# Rüzgar Türbinlerinde Kapasite Faktörü ve Türbin Sınıfı İlişkisi

N.S. Çetin[1], H. Çelik [2], K. Başaran[3]

[1]Ege Üniversitesi, Izmir/Türkiye, numan.sabit.cetin@ege.edu.tr.
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Izmir/ Türkiye, hakan.celik@deu.edu.tr
[3]Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın/ Türkiye, kbasaran@adu.edu.tr

## Capacity Factor in Wind Turbines and Turbine-Class Relationship

***Abstract*—In this study, it was analized the performance of the wind trubunes has the 2,5 MW around the region of Izmir-Menemen depends on the wind cracteristics. For this purpose, the datas of Menemen meteorology station for the year of 2008 were used. The datas that got in the shape of serial of the time per hour on the height of 10 meters been carried/moved to the 80-100 height by using Hellman correlation. Later, with the datas of the wind that were rated as on the basis of monthly & annual average datas been examined by using Rayleigh prospect dispersal function with comparisons and the wind characteristic of the region Menemen been came out. It was calculated the different capacity factors and total annual production of energy for the different tribune classes according to the standart of IEC 64100-1. In the power of 2,5 MW on the height of 80 m – 100 m and in six different classes wind tribunes been analized with comparing each other .As such way, it was searched the accordance of the tribune classes with tribune performance.**

***Keywords*— Wind Turbine, Capacity Factor, IEC 64100-1, Menemen**

## I. GIRIŞ

Fosil yakıtların çevre üzerindeki negatif etkilerinin artması Türkiye'nin de içinde olduğu pek çok ülkeyi yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Günümüzde, temiz, yerel ve yenilenebilir enerji yalnızca Türkiye'de değil bütün dünya da gelecek yaşamın ortak anahtarı olarak görülmektedir. Türkiye coğrafi pozisyonu gereği soğuk Avrupa rüzgarları ve sıcak Asya ve Afrika sistemlerinin etkisinde olup aynı zamanda çok geniş bir sıcaklık ve iklim farklılığına sahiptir[1]. Türkiye rüzgar kaynaklarının dağılımını belirten Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) [2] bilgilerine göre; yıllık ortalamalarda Türkiye'nin en iyi rüzgar kaynağı alanları Ege ve Marmara sahilleri olarak görülmektedir. Özellikle Ege Denizi'nin kuzeydoğusunda şiddetli rüzgarlar bulunmaktadır. Rüzgar hızları açısından Türkiye'nin coğrafi bölgelerine bakıldığında 10m yükseklikte yapılan yıllık ortalama rüzgar hızları şu şekildedir; Marmara 3.3m/s, Güney Doğu Anadolu 2.7m/s, Ege 2.6m/s, Akdeniz 2.5m/s, Karadeniz 2.4 m/s, İç Anadolu 2.5m/s, Doğu Anadolu 2.1m/s, Türkiye ortalaması 2.5m/s [3]. Zengin bir rüzgar potansiyeline sahip olan Ege Bölgesi'nde bazı noktalarda yapılan ölçümlerde yıllık ortalama şu rüzgar hızlarına rastlanmıştır; Akhisar 5.88m/s, Bababurnu 5.96m/s, Belen 6.97m/s, Datça 5.63m/s, Foça 5.73m/s, Gelendost 5.05m/s, Gelibolu 6.85m/s, Gökçeada 7.23m/s, Söke 4.10m/s [4]. Ege bölgesi içinde, İzmir ili 11.815 MW teorik kapasitesi ile rüzgar enerjisi açısından oldukça zengin olup, bu potansiyel ile üretilecek toplam enerji miktarı, kapasite faktörü %30 alındığında, 31 Milyar kWh/yıl olduğu hesaplanmıştır[5].

Yapılan literatür taramasında Türkiye'de Rüzgar enerjisi üzerine yapılan araştırma ve bilimsel yayınların özellikle 2000'li yıllardan sonra hızı kazandığı görülmektedir. Türkiye'nin rüzgar potansiyeli ve genel enerji durumu[6], Türkiye'nin Kütahya[7], Gökçeada[8], İzmir[9], Antakya[10], Maden-Elazığ[11], Uludağ[12], gibi değişik bölgelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli ve değerlendirilmesi araştırmaları ve rüzgar enerjisinin teknoekonomik analizi üzerine araştırmalar yapılmıştır[13]. Bununla birlikte Rayleigh, Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak rüzgar karakteristiği ve istatistiği ile ilgili yapılan çalışmaların yanında [14], Rüzgar Türbinleri ile rüzgar karakteristikleri arasındaki ilişkiyi inceleyen yayınlar da bulunmaktadır [15].

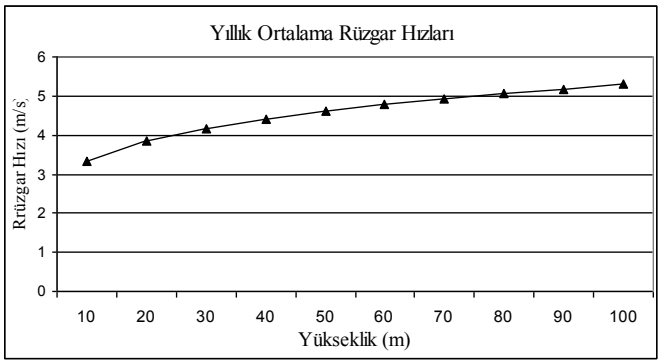
Bu çalışmada Ege Bölgesinin kıyı şeridinde yer alan Menemen-İzmir bölgesi rüzgar karakteristiği incelenmiştir. Çalışmada, Menemen Meteoroloji İstasyonunun **(**Enlem**:**38° 36' K Boylam**:**27° 4' D) 10m yükseklikte yaptığı 2008 yılı saatlik rüzgar verileri kullanılmıştır. Menemen rüzgar karakteristiğine bağlı olarak incelenmek üzere dünyanın önde gelen rüzgar türbini üreticisi; Furhlander[16] ve Wind to Energy[17] firmalarına ait 2.5 MW gücünde yüksek güçlü türbinler seçilmiştir. Seçilen rüzgar türbinleri IEC 64100-1 [18] standardı ile belirlenen I,II,II sınıflarına göre kategorize edilmiştir. Türbin sınıflarının kapasite faktörüne ve yıllık enerji üretimlerine etkisi karşılaştırılarak türbin sınıfı ve türbin performansları arasındaki ilişki incelenmiştir.

## II. RÜZGAR KARAKTERISTIĞI

Rüzgar hızları zemine yakın yerlerde yükseklikle değişmektedir. Herhangi bir yükseklikte ölçülen rüzgar hızı ile başka bir yükseklikteki rüzgar hızı tahmin edilebilmektedir. Bunun için en yaygın olarak kullanılan bağıntı Hellmann bağıntısıdır [19].

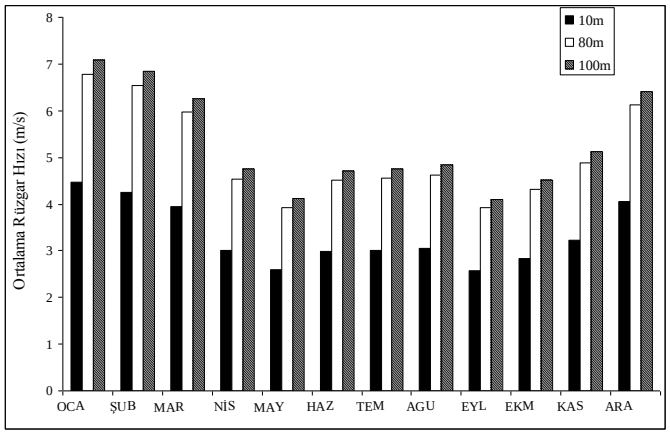
$$V_W = V_{Wref}\left(\frac{H}{H_{ref}}\right)^{\mu} \quad (1)$$

Formül (1) de; $V_W$ hesaplanması istenen rüzgar hızı, $V_{Wref}$ ölçüm yapılan yükseklikteki referans rüzgar hızı, $H_{ref}$ ölçüm yapılan referans yükseklik, $H$ rüzgar hızı hesaplanması istenen yüksekliği göstermektedir. Hellmann sabiti olarak bilinen $\mu$ ise rüzgar hızının ölçüldüğü yere bağlıdır[9]. Bu çalışmada Hellmann sabiti $\mu = 0.2$ olarak kabul edilmiştir. Yüksekliğe bağlı yıllık bazda rüzgar hızı ortalamaları Şekil 1. de gösterilmiştir. Buna göre;10m'de 3.33m/s, 80m'de 5,06m/s ve 100m'de 5,29m/s olarak hesaplanmıştır.




Şekil 1: Yüksekliğe bağlı yıllık ortalama rüzgar hızları.

Menemen Meteoroloji istasyonunun yapmış olduğu 2008 yılı saatlik rüzgar ölçümlerinin aylık ortalamaları 10m, 80m ve 100m için hesaplanmış ve Şekil 2. de gösterilmiştir.




Şekil 2: Yüksekliğe bağlı aylık ortalama rüzgar hızları.

Aylık ortalamalar bazında rüzgar hızlarına bakıldığında Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında en yüksek rüzgar hızlarına ulaşıldığı görülmektedir. Bahar ve yaz aylardaki rüzgar hızları bu aylara göre göreceli olarak daha düşük düzeyde kalmaktadır. Buna göre en yüksek rüzgar hızlarının görüldüğü ay Ocak ayı olup en düşük rüzgar hızlarının ölçüldüğü ay Mayıs ayıdır.

Rüzgar gücü ifadesi formül (2) ile gösterilmiştir[11,12].

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

$P(V)$ rüzgardan elde edilen gücü (Watt), $\rho = 1.225$ (kg/m$^3$) hava yoğunluğunu, $A$ (m$^2$) süpürme alanını, $V$ (m/s) rüzgar hızını göstermektedir. Rüzgar gücü bağıntısından rüzgar enerjisinin rüzgar hızının küpüyle orantılı olduğu görülmektedir. Buna göre Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında en yüksek rüzgar gücüne ulaşılmaktadır.

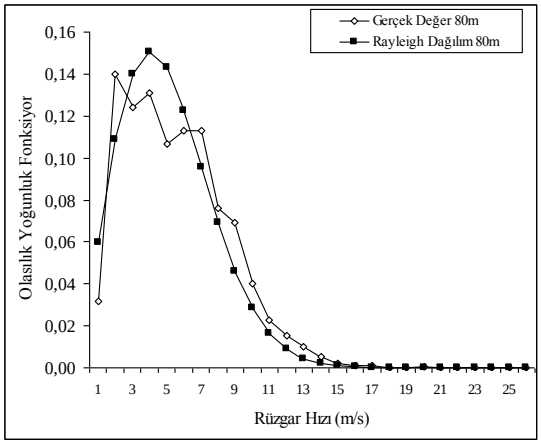
### *A. Rayleigh Dağılımı*

Rüzgar hızının dağılımın belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemler vardır. Rayleigh dağılımı en yaygın kullanılan dağılımlardan birisidir. Rayleigh dağılımı tek parametreli olduğu için esnekliği az fakat parametrelerinin hesaplanması daha kolaydır [20]. Bir çok alanda yapılan rüzgar hızı ölçümleri, yıllık rüzgar hızı esme sayısı değerlerinin Rayleigh dağılım fonksiyonuna büyük ölçüde uyduğunu göstermiştir[21]. Rayleigh modeli Weibull modelinin özel ve basitleştirilmiş bir halidir. Bu modelde Weibull modelindeki şekil faktörü **k**'nın 2 ye eşit olabileceği kabul edilir. Rayleigh modelinde olasılık yoğunluk fonksiyonu ve kümülatif dağılım fonksiyonunu şu şekildedir [22];

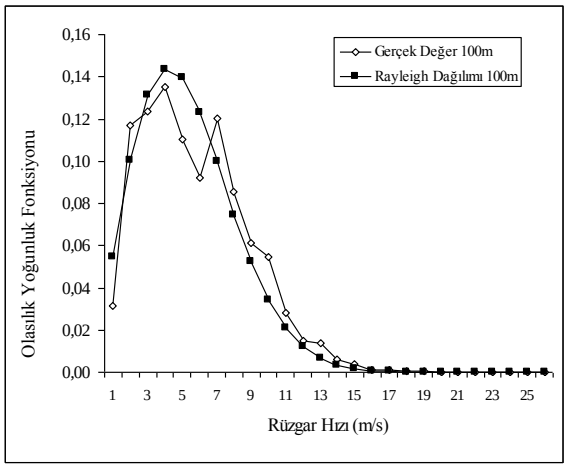
$$f_R(v) = \frac{\pi}{2}\frac{v}{v_m^2}\exp\left[-\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{v}{v_m^2}\right)^k\right] \quad (3)$$

$$F_R(v) = 1 - e\exp\left[-\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{v}{v_m^2}\right)^2\right] \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4) e göre; $f_R(v)$ olasılık dağılım fonksiyonu, $F_R(v)$ kümülatif dağılım fonksiyonu $v$ Rüzgar hızı (m/s), $v_m$ Ortalama rüzgar hızı (m/s), $k$ şekil parametresini göstermektedir. Hesaplamalarda k=2 olarak alınmıştır.

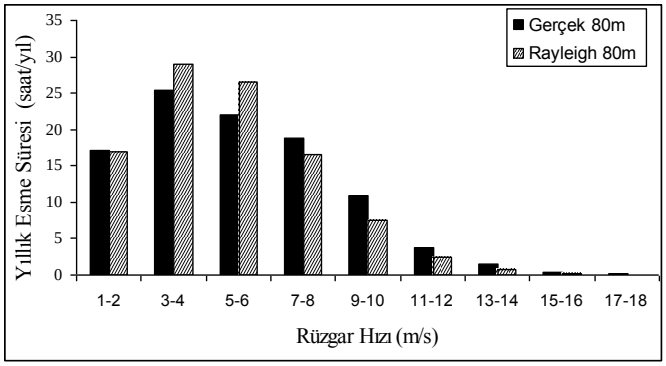


Şekil 3: 80m Yükeseklik için gerçek değer ve Rayleigh dağılımı.

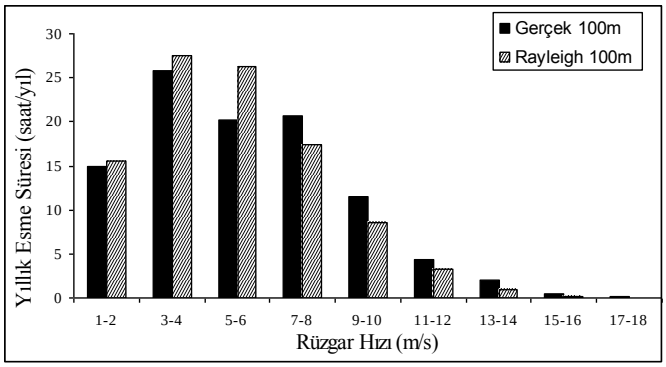



Şekil 4: 100m Yükseklik için gerçek değer ve Rayleigh dağılımı.

Bir yıllık rüzgar hızları esme sürelerinin dağılımları, gerçek değer ve Rayleigh dağılımları 80m ve 100m yükseklik için Şekil 5. ve 6. da gösterilmiştir.




Şekil 5: 80 m Yükseklik için yıllık rüzgar hızı esme süreleri.




Şekil 5: 80 m Yükseklik için yıllık rüzgar hızı esme süreleri.

## III. RÜZGAR TÜRBINLERI

### *A. Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması*

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) 1988 yılında çalışmaya başladığı ilk uluslararası standart olan "IEC 1400-1 Rüzgar Türbini Generatör Sitemleri-Bölüm 1 Güvenlik Koşulları"nı 1994 yılında, ikinci sürümünü de 1997 yılında yayınladı[23,24]. Bazı önemli değişikliklerle gözden geçirilmiş olarak ve yeni numarası IEC 64100-1 ile 1999 yılında yeniden yayınlandı. Son olarak; rüzgar ve türbülans sınıfları ve modeller, yük durum tanımlamaları, yük analizleri, kontrol, mekanik sistem ve konum değerlendirmeleri gözden geçirilerek IEC 64100-1 standardı 2005 yılında yayınlanmıştır[25]. Bu standarda göre günümüzde rüzgar türbinleri tasarım ve rüzgar koşulları açısından dört sınıfa ayrılmıştır. Sınıflar rüzgar hızları ve türbülans verilerine göre tanımlanmıştır[26]. Rüzgar hız parametreleri her bir sınıf için Tablo 1. de verilmiştir. Hesaplamalarda hava yoğunluğu 1.225 kg/m$^3$ kabul edilmiştir.

Tablo 1: Rüzgar Türbin Sınıfları için Rüzgar Hızı Parametreleri.

| Parametreler | Sınıf I | Sınıf II | Sınıf III | Sınıf IV |
|---|---|---|---|---|
| Referans Rüzgar Hızı, $U_{ref}$ (m/s) | 50 | 42,5 | 37,5 | 30 |
| Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı, $U_{ave}$ (m/s) | 10 | 8,5 | 7,5 | 6 |
| 50 yıl içinde görülebilecek en yüksek hız, $1,4U_{ref}$ (m/s) | 70 | 59,5 | 52,5 | 42 |
| 1 yıl içinde görülebilecek en yüksek hız, $1,05U_{ref}$ (m/s) | 52,5 | 44,6 | 39,4 | 31,5 |
| A $I_{15}$ a | 0,182 | 0,182 | 0,182 | 0,182 |
| B $I_{15}$ a | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,163 |

Türbin sınıflarına bakıldığında rüzgar hızının belirleyici olduğu görülmektedir. Sınıfı I olan türbinlerin yüksek rüzgar hızlarına daha dayanıklı olduğu ve sınıf arttıkça yüksek rüzgar hızlarına olan dayanımın azaldığı görülmektedir. Rüzgar enerjisi projelerinin başarısı, rüzgar çiftliklerinin yerleşimi ve türbin tipi seçimi rüzgar kaynaklarına bağlıdır. IEC 64100-1 standardının amacı bir kurulum protokolü türbin sınıflandırma sitemi ile türbin güveliğini ve konuşlanmasını sağlamaktır[27].

### *B. Seçilen Türbinlerin Teknik Özellikleri*

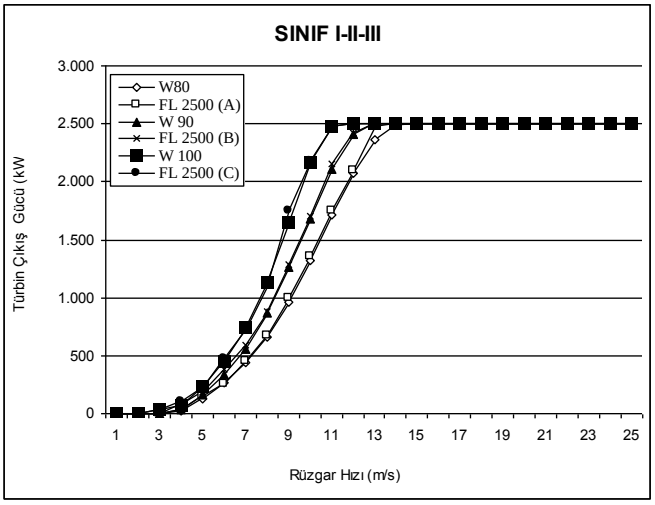
Bu çalışmada Fuhrlander ve Wind to Energy firmalarının 2,5MW gücünde aynı çap ve süpürme alanına sahip fakat farklı sınıfta altı farklı modeli incelenmiştir. Türbinler IEC 64100-1 standardına göre Ia-b, IIa-b, IIIa-b şeklinde üretici firmalar tarafından sınıflandırılmıştır. Türbinler üretim sınıflarına göre I,II,III sınıflarına ayrılarak her bir sınıf kendi içerisinde ve genel değerlendirme içerisinde incelenmiştir. Türbinlere ait teknik veriler üretici firma kataloglarından elde edilmiştir. Tablo 2. de; 2,5 MW gücündeki türbin modelleri, sınıfları, rotor çapları, nominal hızları, devreye girme ve devreden çıkma hızları gösterilmiştir.

Tablo 2: Hesaplamada kullanılan türbinlerin teknik özellikleri.

| Türbin Markası | Model | Sınıfı IEC 61400-1 | Rotor Çapı (m) | Devreye Girme Hızı (m/s) | Nominal Hızı (m/s) | Devreden Çıkma Hızı (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| FUHRLANDER | FL 2500 (A) | 1a | 80 | 4 | 14,5 | 25 |
| WIND TO ENERGY | W 80 | 1a | 80 | 4 | 14,5 | 25 |
| FUHRLANDER | FL 2500 (B) | 2a | 90 | 4 | 13 | 25 |
| WIND TO ENERGY | W 90 | 2a | 90 | 4 | 13 | 25 |
| FUHRLANDER | FL 2500 (C) | 3a | 100 | 3,5 | 11,5 | 25 |
| WIND TO ENERGY | W 100 | 3a | 100 | 3,5 | 11,5 | 25 |

Türbinlerin sınıflarıyla diğer özellikleri karşılaştırıldığında; rotor yarıçaplarının genel olarak türbin sınıfıyla uyumlu olduğu, rotor yarıçapların 80 ve 100m arasında değiştiği ve buna bağlı olarak süpürme alanlarının da değiştiği, türbinlerin 3,5-4m/s rüzgar hızı aralığında devre ye girdiği, nominal hızlarının 11,5-14,5m/s rüzgar hızları arasında değiştiği, devreden çıkma hızlarının genel olarak 25m/s olduğu görülmektedir.

Şekil 5. de Sınıfı I-II-II olan Wind to Energy (W) ve Furhlander (FL) marka ve modellere ait türbin güç eğrileri görülmektedir.



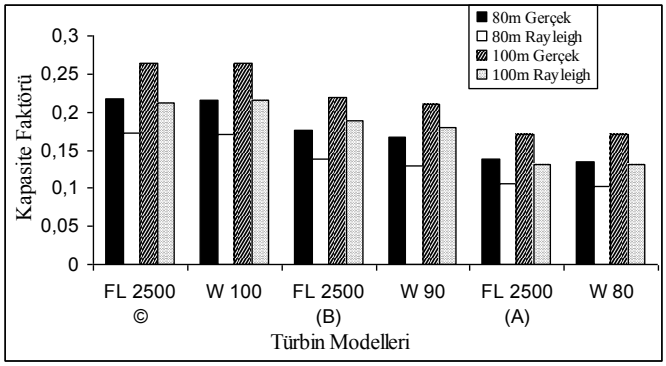

Şekil 5: Türbinlere ait güç eğrileri.

## IV. KAPASITE FAKTÖRÜ

Rüzgar türbinlerinin teknik özellikleri ve teknik performansları göz önüne alındığında, türbinlerin kapasite faktörlerinin yüksek rüzgar potansiyeline sahip bölgelerden, direkt etkilendiği görülmektedir. Bu da türbin yatırımlarının daha kısa sürede geri ödenmesine olanak sağlar[28]. Kapasite faktörü hem üreticiler hem de kullanıcılar acısından bilinmesi gereken önemli bir performans parametresidir. Kapasite Faktörü belirli bir zaman diliminde üretilen enerjinin o zaman diliminde üretilebilecek maksimum enerjiye bölümüdür ve şu şekilde ifade edilir [19,29];

$$C_f = \frac{E_{out}}{E_r} \tag{5}$$

Formülde (5); $C_f$ Kapasite Faktörü, $E_r = 8760 \times P_t$ türbinin yıllık üretebileceği maksimum enerji, $P_t$ Türbin çıkış gücü, $E_{out}$ türbinin ürettiği gerçek enerji miktarını göstermektedir. Türkiye için rüzgar türbinleri için hesaplanan kapasite faktörünün %25 ve üzerinde olması yatırım için uygun görülmektedir[30].




Şekli 6. 80m ve 100m yükseklik için kapasite faktörü

100m ve 80m hub yükseklikleri için yapılan kapasite faktörü hesaplamaları Şekil 6. da gösterilmiştir. 80m yükseklik için yapılan hesaplamalarda bütün modellerin kapasite faktörlerinin 100m yüksekliğe göre daha düşük oranda çıktığı görülmektedir. Rüzgar türbinlerinin kapasite faktörlerine türbin sınıfları açısından bakıldığında türbin sınıfı ve kapasite faktörü arasında belirgin bir ilişki olduğu söylenebilir. Gerek 100m gerekse 80m yükseklik için en iyi kapasite faktörü sınıfı III olan türbinlerde olduğu görülmektedir. Daha sonra sınıf II ve sınıf I gelmektedir.

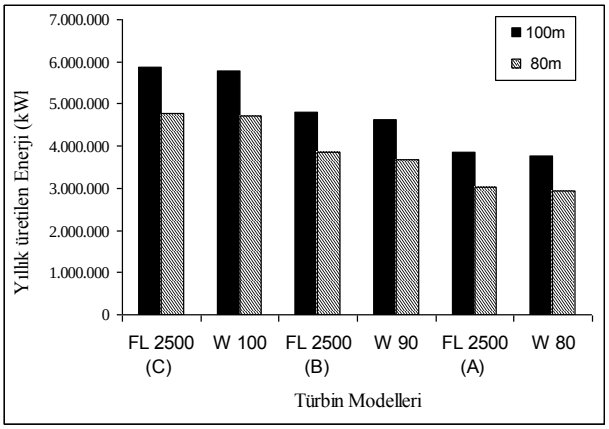
## V. YILLIK ENERJI ÜRETIMI

Türbinlerin bir yıllık enerji üretimlerinin hesaplanmasında türbin güç eğrilerinden yararlanılmıştır. Güç eğrilerinden türbinlerin devreye girme (cut in) ve devreden çıkma (cut out) hızları ve hangi rüzgar hızında ne kadar enerji ürettikleri belirlenmiştir[15].

$$E_{out} = T \times P_t \tag{6}$$

Formülde (6) belirli bir hızdaki rüzgarın esme süresini, $P_t$ ise belirli bir hızda esen rüzgara karşılık türbin çıkış gücünü

göstermektedir. Rüzgar türbinlerinden beklenen yapılan yatırım maliyetlerini en kısa süre geri kazanıp ürettiği enerjiyi kâra dönüştürmesidir. Bu amaçla seçilen bölgenin rüzgar karakteristiği çok(büyük) önem taşımaktadır. IEC 64100-1 standardına göre türbin Sınıflar açısından bakıldığında genel olarak en yüksek enerji üretiminin sınıf III'te, daha sonra sınıf II ve sınıf I de gerçekleştiği görülmektedir.




Şekli 7: Türbinlerin yüksekliğe bağlı yıllık enerji üretimleri.

## VI. SONUÇLAR

- Menemen İlçesi Ege Bölgesinin yüksek rüzgar hızlarına sahip bölgeleri kadar olmasa da 10m yükseklik için Ege Bölgesi ortalaması olan 2,6m/s yıllık rüzgar ortalamasının üzerinde bir potansiyele sahiptir. Menemen bölgesinin yıllık ortalama rüzgar hızlarının; 10m'de 3.33m/s, 80m'de 5,06m/s ve 100m'de 5,29m/s olduğu hesaplanmıştır. Aylık ölçümlerde; Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarının en yüksek rüzgar potansiyeline sahip aylar, Mayıs ve Eylül aylarının ise yılın en düşük rüzgar ortalamasına sahip olduğu aylar olduğu görülmüştür.

- IEC 64100-1 standardına göre türbinler dört sınıfa ayrılmaktadır. Bu standartta belirleyici olan unsur, türbin güvenliği açısından rüzgar hızlarıdır. Seçilen 2.5 MW gücündeki türbinlerin gruplandırılmasında üç sınıf ortaya çıkmıştır. Tablo 1.'e göre türbin sınıfı ve yıllık ortalama rüzgar hızı arasındaki; sınıf I için 10m/s, sınıf II için 8.5m/s, sınıf III için 7.5m/s olarak gösterilmiştir. Bu açıdan Menemen bölgesi rüzgar karakteristiğine en uygun olan türbin sınıfı III'tür.

- Türbin yarıçapları ve sınıfları arasındaki ilişkiye bakıldığında; Sınıf I deki türbinler 80m, sınıf II'de 90m, sınıf III'te 100m rotor yarıçaplarına sahip oldukları görülmektedir (Tablo 2). Sınıf arttıkça rotor yarıçapı da büyümektedir. Türbinlerin devreye girme hızları 3,5-4 m/s aralığında ve devreden çıkma hızları 25 m/s de olmaktadır. Türbinlerin düşük hızlarda devreye girme ve düşük hızlarda nominal güce ulaşmaları, performanslarını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Bu özellik, sınıfı III olan türbinlerde görülmektedir (Tablo 2).
- Kapasite faktörü, türbinlerin seçiminde önemli bir faktördür. Rüzgar karakteristiğine bağlı olarak yüksek kapasite faktörüne sahip türbin seçimi doğru bir tercihtir. Şekil 6'ya bakıldığında türbin sınıfları ve kapasite faktörü arasındaki ilişki görülmektedir. Buna göre en yüksek kapasite faktörleri sınıfı III olan türbinlere aittir. Kapasite Faktörü değişimi yüksekliğe bağlı olarak, yüksekten düşüğe sınıf III, II, I seklinde olduğu görülmektedir. Kapasite faktöründe diğer bir belirleyici unsurunda yükseklik olduğu görülmektedir. Kapasite Faktörü hesaplamasında Rayleigh dağılımının gerek 80m ve gerekse 100m yükseklik için gerçek değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür ( Şekil 6).

- Şekil 7' de türbinlerin yıllık enerji üretimleri ile sınıfları arasındaki ilişki görülmektedir. Sınıfı III olan rüzgar türbinleri yıllık en yüksek enerji üretimine sahiptir.

- Bu sonuçlar ışığında Menemen bölgesi rüzgar karakteristiğine bağlı olarak 2,5 MW gücündeki en uygun türbinlerin sınıfı III'e ait olduğu belirlenmiştir. IEC 64100-1 standardına göre ifade edilen türbin sınıfları ile bölgesel rüzgar karakteristiğinin ilişkili olduğu ve türbin performansının belirlenmesinde türbin sınıflarının bir parametre olarak kullanılabileceği görülmüştür.

## REFERANSLAR

[1] E. Erdoğdu, "On the wind energy in Turkey," Renewable and Sustainable Energy Rewiews, vol.13, pp.1361-1371, 2009.
[2] Elektrik İşleri Etüt İdaresi, http://www.eie.gov.tr/ (Erişim 11.05.2010)
[3] R.T. Oğulata, "Energy Sector and wind energy potential in Turkey," Renewable and Sustainable Energy Rewiews, vol.7,pp 469-484, 2003.
[4] M. Bilgili, B. Şahin, and E., "Wind energy density in the southern, soutwestern, and western region of Turkey," Thermal Science and Technology,vol.30,pp 01-12, 2010.
[5] M. BOZTEPE, "İzmir Ve Çevresinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Kullanımı," TMMOB İzmir Kent Sempozyumu. 08-10/01/2009 Tepekule Kongre Merkezi-İzmir.
[6] Ö. Güler, "Wind energy status in electical energy production of Turkey," Renewable and Sustainable Energy Rewiews, vol.13, pp 473-478, 2009.
[7] R. Köse, M. A. Ögür ve O. Erbaş ve A. Tuğcu, "The Analiysis of wind data and wind energy potential in Kutahya", Turkey. Renewable and Sustainable Energy Rewiews, vol.8, pp. 277-288, 2004.
[8] N. Eskin, H. Artar ve S. "Tolun wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey." Renewable and Sustainable Energy Rewiews, vol.12, pp. 839-851, 2008.
[9] A. Özdamar, N. Özbata, A. Akın, ve E.D. Yıldırım, "An application of combined wind and solar energy system in İzmir." Renewable and Sustainable Energy Rewiews,vol. 9, pp. 624-637, 2005.
[10] M. Bilgili, B. Şahin, ve A. Kahraman, "Wind energy potential in Antakya and İskenderun regions Turkey." Renewable Energy, vol. 29, pp. 1733-1745, 2004.
[11] E.K. Akpınar, ve S. Akpınar, "Determination of the wind energy potential for Maden-Elazığ, Turkey." Energy Conversion and Management vol.45, pp. 2901-2914,2004.
[12] A. Uçar, ve F. Balo, "Investigetion of wind characteristic and assessment of wind generation potentiality in Uludağ-Bursa, Turkey." Vol.86, pp. 333-339, 2009.

[13] O. Araslan, "Technoeconomic analiysis of electric generation from wind energy in Kütahya Turkey." Energy, vol. 35, pp.120-131, 2010.
[14] E.K. Akpınar, ve S.Akpınar, "A statistical analysis of wind speed data used in installation of wind energy conversion systems." Energy Conversion and Management, vol.46, pp. 515-532, 2005.
[15] T.S.J. Chang, Y.T. Wu, H.Y. Hsu, C.R. Chu, C.M. Liao, "Assessment of wind characteristics and wind turbine characteristics in Taiwan." Renewable Energy,vol. 28, pp. 851-871, 2003.
[16] http://www.fuhrlaender.de/ (Erişim Tarihi: 06.04.2010)
[17] http://www.w2e-rostock.de/en/start/
[18] http://www.iec.ch/ (Erişim Tarihi: 06.04.2010)
[19] E.K. Akpınar, ve S.Akpınar, "An assessment on seasonal analysis of wind energy characteristics and wind turbine characteristics." Energy Conversion and Management, vol. 46, pp. 1848-1867, 2005.
[20] M.Kurban, Y.M. Kantar, ve F.O. Hocaoğlu, "Rüzgar enerjisi potansiyelinin araştırılmasında Weibull ve Rayleigh dağılımlarının kullanılması," Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, cilt 10, sayı 1, pp. 14-21, 2006.
[21] A. Özdamar, "Rüzgar enerjisi ve rüzgar türbinlerine genel bakış." Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu İzmir, 18-20 Ocak 2001.
[22] A. N. Çelik. "A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey." Renewable Energy, vol. 29, pp. 593-604, 2003.
[23] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, and E. Bossanyi, Wind Enegy Handbook, 2001, UK, Page 209-210.
[24] C.H.J. Stork, C.P. Butterfield, W. Holley, P.H. Madsen, and P.H. Jensen, "Wind Conditions for wind turbine design proporsals for revision of the IEC 1400-1 standard," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 74-76, pp. 443-454, 1998.
[25] K.Freudenreich and K. Argyriadis, "The Load Level of Modern Wind Turbines according to IEC 61400-1," Journal of Physics: Conference Series 75, pp.1-11, 2007.
[26] E. Hau. Wind Turbines, New York: Springer Berlin Heilderberg 2005.
[27] M. Nielsen, H.E. Jorensen and S.T. Frandsen, "Wind and wake models for IEC 61400-1 site assessment," Europen's premier wind energy event (ewec), pp. 1-6, 2009.
[28] Ö. Özgener, "Türkiye'de ve Dünya'da rüzgar enerjisi kullanımı.," DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 3,pp 159-173. 2002.
[29] A. ŞENKAL, N.S. ÇETİN, "Türkiye'de Kurulu Olan Büyük Güçlü Rüzgar Santrallerinin Kapasite Faktörlerine Genel Bir Bakış," Ege Bölgesi Enerji Forumu, Denizli, 12-13 Ekim 2009.
[30] F. Köse, ve M. Özgören, "Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Ölçümü ve Rüzgar Türbini Seçimi." Mühendis ve Makine, Cilt: 46, Sayı 551, pp. 20-30.