

AYVALIK'TA
RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ
WIND ENERGY POTENTIAL
IN AYVALIK

Yrd.Doç. Dr. Talat KOÇ

Oz ..

Enerji üretimi ve tüketimi önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Enerji kaynaklı çevre sorunlarına en iyi çözümlerden biri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Rüzgar enerjisi çevre üzerinde olumsuz etkileri en az olan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımı hayli eskidir. Batı Anadolu rüzgar enerjisi potansiyeli yüksek olan bir alandır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu rüzgar verileri, rüzgar enerjisi potansiyelinin varlığını belirtmektedir. Araştırmada hakim rüzgar yönleri N36°E ve S36°E olarak belirlenmiştir. Hakim rüzgar yönlerinin etki oranları sırası ile % 40 ve % 15 'dir. Ayvalık meteoroloji istasyonunda ortalama rüzgar hızı 10 m de 3,0 ms⁻¹, 50 m de 4,5 ms⁻¹ ve 100 m de 6,0 ms⁻¹ dir. Ayvalık ve yakın çevresinde rüzgar enerjisinden yararlanma imkanları ayrıntılı çalışmalar ile desteklenerek uygulamaya taşınabilir.

Anahtar Kelimeler: Ayvalık, Rüzgar Enerjisi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

Abstract

Production and consumption of energy has been leading to important environmental problems. The best solution for the problem related to energy is to use renewable energy sources. Wind energy showing the least negative effect on environment can be termed a renewable energy sources.

The wind energy has been used for long time in Turkey. Western Anatolia has a remarkable area in terms of wind energy sources. In Ayvalık dominating wind directions has been determined as N36°E and S36°E. The effect rate of dominating wind direction has been recorded as 40% and 15% respectively. The average wind speed in Ayvalık Meteorology station is 3,0 ms⁻¹ in 10 metres 4,5 ms⁻¹ in 50 metres and 6,0 ms⁻¹ in 100 metres. The evaluation of wind datum of Ayvalık Meteorology Station has showed the existence of wind energy potential.

Key Words: Ayvalık, Wind, Wind Energy, Renewable Energy Sources.

1. GİRİŞ

İnsanın doğal ortam ile etkileşiminde kendisine avantaj sağlayan en önemli özelliği enerji kaynaklarından yararlanabilmesidir. Enerjinin yaygın kullanımı önemli bilimsel ve teknolojik gelişmelerin alt yapısını oluşturmaktadır. İnsanların her ortamda ve yüksek yaşam standartlarında yaşama isteği, enerji ihtiyacını artırıcı bir etken olmaktadır. Bununla birlikte doğal sistemlerin belirli bir taşıma kapasitesi bulunduğundan bu sınır aşıldığında sorunlar ortaya çıkmaktadır. İnsanın göz aidi edemeyeceği bir gerçek, doğal sistemler olmadan var olamayacağıdır. Doğal sistemlerin oluşturduğu kaynakların sürdürülebilir olarak kullanılmasını önündeki en önemli engel, aşırı enerji kullanımı ve enerji elde edilmesi sırasında ortaya çıkan çevre sorunlarıdır. Özellikle fosil yakıt kaynaklı enerji üretimi ve tüketimi önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle ki yeni, yenilebilir ve mümkün olduğunca az çevre sorununa neden olan enerji kaynakları arayışı söz konusudur. Temiz enerji kaynakları arayışı sırasında çok eskiden beri bilinen ve kullanılan rüzgar enerjisi yeniden gündeme getirmiştir.

Temel enerji kaynağı olan "Güneş Enerjisi" yerküre üzerinde çok değişik şekillerde kullanılabilir. Bu kullanım şekillerinden biri olarak güneş enerjisinin dünya üzerinde farklı dağılışından kaynaklanan yatay hava hareketlerinin (rüzgar) sahip olduğu güç kaynağını kullanarak yararlanmak giderek önem kazanan bir yaklaşımdır. Rüzgar gücü tarihin ilk çağlarından bu yana bir enerji kaynağı olarak kullanılmıştır (Uyar 1985b, Ültanır 1996). İnsanlar başlarının üzerinden akıp giden gücü fark etmiş ve bunu yelkenli gemiler, yel değirmenleri ve su pompaları gibi sistemlerle kullanmış, daha sonra fosil yakıt tüketimi hızla yaygınlaşmıştır. Önceleri ucuz ve kolay elde edilen, tükenmez bir kaynak olduğu düşünülen fosil yakıtlar çevre sorunlarının anlaşılması sonucu terk edilmeye çalışılmaktadır. Fosil yakıtlara alternatif arayışlar içinde rüzgar enerjisinin önemi büyüktür.

Rüzgar enerjisinin son zamanlardaki kullanımı daha çok elektrik enerjisi üretimi amaçlıdır. ABD'de 1981 yılında 30 cent/kwh olan maliyet 3,9cent/kwh kadar inmiştir (Utarur 1996). Anderson (1996) tarafından gerçekleştirilen araştırmada rüzgar gücünden elektrik elde etme maliyetinin çalışmanın yapıldığı

Cent: 1 ABD Dolarının yüzde biri

andaki duruma göre 2000 yılına kadar % 30, 2005 yılına kadar % 40 ve 2030 yılına kadar % 50 düşeceği ifade edilmektedir.

Enerji kaynaklarının üretilmesinden tüketilmesine kadar her aşamada karşılaşılan en önemli engel çevre sorunudur. Rüzgar enerjisi ile ilgili çevre sorunları;

- a) Görsel ve estetik sorunlar
- b) Rüzgar enerjisi üretim sistemlerinin kuşlara zarar vermesi
- c) İletişim sistemleri üzerine etkisi
- d) Rüzgar tarlalarından çıkan ses olarak sıralanabilir.

Fakat belirlenen bu sorunlar kuruluş aşamasında alınacak önlemler ile giderilebilir boyutlardadır.

Rüzgar enerjisinin çevre için yadsınamayacak olumlu yanları da vardır. Örneğin ABD'nin en büyük tesisi olan KENETECH Windpower'in 370 MW 'lık Altomount Pass Rüzgar tesisinin, yılda 461 400 ton CO₂ ve 423 ton NO_x emisyonunu önlediği bir gerçektir (Ültanır 1996 s.56). Bu ve bunun gibi örnekler düşünüldüğünde rüzgar enerjisi ekonomik, çevreye saygılı, yenilebilir bir kaynak olarak ifade edilebilir.

Rüzgar enerjisi bakımından en büyük kurulu güç ABD'dedir ve onu Almanya ile Danimarka'nın izlediği belirtilmiştir (Ültanır 1996). Türkiye çevresindeki rüzgar enerjisi uygulamaları Türkiye'de de bu potansiyelin varlığına dikkat çekmektedir. Özellikle Marmara ve Ege kıyılarında yel değirmenlerinin bulunması rüzgar gücünün varlığının ve kullanımının bir başka göstergesidir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen çalışmalarda Marmara, Güneydoğu Anadolu ve Ege en büyük potansiyele sahip üç bölge olarak belirlenmiştir (Altaş 1994, Dündar 1997, Ültanır 1996). Rüzgar enerjisi balamandan verimli olabilecek başlıca yöreler olarak Bergama, Bodrum, Çanakkale, Çorlu, Gökçeada, İnebolu, Sinop, Antakya, Bandırma ve Mardin olarak belirlenmiştir (Ültanır 1996). Sıralanan çalışmalar ve diğerleri Türkiye'de rüzgarın önemli bir enerji kaynağı olduğunu vurgulamaktadır.

Rüzgar enerjisi bakımından belirlenen alanlar yarımda yapılacak araştırmalar ile yeni potansiyel sahalarda belirlenebilir. Bütün bunlara rağmen

Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji planlamalarında rüzgar enerjisi bulunmamaktadır. Ucuz ve temiz bir kaynak olan rüzgar enerjisine gereken önemin verilmemesi temel sorundur. Belirlenebildiği kadan ile şu anda Türkiye'de gerçekleştirilmiş ufak girişimler dışında önemli bir uygulama yoktur. Bununla birlikte konunun önemini kavrayan araştırmalar ve girişimler artmaktadır.

Bu araştırmada belirtilen gerekliliklerden hareketle Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülen veriler kullanılarak rüzgar enerjisi üretim potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın sonuçlarının Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlenmesine katkı yapması yanı sıra Ayvalıkta rüzgar enerjisinden yararlanma gmsimlerrne alt yapı oluşturacağı düşünülmektedir.

2 . KULLANILAN VERİ VE YÖNTEMLER

Sunulan araştırma rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemeyi amaçladığı için kullanılan veriler ve yöntemler de ona göre şekillenmiştir. Yenilebilir ve temiz bir kaynak olan rüzgardan enerji üretimi hedeflendiği için 1990-1996 dönemindeki saatlik rüzgar verilerinden yararlanılmıştır. Rüzgarın zamana bağlı hız ve yön değişkenliği mümkün olan en ayrıntılı ölçüm sonuçlarından yararlanmayı gerektirmektedir. Rüzgar verilerinin ayrıntılı zaman analizi, bu kaynaktan yararlanarak enerji üretiminin planlamasına sağlıklı bir altyapı oluşturacaktır. Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için yaklaşık 5 yıllık gözlem sonuçlarının yeterli olabileceği kabul edilmektedir. Araştırma sırasında kullanılan 1990-1996 dönemine ait 7 yıllık veri uzunluğu Ayvalık Meteoroloji İstasyonunda, rüzgar enerjisi potansiyelim belirlemek için yeterlidir.

Rüzgar türbinlerinde (RT) enerji üretilebilmesi için rüzgar yönü etkilidir fakat belirleyici bir etken değildir. Rüzgar türbminin her yönden gelen rüzgara göre yön değiştirebilmesi nedeni ile Ayvalık rüzgar verilerinin analizinde ayrıntılı yön çalışması yapılmamıştır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonunda rüzgar yönü ile ilgili değerlendirmeler Rubinstein yönteminden yararlanarak hakim rüzgar yönünün ve etki oranının belirlenmesi ile sınırlı kalmıştır ve hazırlanan rüzgar gülü üzerine hakim rüzgar yönü ve etki oranı bilgilerinin işlenilmesi ile yetinilmiştir (Şekil 1).

Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda saatlik olarak hız verilerinin ayrıntılı

değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Rüzgardan yararlanarak enerji elde edilmesinde en temel etken rüzgarın hız basamaklarına göre esme sayısıdır. Rüzgardan enerji üretimi için alt ve üst basamaklar ile belirlenen ara basamaklardaki esme sayısı (frekans) önemlidir. Uygulamada rüzgar tribünlerinin enerji üretimine başlama alt sınırı 2,7 ms⁻¹ den başlayarak 3,9-4,0 ms⁻¹ kadar değişebilmektedir. Rüzgar türbinleri ile ilgili teknolojilerin gelişmesi sonucu düşük hızdaki rüzgardan yararlanmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle alt sınır olarak 3,0 ms⁻¹ değeri esas alınmıştır (Çizelge 1).

Bilindiği gibi meteoroloji istasyonlarının sağlıklı ölçüm yapabilmesi için çevre şartlarının etkisi büyüktür. Türkiye'de son yıllarda yaşanan hızlı şehirleşme meteoroloji istasyonları çevresinde yapılaşmayı, beraberinde rüzgar hızının azalmasını getirmiştir. Meteoroloji istasyonlarında rüzgar hızı amaca göre değişik yüksekliklerde ölçülür. Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde yararlanılan ölçümler 10 m yükseklikte yapılmış, ya da 10 m ye göre düzeltilmiş değerlerdir. Rüzgar türbinleri ise genellikle 30 m yada daha yükseğe kurulmaktadır. Meteoroloji İstasyonunda ölçüm yapılan 10 m den daha yukarı rüzgarın hızı çevrenin pürüzlülüğüne göre değişmektedir. "Genelde rüzgar gücü yer seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak en azından bizi pratik olarak ilgilendiren ilk 150 m içinde bir artış gösterir" (Uyar 1985b). Rüzgar hızının yüksekliğe bağlı artışı genellikle;

$V/V_0 = (H/H_0)^n$ bağıntısından yararlanarak belirlenir. Genelde kullanılan bu bağıntıda $H_0 =$ ölçümün yapıldığı yükseklik, $V_0 =$ ölçümün yapıldığı noktadaki rüzgar hızını, $H =$ hızı belirlenecek yükseklik, $V =$ hesaplanacak hız değeri olarak ifade etmektedir, n ise çevrenin pürüzlülük katsayısını ifade eder.

Yüksekliğe bağlı hız değişimi 50 ve 100 m ler için hesaplanmış ve bulunan değerlerin hız basamaklarına göre esme sayıları belirlenmiştir. En sağlıklı verilerin doğrudan ölçüm sonucu elde edilen veriler olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte Ayvalık'ta yüksek seviyelerde rüzgar hızı ile ilgili herhangi bir ölçüm olmaması nedeni ile bir önceki paragrafta belirtilen bağıntıdan yararlanarak 50 ve 100 m ler için hesaplamalar yapılmıştır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonunda yüksekliğe bağlı hız değişiminde bağıntı, $V = V_0 \times (H/H_0)^n$ şeklinde kullanılmıştır. Kullanılan bu bağıntıda yüksekliğe bağlı olarak pürüzlülük etkisinin ortadan kalkmasına bağlı

olarak rüzgar hızının arttığı mantığından hareket edilmiştir. Kullanılan bağıntıda hız artışı etkileyen faktör yükseklik farkı ve n katsayısıdır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonunda 10 m için verilen değerlerden yararlanarak 50 ve 100 m ler için rüzgar hızı hesaplanması yoluna gidilmiştir. Diğer bir ifade ile $V_{10} = 10$ m deki rüzgar hızı, $H_0 = 10$ m, H ise 50 ve 100 m değerlerim olmaktadır, "n" katsayısının aldığı değerler Uyar 1985b'de 1/6 ile 1/7 oranında değiştiği, Gouneres 1982'de ise 0,10 ile 0,40 arasında değiştiği ifade edilmektedir (Çizelge 2). Ayvalık Meteoroloji İstasyonunun fiziki çevre özellikleri dikkate alınarak 10 m de 50 m ye değişimde $n = 0,30$; 10 m den 100 m ye değişimde $n = 0,20$ olarak alınmıştır. Dünder 1997 tarafından Avrupa Rüzgar Atlası'nı hazırlamayı amaçlayan bilgisayar programları ile yapılan çalışmalardan incelendiğinde 50 m için kullanılan katsayının 100 m için kullanılmayacağı düşüncesi oluşmuştur. Atmosferde yükseldikçe çevrenin durumuna göre belirli bir seviyeden sonra pürüzlülüğün etkisi azalacağı için 100 m hesaplamalarında $n = 0,20$ katsayısı kullanılmıştır.

Çizelge 1. Enerji üretimi bakımından rüzgar hız basamakları ve özellikleri.

| $W^{\wedge}gM^{\wedge}t^{\wedge}em^{\wedge}li$ | $liiiiiiiliiil^li$ | Rüzgar Türbinim: Etkisi |
|--|--------------------|---|
| 0,0 - 1,8 | Sakin. | Yok |
| 1,9-3,0 | Çok Hafif. | Yok. |
| 3,1 -5,8 | Hafif. | Su pompalarını çalıştırır, ikinci derece güç üretimi. |
| 5,9 - 8,5 | Orta. | Yararlı elektrik üretimi. |
| 8,6- 11,0 | Sert. | Yararlı elektrik üretimi =1/3 kapasite. |
| 11,1 - 14,0 | Kuvvetli. | Tam kapasite. |
| 14,1 -21,0 | Çok Kuvvetli. | Tam kapasite. |
| 21,0 < | Fırtına. | Tüm makinelerin kapatılması, zararlara karşı önlem. |

Kaynaklar: Koç 1996; Tağıl 1995; Uyar 1995b ve Ültanır 1996.

Çizelge 2. Goureres'e göre fiziki çevre şartları ve pürüzlülük katsayıları (Goureres 1982).

| Doğal Çevre Özellikleri | n değeri |
|---|-------------|
| Pürüzsüz (deniz , kar , kum) | 0,10-0,13 |
| Az pürüzlü (kısa çim ,kırsal alan) | 0,13-0,20 |
| Pürüzlü (ormanlar, banliyö)- | 0,20-0,27 |
| Çok pürüzlü (şehir alan , uzun binalar) | 0,27 - 0,40 |

3. DEĞERLENDİRME

Türkiye'nin Marmara ve Ege bölgeleri rüzgar enerjisi bakımından zengin alanlar olarak ifade edilmektedir (Ültanır 1996). Balıkesir ve Ayvalık çevresi daha önce kullanılmış fakat bugün kullanılmayan yel değirmenlerinin bulunduğu bir sahalaradır. Bir önceki bölümde belirtilen yöntemler ile Ayvalık Meteoroloji İstasyonunun rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenmiştir.

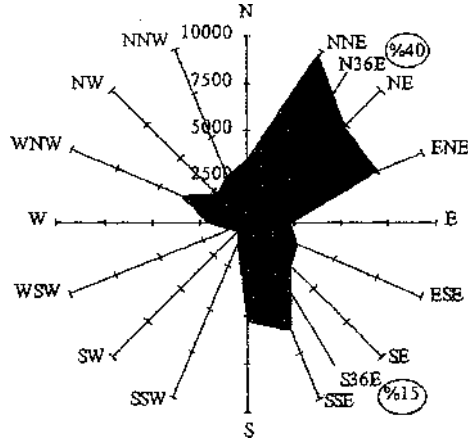
3.1. YÖN ÖZELLİKLERİ

Türkiye konum özellikleri nedeni ile yıl içinde farklı basınç sistemleri ve buna bağlı rüzgarların etkili olduğu bir alandır. Ayvalık'ın bulunduğu Türkiye'nin batı kıyıları kış dönemi Akdeniz ve Polar Cephelerine bağlı gezici alçak basınçların, yaz dönemi ise Asor Yüksek Basıncı ile Basra Alçak Basıncı arasında etkili olan güçlü hava hareketlerinin etkisi altındadır. Türkiye'nin bulunduğu kuşağın genellikle devamlı rüzgarlardan Batı Rüzgarlarının etkisi altında olduğu kabul edilirken bazı kaynaklar bu rüzgarları Alize ya da mevsimlik rüzgar olarak ifade etmenin doğru olacağını vurgulamaktadır. Araştırmanın amacı düşünüldüğünde genel rüzgar yön bilgilerini ifade etmek yeterli olacaktır.

Ayvalık Meteoroloji İstasyonuna ait rüzgarın yönlere göre yıllık esme sayıları incelendiğinde; kuzey-kuzeydoğu 9745 esme sayısı ve toplam içinde %15,9'lük payı ile birinci, doğu-kuzeydoğu 7473 esme sayısı ve toplam içinde %12,2 payı ile ikinci, kuzeydoğu yönü ise 7249 esme sayısı ve toplam içindeki %11,8'lik payı ile üçüncü durumdadır. Bu sayılardan hareketle getirebileceğimiz bir yorum ile araştırma sahasında hakim rüzgar yönü kuzey ve özellikle kuzeydoğudur. Sıralanan yönler yanında güney-güneydoğu yönü de 6148 esme sayısı ve toplam (61368 esme sayısı) içindeki %10,0 Tik payı ile ikinci bir hakim rüzgar yönü görüntüsü vermektedir (Şekil 1). Sıralanan bu veriler ve ayrıntılı olarak Şekil 1 de rüzgar gülü ile ifade edilmiştir.

Rubmstem yöntemine göre iki hakim rüzgar yönü belirlenmiştir. Birinci hakim rüzgar yönü %40'lık etki oranı ile kuzey 36° doğu (N36°E) olarak hesaplanmıştır, (Şekil 1). İkinci hakim rüzgar yönü ise güney 36° doğu (S 36° E) olmuştur (Şekil 1).

Esme sayılan ve Rubinstein yöntemi sonuçları incelendiğinde yıllık iki hakim rüzgar yönü belirlenmiştir. Aylık Meteoroloji İstasyonu'nda kuzey sektörünün birinci derecede egemen olmasının nedeni sıcak dönemde Asor Yüksek Basıncı ile Basra Alçak Basıncı arasında gelişen devamlı rüzgarlardır. İkinci hakim rüzgar yönü olarak güney sektörünün belirme nedeni ise soğuk dönemde polar ve Akdeniz cephelerine bağlı olarak oluşan gezici alçak basınç sistemlerinin etkisidir. Soğuk dönemde etkili olan gezici alçak basınçların özellikle sıcak sektörü güneyli rüzgarların görülmesine neden olmaktadır.



Şekil 1. Aylık Meteoroloji istasyonunda rüzgar gülü ve Rubinstein yöntemine göre hakim rüzgar yönü ile % frekansı

Aylık Meteoroloji İstasyonu'nda hakim rüzgar yönlerinde yıl içinde belirgin değişimler gerçekleşmektedir. Rüzgar gücünden enerji üretimi bakımından rüzgar yönlerinin belirleyici etken olmaması nedeni ile rüzgar yönlerinin yıl içindeki değişimi ile ilgili ayrıntılı çalışma ihtiyacı hissedilmemiştir.

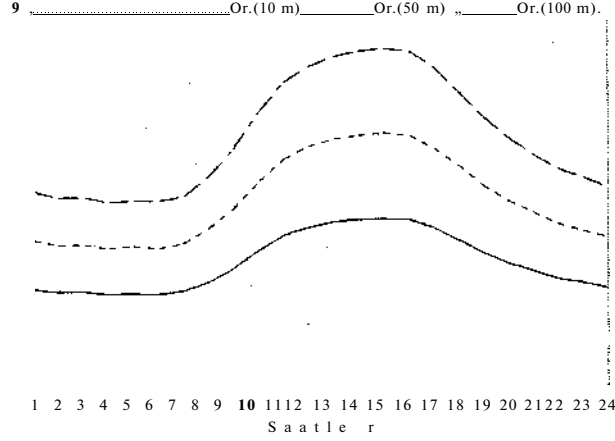
3.2. HIZ ÖZELLİKLERİ

Ayvalık çevresi ile ilgili rüzgar enerjisi üretimi amaçlı herhangi bir planlama yapılabilmesi amacı ile hız değerlendirmelerinde saatlik ölçümlerden yıllık ortalamalara kadar değişik hesaplamalar yapılmıştır. Rüzgarın zamana bağlı değişmesi yanında yüksekliğe bağlı değişmesi de yöntemler kısmında ifade edilen bağıntılardan yararlanarak yapılmıştır. Özellikle belirtmek gerekir ki rüzgar özellikleri ile ilgili en sağlıklı değerlendirme ölçüm sonuçlarından yararlanılarak gerçekleştirilir. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda 10 m üzerinde rüzgar ölçümleri olmadığı için belirli formüller kullanılmıştır.

Enerji üretiminde devamlılığın sağlanması en önemli amaçlardan biridir. Rüzgar gibi sık sık özellik ve yön değiştiren kaynaklardan enerji üretiminde devamlılık daha da önem kazanmaktadır. Rüzgar yönünün değişmesi, her yönden gelen rüzgardan yararlanarak enerji üreten türbinlerin varlığı nedeni ile önemli değildir. Rüzgar enerjisinde esas önemli olan hız değerindeki değişmedir.

Saatlik ortalama rüzgar hızlarına göre gün içinde en düşük ortalama saat $6-7^{\circ}$, en yüksek ortalama ise $15^{\circ}-10^{00}$ gerçekleşmektedir (Şekil 2). Saatlik ortalamalar değerlendirildiğinde 10 m de ölçülen rüzgar hızı 10^{00} ile 19^{00} oranda $3,0 \text{ ms}^{-1}$ değerinde, 20 ile 09 arasında ise altmda değerlere sahiptir (Şekil 2). Saatlik ortalama rüzgar hızları 50 ve 100 m yüksekliklerde gün içinde hiçbir zaman $3,0 \text{ ms}^{-1}$ değerinin altına düşmemektedir. Saatlik ortalama rüzgar hızları değerlendirilirken $3,0 \text{ ms}^{-1}$ rüzgar hızı değerinin dikkate alınmasının nedeni uygulamada enerji üretiminin alt sınırı (EÜAS) olmasıdır (Çizelge 1). Saatlik ortalama rüzgar hızında 50 ve 100 m lerde gün içinde hiçbir zaman 3 m/s değerinin altına inmemesi 10 m de ise uzun süre 10 saat (10 ile 19 saatleri arası) bu değerin üzerinde bulunması enerji üretimi bakımından önemli bir özelliktir.

Uygulamada Rüzgar Türbinleri'nin genellikle 30-50 m yükseklikte inşa edildiği ifade edilmişti. Ayvalık Meteoroloji İstasyonuna ait rüzgar verilerinin incelenmesinde yaklaşık 50 m yüksekliğe kurulacak bir türbin aracılığı ile kesintisiz enerji elde edilebileceği düşünülmektedir. Enerji üretimi sırasındaki olası kesintiler ise türbinin projelendirilmesi aşamasında planlanacak yedekleme sistemleri (örn. bataryalar) ile giderilebilir.



Şekil 2. Ayrıcalık meteoroloji istasyonunda saatlik ortalama rüzgar hızının fark! yüksekliklerde günlük gidişi (1990 - 1996).

Saatlik ortalama rüzgar hızı değerlerinin bilinmesi rüzgardan enerji üretiminin planlamasında önemlidir fakat yeterli değildir. Belirlenen saatlik ortalama hız değerlerinin ölçüm döneminde hız basamaklarına göre mutlak ve nispi dağılımlarının da belirlenmesi gerekir (Çizelge 3-4-5). Saatlere göre hazırlanan hız basamakları çizelgeleri değerlendirildiğinde enerji üretim potansiyeli en düşük. 04 'de, en yüksek 14 -15 saatlerinde belirlenmiştir (Çizelge 3-4-5). Ayrıcalık çevresinde rüzgar enerjisinden yararlanmaya yönelik herhangi bir planlamada saatlik ortalama rüzgar hızları yanında saatlere göre rüzgarın hız basamaklarına dağılımları da dikkate alınmalıdır. Ayrıcalık Meteoroloji İstasyonu'nda rüzgar hızının günlük gidişi genelde yüzeyin ısınma ve soğumasına bağlanabilir. Gece dönemi enerji kaybeden yüzey gündüze oranla soğuk olmakta ve buna bağlı olarak hava hareketim yavaşlatmaktadır. Gündüz ise yüzeyin ısınması hava hareketinin güçlenmesine ortam hazırlamaktadır.

Günlük ortalamalar değerlendirildiğinde de genel hatları ile bir sıcak ve soğuk dönem farklılığı gözlenmektedir. Yıl içinde en yüksek günlük ortalama rüzgar hızı 23 Temmuzda 10 m yükseklikte 5,6 ms⁻¹ olarak ölçülmüştür. 1990-1996 ortalamalarına göre 23 Temmuz 10 m için en yüksek hızı ölçüldüğü zaman olurken

50 m de 8,4 ms⁻¹ , 100 m de 11,5 ms⁻¹ günlük ortalama rüzgar hızları belirlenmiştir (Şekil 3). Ayvalık Meteoroloji İstasyonunda günlük ortalama rüzgar hızının en düşük olduğu zaman olarak 11 Ocak günü olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3). 1990-1996 dönemine ait 7 yıllık günlük ortalamalardan hareketle yapılan değerlendirmede rüzgar hızının en düşük değere ulaştığı ay Ocak, en yüksek değere ulaştığı ay ise Temmuz olmuştur. Ocak ayında Ayvalık çevresini etkileyen özellikle Akdeniz Cephesi kökenli gezici depresyonlar nedeni ile günlük ortalama rüzgar hızının yüksek olması beklenir. Bununla birlikte günlük ortalama rüzgar hızının en düşük olduğu ayın Ocak olması Sibiryaya ve Asor Yüksek Basınçlarının genişleyerek merkezi kısımlarunu etkili olması sonucu oluşturdukları durgun hava tiplerinin varlığı ile açıklanabilir. Sıcak dönemde ise genel hatları ile bütün Türkiye'yi etkileyen Asor Yüksek Basıncı ile Basra Alçak Basıncı arasındaki güçlü hava hareketi Ayvalık çevresinde de rüzgar hızının yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'ndaki günlük ortalama rüzgar hızlarının enerji üretimi bakımından da önemli bir potansiyele sahip olduğu gözlenmektedir. Enerji üretimi bakımından özellikle 50 ve 100 m lerdeki rüzgar verimli olabilir.

Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda 1990-1996 dönemine ait aylık ve yıllık ortalama durumunu da değerlendirmek yerinde olacaktır. Yedi yıllık ortalamalara göre rüzgar hızı ortalaması 10 m de 3,0 ms⁻¹ , 50 m de 4,5 ms⁻¹ ye 100 m de 6,0 ms⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 6- Şekil 4). Yıl içinde rüzgarın en hızlı olduğu aylar Temmuz ve Ağustos, en yavaş olduğu aylar ise Aralık ve Ocak olduğu görülmektedir (Çizelge 6, Şekil 4). Aylık ortalama rüzgar hızı 10 m yükseklikte Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında 3,0 ms⁻¹ ve üzerindedir. Diğer sekiz aylık dönemde 2,5 ms⁻¹ değerinin altına düşmemektedir (Çizelge 6, Şekil 4). Aylık ortalamaları en düşük olan değerler Nisan ve Ekim aylarında gözlenmektedir. Nisan ve Ekim aylarının göreceli olarak durgun olması sıcak dönemde görülen Batı Rüzgarları ile soğuk dönemde etkili olan gezici depresyonların etkileri arasında geçiş dönemi olmaları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Aylık ortalamalarda sıcak dönemde etkili olan güçlü Batı Rüzgarlarının etkisi belirgin bir şekilde görülmektedir. Aylık ortalama rüzgar hızı yanında hız basamaklarına dağılımı bakımından da 50 ve 100 m ye doğru enerji üretim potansiyeli artmaktadır (Şekil 5).

Çizelge 3. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda 10 m yükseklikte saatlik ortalama rüzgar hızlarının enerji üretim basamaklarına dağılım özellikleri (ms⁻²).

| Hız Bas. | Frekans | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | Toplam | | | |
|-------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|-------|---|
| Sakin | Nispi(%) | 54 | 55 | 56 | 57 | 57 | 56 | 51 | 44 | 34 | 25 | 20 | 16 | 14 | 14 | 16 | 21 | 28 | 34 | 39 | 43 | 46 | 49 | 50 | | 39 | | | |
| Çok Hafif | fNispi(%) | 17 | 17 | 15 | 16 | 14 | 15 | 13 | 15 | 17 | 21 | 23 | 23 | 23 | 22 | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 18 | 18 | 18 | 17 | 19 | | 18 | | |
| Hafif | H 0 I (Nispi(%) | 23 | 22 | 23 | 21 | 22 | 21 | 24 | 25 | 27 | 29 | 33 | 37 | 41 | 44 | 46 | 44 | 40 | 38 | 36 | 32 | 30 | 26 | 26 | 24 | | 31 | | |
| Orta | BŞİİJIPJ fNispi(%) | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 9 | 11 | 15 | 17 | 17 | 17 | 17 | 19 | 18 | 15 | 13 | 11 | 9 | 9 | 8 | 7 | | 11 | | | |
| Sert | 9]]fJİ]]f Nispi(%) | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 1 | | |
| Kuvvetli | HB^HHI Nispi(%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| Çok Kuv. | Hğ^pJj Nispi(%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fırtına | p p S S p Nispi(%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ortalama | | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 4,0 | 4,1 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,3 | 3,0 | 2,8 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | | 3,0 | | |
| Değişkenlik | | 3,7 | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,4 | 4,8 | 5,2 | 5,0 | 4,8 | 4,5 | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 4,7 | 4,6 | 4,5 | 4,3 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | | 2,9 | | |
| Standart sapma | | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | | 1,7 | | |
| Değişim katsayısı | | 82,2 | 84,9 | 86,1 | 87,9 | 88,0 | 89,5 | 88,6 | 82,7 | 76,5 | 58,9 | 61,4 | 56,8 | 53,7 | 51,4 | 50,7 | 52,6 | 56,3 | 60,6 | 65,4 | 69,6 | 73,0 | 75,8 | 77,9 | 80,3 | | 57,1 | | |

Çizelge 4. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda 50 m yükseklikte saatlik ortalama rüzgar hızlarının enerji üretim basamaklarına dağılım özellikleri (ms⁻¹).

| | | S A A T L E R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|---|---|---|---|-----|
| Hız Bas | Frekans | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | Toplam | | | | | |
| Sakin | Nispi (%) | 40 | 43 | 44 | 46 | 46 | 46 | 45 | 38 | 29 | 21 | 13 | 9 | 6 | 6 | 7 | 9 | 13 | 18 | 24 | 27 | 31 | 34 | 37 | 39 | 28,0 | | | | | |
| Çok Hafif | Nispi (%) | 16 | 16 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 16 | 19 | 18 | 16 | 15 | 14 | 11 | 10 | 10 | 10 | 12 | 13 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | YAJ'~ | | | | | |
| Hafif | Nispi (%) | 24 | 22 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 21 | 23 | 27 | 31 | 34 | 36 | 37 | 37 | 33 | 31 | 29 | 27 | 27 | 26 | 26 | 25 | 24 | 26,1 | | | | | |
| Orta | Nispi.(%) | 12 | 13 | 13 | 12 | 13 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 21 | 23 | 24 | 25 | 25 | 24 | 23 | 21 | 18 | 17 | 14 | 14 | 14 | 17,5 | | | | | |
| Sert | Nispi (%) | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 9 | 11 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 15 | 16 | 13 | 11 | 9 | 8 | 8 | 8 | 6 | 9,3 | | | | | |
| Kuvvetli | Nispi (%) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3,7 | | | | | |
| Çok Kuv. | Nispi (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | <i>mm</i> | | | | | | | | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 |
| Fırtına | Nispi (%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | Ortalama | 3,5 | 3,4 | 3,4 | 3,3 | 3,4 | 3,3 | 3,4 | 3,8 | 4,3 | 5,0 | 5,5 | 5,8 | 6,0 | 6,0 | 6,1 | 6,0 | 5,8 | 5,3 | 4,9 | 4,5 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 4,5 | | | | | |
| | Değişkenlik | 8,3 | 8,3 | 8,5 | 8,6 | 8,7 | 8,9 | 9,3 | 9,8 | 10,7 | 11,7 | 11,3 | 10,7 | 10,2 | 9,7 | 9,6 | 10,1 | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 9,8 | 9,4 | 9,0 | 8,6 | 8,5 | 6,6 | | | | | |
| | Standart sapma | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,1 | 3,1 | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 2,6 | | | | | |
| | Değişir katsayısı | 82,2 | 84,9 | 86,1 | 87,9 | 88,0 | 89,5 | 88,6 | 82,7 | 76,5 | 68,9 | 61,4 | 56,8 | 53,7 | 51,4 | 50,7 | 52,6 | 56,3 | 60,6 | 67,4 | 69,6 | 73,0 | 75,8 | 77,9 | 80,3 | 57,1 | | | | | |

Çizelge 5. Aylık Meteoroloji İstasyonu'nda 100 m yükseklikte saatlik ortalama rüzgar hızlarının enerji üretim basamaklarına dağılım özellikleri (ms⁻¹).

| | | S A A T L E R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hız Bas. | Frekans | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | |
| Sakin | Nispi(%) | 33 | 35 | 36 | 38 | 38 | 39 | 37 | 30 | 21 | 14 | 8 | 5 | 3 | 3 | 4 | 6 | 10 | 12 | 16 | 18 | 23 | 25 | 29 | 31 | 21 |
| Çok Hafif | Nispi(%) | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 16 | 16 | 12 | 11 | 9 | 8 | 7 | 6 | 7 | 7 | 10 | 14 | 15 | 15 | 15 | 13 | 14 | 12 |
| Hafif | Nispi(%) | 22 | 22 | 21 | 20 | 20 | 19 | 18 | 20 | 23 | 27 | 28 | 27 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | 22 | 20 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Orta | Nispi(%) | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 15 | 18 | 21 | 24 | 26 | 26 | 24 | 22 | 19 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 17 |
| Sert | Nispi(%) | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 11 | 13 | 15 | 15 | 17 | 18 | 18 | 16 | 16 | 16 | 13 | 11 | 10 | 10 | 9 | 12 |
| Kuvvetli | Nispi(%) | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 10 | 13 | 12 | 13 | 12 | 12 | 13 | 15 | 16 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 | 8 | 6 | 10 |
| Çok Kuv | Nispi(%) | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 | 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 7 | 6 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| Fırtına | Nispi(%) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ortalama | | 4,7 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 5,1 | 5,7 | 6,6 | 7,3 | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 8,1 | 8,0 | 7,7 | 7,1 | 6,5 | 6,0 | 5,6 | 5,3 | 5,0 | 4,8 | 6,0 |
| Değişkenlik | | 14,8 | 14,8 | 15,2 | 15,2 | 15,5 | 15,9 | 16,5 | 17,5 | 19,0 | 20,7 | 20,1 | 19,1 | 18,2 | 17,2 | 17,0 | 17,9 | 18,6 | 18,5 | 18,1 | 17,4 | 16,7 | 16,0 | 15,4 | 15,0 | 11,8 |
| Standart sapma | | 3,8 | 3,8 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 4,3 | 4,1 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 3,9 | 3,4 |
| Değişim katsayısı | | 82,2 | 84,9 | 86,1 | 87,9 | 88,0 | 89,5 | 88,6 | 82,7 | 76,5 | 68,9 | 61,4 | 56,8 | 53,7 | 51,4 | 50,7 | 52,6 | 56,3 | 60,6 | 65,4 | 69,6 | 73,0 | 75,8 | 77,9 | 80,3 | 57,1 |

İzmir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt: 1 Sayı: 2

10 m 50m 100m .EOAS....

'[%"

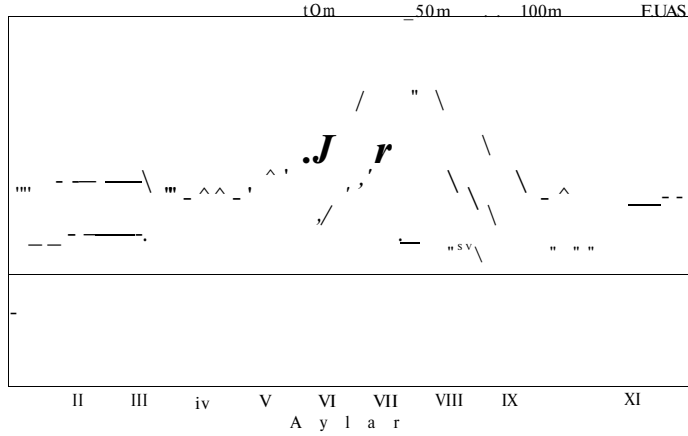
M >> i i i 3 i >> M i l ^

Oil | U 21 3t 10 20 2 12 22 8 U 21 | U 21 3\ 10 20 39 10 20 30 9 19 29 8 18 2» 8 18 28 7 17 27 7 17 27
Ay 1 1 1 İ 2 2 3 3 3 4 4 4 4 6 5 5 S 6 6 & 7 7 7 8 8 8 1 9 9 9'10 10 10 U 11 11 '12 12 12

Şekil AyvaHcmrteax^istas>OM)dalO,50ve 100 mdekigünKk ortalama rüzgar ha
(ire"), EÜAS: Enerji Üretimi Alt Sum

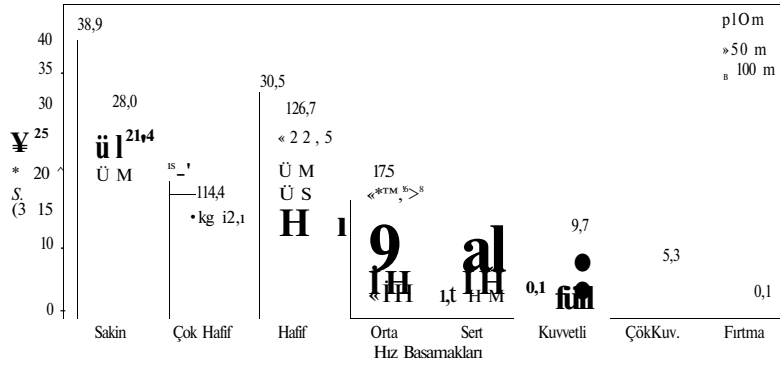
Çizelge 6. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu'nda aylık ortalama rüzgar hızı (ms \ 1990-1996).

| Aylar | 10m | 50 m | 100 m |
|------------------------|--------|--------|------------|
| İ H >> ruzgarHızı(ms") | 2,7 | 4,1 | 5,4 |
| IIIIIIIIIIIIII | 2,9 | 4,4 | 5,9 |
| IIPIIIIIIIII? | 2,9 | 4,3 | 5,8 |
| IIIIIIIIII! | 2,5 | 3,7 | 5,0 |
| IIIIIIIIII | 2,8 | 4,2 | 5,6 |
| !;:;IIIIIIII:İ;i | 3,1 | 4,7 | 6,3 |
| WPSİİİİİİİİİ | 4,3 | 6,5 | 8,7 |
| IIflItiIIIIII | 4,0 | 6,0 | 8,0 |
| S-SSSSSeSisiSSİSİİSİge | 3,0 | 4,4 | 5,9 |
| IIIIiIIIIIIII | 2,5 | 3,8 | 5,1 |
| M ^ ^ M l s M | 2,6 | 3,9 | 5,1 |
| • İ * M l i i l « i | 2,7 | 4,0 | 5,3 |
| ^^H^^K | mmmmmm | mmmmmm | IIIIIIIIII |



Şekil 4. Ayvame meteoroloji istasyonunda aylık ortalama rüzgar hızı

EÜAS: Enerji Üretimi Alt Sınırı (ms⁻¹, 1990 - 1996).



Şekil 5. Aylık meteoroloji istasyonunda rüzgar hızının yüksekliğe bağlı olarak hız basamaklarına göre dağılım oranları (%).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rüzgar enerjisinin tarih boyu kullanıldığı Batı Anadolu günümüzde rüzgardan enerji elde edilmesi konusunda çalışılan bir alandır. Ayvalık Meteoroloji İstasyonu rüzgar verileri değerlendirildiğinde önemli bir rüzgar enerjisi üretimi potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. 10 m ve daha yüksekteki saatlik, günlük, aylık ve yıllık ortalama rüzgar hızı değerlerinin büyük kısmı 3,0 ms⁻¹ değerinin üzerindedir. Ortalama rüzgar hızı değerleri yanında hız basamaklarına dağılım bakımından da enerji üretim aralığının (3,0-21,0 ms⁻¹) oranı %63'e çıkabilmektedir. Bunun yanında Ayvalık Meteoroloji İstasyonunun şehir içinde kalması nedeni ile gerçek rüzgar hızının ölçülen değerinden daha üzerinde olabileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen bu araştırma sonuçlarını ve buna bağlı önerileri şu başlıklar altında sıralamak mümkündür;

a) Rüzgar enerjisi bakımından en uygun alanın belirlenebilmesi için yer şekilleri yönünden olası alanlarda en az bir yıllık ölçüm yapılması gerekir.

b) Mevcut ve yapılacak ölçüm sonuçlarından yararlanılarak en uygun rüzgar türbminin belirlenebilmesi için ilgili alan uzmanlarından oluşan bir çalışma grubu oluşturulmalıdır.

c) Ayvalık için gerçekleştirilecek rüzgar türbminin planlanması aşamasında olası çevre sorunları için gerekli önlemler belirlenmesi yerinde olur.

d) Rüzgar enerjisinin üretilmediği durumlarda kesminin önlenmesi için değişik: yedekleme (depolama) sistemleri düşünülmelidir.

e) Ayvalık Meteoroloji İstasyonuna ait rüzgar verilerinin incelenmesi düşük hızda çalışan rüzgar tribünü sistemlerinin tercihini gerektirir.

Ayvalık'ta yenilebilir ve temiz bir kaynak olan rüzgar enerjisinden yararlanılması ekonomik ve sosyal bakımdan önemli katkılar sağlayacaktır. Üretilen rüzgar enerjisi ulusal elektrik sistemi üzerindeki yükü azaltacaktır. Rüzgar enerjisinden yararlanma ekonomik yararı yanında toplumda yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması bakımından da önemlidir.

KAYNAKLAR

- Altaş, M., Fikret, H. ve Çelebi, E. 1994, **Enerji İstatistikleri**. Türkiye 6. Enerji Kongresi 17-22 Ekim İzmir.
- Andersen, P. D. 1996, "A European Strategy For Wind Energy R&D". **Contributions From the Department of Meteorology and Wind Energy to the EUWEC96 Conference in Göteborg p.5-8** Sweden.
- Dündar, C. 1997, **Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme Bölgeleri için Rüzgar Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi** (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniv. Fen Bil. Enst. Ankara.
- Erinç, S. 1984, **Klimatoloji ve Metodlan**. İÜ Den. Bil. ve Coğ. Enst. İstanbul.
- Garnier, B. J. 1992, **Compendium of Lecture Notes in Climatology For Class III and Class IV Personnel**. WMO No:726 Switzerland.
- Gouneres, D. 1982, **Wind Power Plants; Theory and Design**. Chapter I p 1-29
- Koç, T. 1996, "Kapıdağ Yarımadasında Rüzgar ve Ortam". **Türk Coğrafya Dergisi** Sayı:31 s: 167-182
- Tağlı, Ş. 1995, **Çanakkale Çevresinde Rüzgarlar ve Rüzgar Enerjisinden Yararlanma Olanaklarının Araştırılması** (Yayınlanmamış lisans tezi). Ege Üniv. Ed. Fak. Coğ. Böl. İzmir.
- Uyar, T. S. 1985a, "Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Kullanımı Seçeneklerinin Belirlenmesi". **Enerji Sempozyumu**, Anadolu Üniversitesi 22-24 Mayıs Eskişehir.
- Uyar, T. S. 1985b, Rüzgar Enerjisi Sistemleri. **10-14 Haziran, Lisansüstü Yaz Okulu**, Yıldız Üniversitesi. İstanbul.
- Ültanır, M. Ö. 1996, "Şimdi Rüzgar Çiftliği Zamam"Enerji Yıl:1 Sayı:5 s:48-57