisteminin kurulacağı yörenin rüzgar rejiminin bilinmesi öncelikli ve önemli bir konudur. Rüzgar enerjisinin miktarı, rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpüyle orantılı olarak artmaktadır. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme süresine bağlıdır. Rüzgar türbini alanında esas gelişme, uçak pervane ve kanatlarının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur [2-5].

Rüzgar türbinlerinin görsel ve estetik olumsuzlukları, gürültülü çalışmaları, kuş ölümlerine neden olmaları, haberleşmede parazit oluşturmaları, 2-3 km'ye kadar radyo ve televizyon alıcılarını karıştırmaları gibi istenmeyen etkilerinin ve kaza olasılıklarının olması, temiz ve yenilenebilir olan rüzgar enerjisi kullanımında meydana gelen olumsuz etkilerdir. Bu etkilerinin aksine, sera gazı emisyonu ile ilişkisinin ve asit yağmurlarına etkisinin olmaması, karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olması, değerli fosil yakıtların tasarruf edilmesini sağlaması, radyasyon ve radyoaktif atıklarla ilişkisinin olmaması, temiz ve ekonomik bir elektrik üretim yöntemi olması gibi birçok olumlu yanları da vardır [6].

Bu çalışmada, yürütülen proje kapsamında Eskişehir'de Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde kurulan rüzgar-güneş ölçüm ve enerji üretim sistemi kullanılarak elde edilen ölçüm ve değerlendirmelerden yararlanılmıştır.

3. RÜZGAR HIZI VERİLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Rüzgar gözlem istasyonlarından belli bir yükseklikten alınan rüzgar hızı verilerinin frekans dağılımları elde edilerek veri değerlendirme işlemine başlanılır. Bu frekans dağılımı yardımıyla hangi rüzgar hızı değerlerinin sık gözleendiği belirlenebilir. Rüzgar türbinleri seçilirken bu tür dağılımlardan yararlanılmaktadır. Rüzgar ölçüm verilerinin incelenmesi sonucu, ölçüm yapılan noktanın türbülans yoğunluğu da belirlenmelidir. Türbülans yoğunluğu seviyesinin yüksek olması, enerji üretim miktarının düşmesinin yanında rüzgar türbini üzerine etki eden kuvvetlerin şiddetini ve malzeme yorulmasının hızını artırdığı için rüzgar enerji santrallerinin ekonomik ömürlerinin azalmasına neden olmaktadır. Türbülans yoğunluğunun belirlenmesi için öncelikle rüzgar hız ölçüm serilerinin ortalama hızı ve standart sapması belirlenmelidir. Standart sapma önemli bir kavram olup rüzgar hızlarındaki dalgalanmaları tanımlamak için kullanılır. Rüzgar hız verilerinin standart sapması 0 ile 3 m/s arasında olmalıdır. Herhangi bir alandaki standart sapmanın küçük olması demek o alandaki rüzgar rejiminin son derece düzenli olması anlamına gelmektedir. Rüzgar hız verilerinin standart sapma miktarının bu verilere ait ortalama hız değerine oranı ise türbülans yoğunluğu olarak adlandırılmaktadır. Hesaplanan türbülans yoğunluğu 0.0 – 0.10 değerleri arasında ise düşük yoğunluklu, 0.10 - 0.25 değeri arasında ise orta yoğunluklu ve 0.25 değerinden büyükse yüksek yoğunluklu olarak sınıflandırılır. Türbülans yoğunluğunun yüksek olduğu alanlara rüzgar enerji santralı kurmaktan kaçınılmalıdır [7].

Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'nde kurulan rüzgar-güneş ölçüm ve hibrid enerji üretim sistemleri kapsamındaki rüzgar gözlem istasyonunun ve rüzgar türbininin bulunduğu yerlerin özellikleri şunlardır:

Rüzgar gözlem istasyonunun

Konumu: E-288674 N-4410931

Direk yüksekliği: 30 m

Ölçüm yüksekliği: 10 m ve 30 m

Rakımı :788 m

Rakıma göre hesaplanan hava yoğunluğu: $\rho = 1.1309 \text{ kg/m}^3$,

Rüzgar türbininin

Konumu: E-289269 N-4410399

Gücü: 1000 W

Kanat sayısı: 3

Kanat çapı: 3 m

Kanatlarının süpürme alanı $A=7.0686 \text{ m}^2$ değerlerindedir.

Bu çalışmada, proje kapsamında kurulan rüzgar ölçüm sisteminden veri alınmaya Temmuz 2005 tarihinde başlanılmış ve alınan Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına ait rüzgar hızı verileri, rüzgar gözlem istasyonundaki 30 metrelik ölçüm direğinin 10 metre yüksekliğinden 15 saniyede bir alınmış ve istatistiksel analizlerin daha kolay yapılabilmesi için Tablo 1' deki gibi frekans dağılımı olarak düzenlenmiştir. Rüzgar hızı önce sınıflara ayrılmış ve her bir rüzgar sınıf aralığındaki rüzgar frekansı belirlenmiştir. Temmuz ayı için 167668, Ağustos ayı için 162229, Eylül ayı için 166622 ve Ekim ayı için de 178121 olmak üzere toplam 674640 adet ölçüm yapılmıştır.

Tablo 1. Rüzgar Hız Verilerinin Frekans Dağılımları.

j	v_j	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
1	0-1	4872	4921	7734	17103
2	1-2	19385	13396	25594	28764
3	2-3	30240	21292	35583	29933
4	3-4	30321	26207	32849	34274
5	4-5	25304	33877	29526	27860
6	5-6	21873	26884	17461	19964
7	6-7	18986	17371	9160	11394
8	7-8	10912	11537	6061	6349
9	8-9	3952	5338	2259	2040
10	9-10	1237	980	359	424
11	10-11	497	222	35	16
12	11-12	86	158	0	0
13	12-13	3	23	0	0
14	13-14	0	23	0	0
15	14-15	0	0	0	0
16	15-16	0	0	0	0
Topl. V.		167668	162229	166622	178121

Aylara göre ölçüm sayılarının eşit çıkmamasının sebebi, işletme, bakım ve arıza sorunları nedeniyle anemometrenin veri kaydedememiş olmasıdır. Veri kaybı oranı % 10'dan küçük değerlerde olduğu için kabul edilebilir sınırlardadır ve değerlendirme güvenilirliğini çok fazla etkilememektedir.

4. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Belli bir bölgedeki rüzgar potansiyelini belirlemek için olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır. v (m/sn) rüzgar hızı olduğunda onun olasılık yoğunluk fonksiyonu, (1) koşullarını sağlayan fonksiyondur. Tabii ki bir dağılım söz konusu ise bu durumda rassallık vardır. Yani burada v rüzgar hızlarının rassal değişken olduğu kabul edilmelidir.

$$\int_0^{\infty} f(v)dv = 1, \quad f(v) > 0 \quad (1)$$

Kümülatif dağılım fonksiyonu

$$F(v > v^*) = 1 - \int_0^{v^*} f(v)dv = \int_{v^*}^{\infty} f(v)dv \quad (2)$$

şeklinde tanımlanır. (2)'den doğal sonuç olarak (3) hesaplanabilir.

$$F(v_1 < v < v_2) = \int_{v_1}^{v_2} f(v)dv \quad (3)$$

Bu çalışmada, rüzgar hızı çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 2-Parametrelili Weibull dağılımı kullanılmaktadır [8-13].

Rüzgar Hızının Weibull Dağılımı

Rüzgar hızı için 2-Parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun genel formu [8-13].

$$f_w(v) = \left(\frac{k}{c}\right)\left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (4)$$

şeklinde dir. Weibull dağılımının ölçek parametresi olan c aynı zamanda rüzgar hızının bir biriminin referans değeridir.

Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu,

$$F_w(v) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (5)$$

şeklinde dir. Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu, rüzgar hızının, belli bir v değerinden küçük yada eşit gerçekleşme olma olasılığını verir.

Ortalama rüzgar hızı (v^m) ve rüzgar hızının standart sapması'nın (σ), hesaplanmasında (6) ve (7) formülleri kullanılmaktadır.

$$v_m = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{c^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]} \quad (7)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-\alpha} \alpha^{x-1} dx$$

Burada, gamma fonksiyonu . Weibull dağılımına dayanarak, en büyük sıklığa sahip rüzgar hızı (v_{mod}), (8) formülü ile hesaplanır:

$$v_{\text{mod}} = c\left(1 - \frac{1}{k}\right)^{1/k} \quad (8)$$

Maksimum rüzgar hızı ($v_{\text{max}E}$) şöyle ifade edilebilir:

$$v_{\text{max}E} = c\left(\frac{k+2}{k}\right)^{1/k} \quad (9)$$

A alanında esen rüzgar gücü (P)

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (10)$$

formülüyle tahmin edilmektedir. Burada A (m²) süpürme alanı, ρ (kg/m³) bölgenin konumuna, basıncına ve sıcaklığına bağlı olarak hesaplanan hava yoğunluğudur. Bizim çalışmamızda süpürme alanı A=7.0686 m², ρ =1.1309 şeklinde ölçülmüştür. Weibull dağılımı için ortalama güç yoğunluğu

$$P_w = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right). \quad (11)$$

şeklindedir. P , rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak rüzgar türbininin güç çıkışıdır. Ancak dikkat edilmelidir ki (11) formülü ile 15 m/s değerinden düşük rüzgar hızları için güç tahmini yapılmaktadır [8].

4.2 Weibull Dağılımı ve Parametrelerinin Tahmini

Weibull dağılımı şekil parametresine bağlı olarak grafiği farklı şekiller alan oldukça esnek bir dağılımdır. Weibull dağılımının parametrelerine ilişkin literatürde yüzlerce çalışma bulunmaktadır[13-14]. Parametrelerinin bulunmasında en çok maksimum likelihood, moment, en küçük kareler metodları ve bu metodların farklı şekilde modifikasyonları

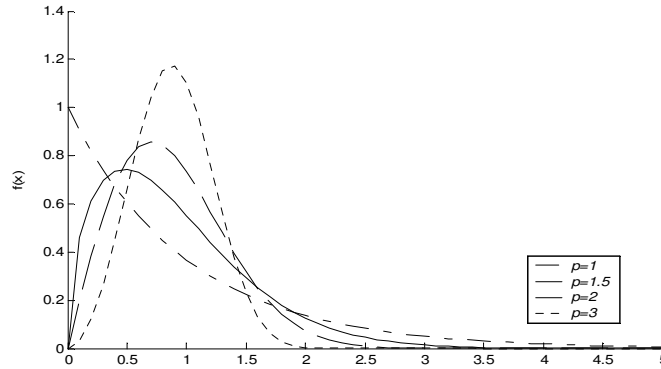
kullanılmaktadır. Bunlardan maksimum likelihood ve en küçük kareler metodları, veri sayısının fazlalığından dolayı çözümlene süresi uzundur ve optimizasyon gerektirir [13-15]. Bu çalışmada, verilerin sadece iki momentini hesaplayarak diğer metotlara göre daha hızlı ve kolay bir şekilde parametre tahmini yapabilen moment metodu kullanılmaktadır.

v_1, \dots, v_n n sayıda rüzgar hızları verisi olduğunda, datadan elde edilen ortalama rüzgar hızı ve varyans sırasıyla şöyle hesaplanmaktadır:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i, \quad (12)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2 \quad (13)$$

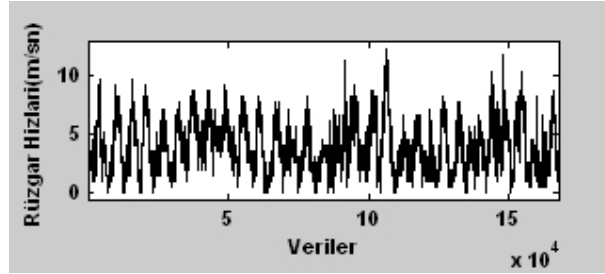
Kısaca, moment metodu teorik dağılımın momentleriyle verilerden elde edilen momentleri eşitleyerek bulunur. Burada (6) ve (7)'yi (12) ve (13)'e eşitleyerek elde edilen parametrelere, moment metodundan elde edilen parametre tahminleri denilmektedir.



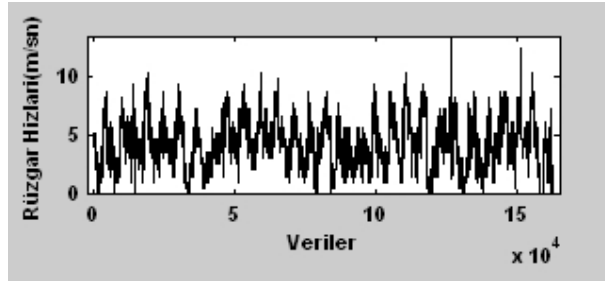
Şekil 1. Weibull Dağılımının Şekil Parametresine Göre Grafikleri.

Şekil 1.'de Weibull dağılımının şekil parametresine göre grafikleri gösterilmektedir. Burada, Weibull dağılımının şekil parametresi arttıkça rüzgar verilerin sıklığının 0 dan uzaklaştığı görülmektedir. Yani şekil parametresi hızın frekansının dağılımı hakkında önsel bilgi vermektedir. Rüzgar hızı çalışmalarında k şekil parametresi genellikle 1.5 ile 3 değerleri arasında olması gerektiği ifade edilmiştir [10].

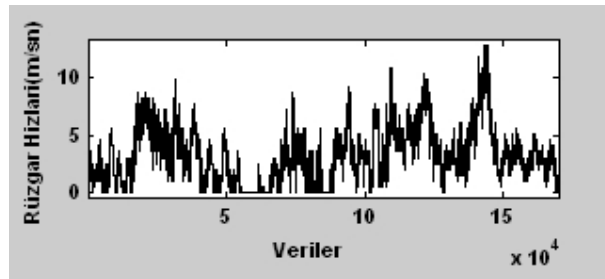
Şekil 2’de, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları için rüzgar hızı zaman serileri verilmiştir. Tablo 2’de ise örnek olarak 2005 yılı Temmuz ayına ait hız verileri kullanılarak elde edilen frekans dağılımları ve Weibull dağılımlarından hesaplanan teorik frekanslar verilmiştir. Ağustos, Eylül ve Ekim ayları için de benzer tablolar oluşturulmuştur. Ayrıca verilerin Weibull dağılımına uygunluğu dört ay için grafiksel olarak incelenmiş ve Temmuz ayı için Şekil 3’te gösterilmiştir.



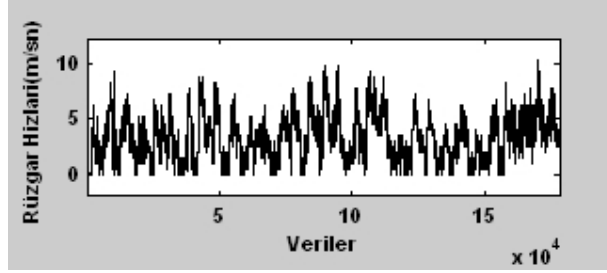
(a)



(b)



(c)

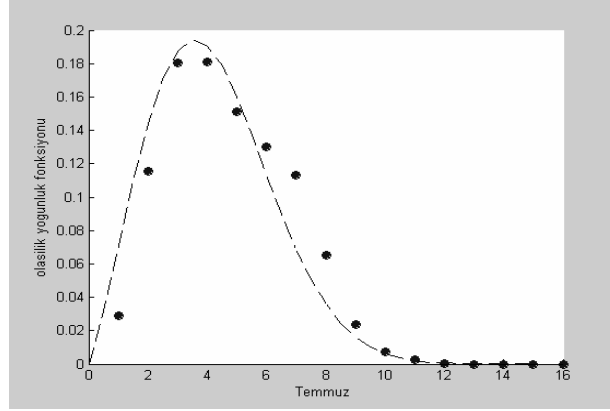


(d)

Şekil 2. a)Temmuz, b)Ağustos, c)Eylül, d)Ekim Aylarına Ait Rüzgar Hız Dağılımları

Tablo 2. Temmuz Ayı için Frekans Dağılımları.

j	v_j	f_j	$f_j(v_j)$	$f_{w,j}$	$f_w(v_j)$
1	0-1	4872	0.0290	5558	0.0331
2	1-2	19385	0.1156	18332	0.1093
3	2-3	30240	0.1803	28358	0.1691
4	3-4	30321	0.1808	32236	0.1923
5	4-5	25304	0.1509	29688	0.1771
6	5-6	21873	0.1304	22948	0.1369
7	6-7	18986	0.1132	15124	0.0902
8	7-8	10912	0.0650	8562.9	0.0511
9	8-9	3952	0.0235	4180.8	0.0249
10	9-10	1237	0.0073	1763.3	0.0105
11	10-11	497	0.0029	642.81	0.0038
12	11-12	86	0.0005	202.51	0.0012
13	12-13	3	0.0000	55.107	0.0003
14	13-14	0	0.0000	12.942	0.0001
15	14-15	0	0.0000	2.6208	0.0000
16	15-16	0	0.0000	0.4571	0.0000

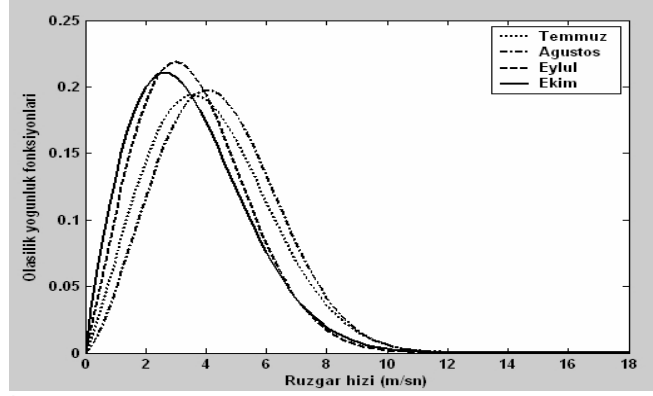


Şekil 3. Temmuz Ayı için Weibull Dağılımına Uygunluk Grafiği.

Bu çalışmada, Weibull dağılımının parametrelerini bulmada Moment metodu kullanılmış ve buna göre 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları için tahmin edilen parametreler, hız ve güçler Tablo 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'te ise Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarının her birine ait rüzgar hızlarına bağlı olasılık yoğunluk fonksiyonları çizilmiştir. Tablo 3'ten, Weibull dağılımının şekil parametresinin 1.8878 ile 2.4347 arasında ve ölçek parametresinin ise 3.9275 ile 5.0052 arasında değiştiği görülmektedir. Rüzgar hız verilerinin standart sapması 0 ile 3 m/sn arasında olması gerekir. Herhangi bir alandaki standart sapmanın küçük olması demek o alandaki rüzgar rejiminin son derece düzenli olması anlamına gelmektedir. Bu bölgedeki ölçülen standart sapma belirtilen değerler arasındadır. Bölgedeki ölçümler 10 m 'de olmasına rağmen, her ay için rüzgar hızı ortalaması 3'ten büyüktür. Bu durum, kısa dönem araştırması da olsa enerji üretimi bakımından umut vericidir.

Tablo 3. Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim Ayları için Parametre, Hız ve Güç Tahminleri.

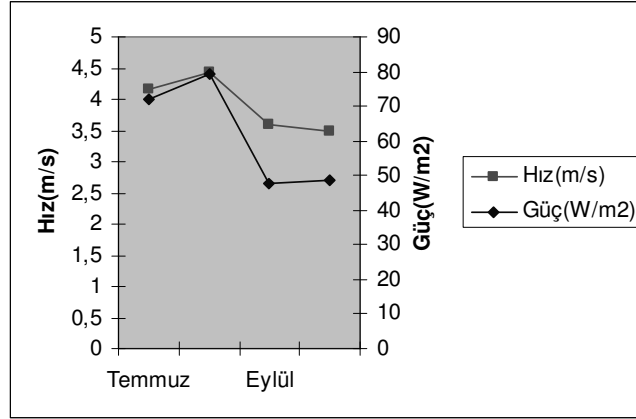
Aylar	\hat{k}	\hat{c} m/sn	\hat{v}_m m/sn	σ m/sn	\hat{v}_{mod} m/sn	$V_{max E}$ m/sn	P W / m ²
Temmuz	2.1890	4.7050	4.1668	2.0084	3.5602	6.3288	71.7768
Ağustos	2.4347	5.0052	4.4383	1.9447	4.0279	6.4030	79.5240
Eylül	2.1074	4.0629	3.5984	1.7946	2.9939	5.5765	47.8436
Ekim	1.8878	3.9275	3.4859	1.9195	2.6337	5.7586	48.5778



Şekil 4. Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim Ayları için Rüzgar Hızı Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları.

Şekil 4'ten de görüldüğü gibi Temmuz ve Ağustos aylarının rüzgar hızına bağlı olasılık yoğunluk fonksiyonları ile Eylül ve Ekim aylarının rüzgar hızına bağlı olasılık yoğunluk fonksiyonları benzeşmektedir. Bu durumun güç tahminindeki benzeşmeye yansıdığı Tablo 3'ten de görülmektedir.

Aylık ortalama rüzgar hızı ve ortalama rüzgar gücü değişimleri Şekil 5'te de görülmektedir. Buna göre, Ağustos ayının, ortalama rüzgar hızı ve gücü bakımından diğer aylara göre daha yüksek enerji potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim Ayları için Ortalama Rüzgar Hızı ve Gücü.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Weibull dağılımı kullanılarak Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü için 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına ait rüzgar karakteristiklerinin aylık değişimi incelenmiş, ortalama rüzgar hızı ve enerji yoğunluğu hesaplamaları yapılmıştır. Weibull dağılımının parametrelerini bulmada ise Moment Metodu kullanılmıştır. Rüzgar hız verilerinin standart sapması beklenen değerler arasında çıkmıştır. İncelenen dört ay içerisinde en büyük ortalama rüzgar hızı ise Ağustos ayında ölçülmüş ve dolayısıyla en büyük rüzgar gücü aynı ayda gerçekleşmiştir. Tüm aylar için ortalama rüzgar hızı 3 m/s 'nin üzerindedir. Bu durum ise rüzgar enerjisini kullanarak elektrik enerjisi üretimi için önsel bir uygunluk göstermektedir.

Eskişehir bölgesinin rüzgar enerjisi potansiyeli hakkında yaklaşık bilgi sahibi olmak ve bu konuda gerekli açıklamalar yapabilmek amacıyla yapılan bu tür çalışmalar, sürekli alınan ölçümlerle birlikte kapsamı genişletilerek detaylı bir şekilde sürdürülecektir. Ülkemizde bu tür enerji kaynaklarına yönelimi hızlandıracak benzer çalışmaların yapılması ve yaygınlaştırılarak üretime katılması çok büyük bir önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Kurban, M., Elektrik Enerjisi Üretiminde Rüzgar Enerjisinin Yeri ve Önemi, I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergiisi , Denizli, 22-24 Mayıs, (2003).(özet)
2. Hocaoglu, F.O. ve Kurban, M., Rüzgar Gücünden Elektrik Enerjisi Üretimi için Rüzgar Türbini Tasarımı, EVK'2005 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 17-18 Mayıs, (2005).
3. Golding, E.W., The Generation of Electricity by Wind Power, London, (1976).
4. Lipman, N.H. and Musgrove P.J.; Wind Energyfor the Eighties, England, (1982).
5. Hickok, F; Handbook of Solar and Wind Energy, Boston.
6. Simmons, D.M., Wind Power, london, (1975).
7. Elektrik İşleri Etüd İdaresi-web sayfası

8. Deaves, D.M.and Lines, I.G., On the Fitting of Low Mean Wind Speed Data to the Weibull Distribution,, 66, 169-78, (1997).
9. Haralambopoulos, D.A, Analysis of Wind Charactersistics and Potential in the East Mediterranean-the Lesvos Case. Renewable Energy, 6,445-54, (1995).
10. Akpınar, E.K ve Akpınar, S., Determination of the Wind Energy Potential for Maden, Turkey. Energy Convers Manage, 45 (18-19), 2901-14, (2004)
11. Çelik, A.N., A Statistical Analysis of Wind Power Density Based on the Weibull and Rayleigh Models at Southern Region of Turkey, Renewable Energy, 29,593-604, (2004).
12. Ülgen, K. ve Hepbaşlı, A. Determination of Weibull parameters for wind energy analysis of İzmir, Turkey. Int J Energy Res, 2002, 26, 495-506.
13. Genç, A., Murat, E., Pekgör, A., Oturanc, G, Hepbaşlı, A. ve Ülgen, K., Estimation of Wind Power Potential Using Weibull Distribution, 27, 809-822, (2005).
14. Cheng, R.C.H. and Amin, N.A.K., Estimating Parameters in Continuous Univariate Distributions with a Shifted Origin, J. Roy. Statist. Soc.Ser.B 45 394-403, (1983).
15. Bowman, K.O. and Shendon, L.R., Maximum Likelihood and Weibull Distribution. Far East J. Theory Statist, (2000).