

## Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ana Kampüste Rüzgar Enerji Potansiyeli Araştırması ve Değerlendirmesi

Muharrem İMAL<sup>1\*</sup>, Mustafa ŞEKKELİ<sup>2</sup>, Ceyhun YILDIZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup>Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada Kahramanmaraş ilindeki rüzgar potansiyelini araştırmaya yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi ana kampüs içerisinde bir rüzgar ölçüm direği ve gerekli ölçüm cihazları yerleştirilmiştir. Ekim-2010 ve Nisan-2012 tarihleri arasında bölgeye ilişkin rüzgar değerleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Elde edilen veriler Rüzgar Atlası Analizi ve Uygulaması (WAsP) programı ile analiz edilip değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda ölçümü yapılan kampüs alanına ait ortalama yıllık rüzgar hızı ve rüzgar yönü değerleri elde edilmiştir. Ayrıca Bölgenin rüzgar haritası çıkarılmış, rüzgar türbini değeri ve yerleşim yerinin optimum koordinatları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, rüzgar potansiyeli tahmini, rüzgar santrali

## Investigation and Evaluation of wind power estimation at the Campus area of Kahramanmaraş Sutcu İmam University

**ABSTRACT:** This paper briefly introduces a study of the determination of possible wind power potential in Kahramanmaraş. For this purpose, a wind observation mast and its measurement equipment was established at the main campus of Kahramanmaraş Sutcu İmam University. Wind meteorological data were collected and recorded between the dates of October 05, 2010 and April 24, 2012. The recorded data were analyzed and processed using the WAsP program. The results of these analyses are used to estimate the wind power potential in the region and select the best fitted wind turbines to the site characteristics. Suitable sites were selected according to the created wind power and energy maps.

**Keywords:** Renewable Energy, wind potential estimation, wind farm

### 1. GİRİŞ

Dünyada fosil yakıt rezervlerinin azalması ve çevreye olan olumsuz etkileri, araştırmacıları yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasına sevk etmiştir[1]. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Özellikle su, güneş ve rüzgar bunların başında gelmektedir. Rüzgar enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında giderek daha fazla bir önem kazanmaktadır[2]. Rüzgar enerjisi gelecek için önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir[3]. Rüzgar enerjisinin verimli bir şekilde kullanılması, bölgelerin rüzgar potansiyellerinin hassas bir şekilde ölçülmesi ve değerlendirilmesi ile çok yakından ilgilidir[4,5].

Bir bölgenin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi için en az bir yıl süre ile o bölgeye ait rüzgar değerleri ölçülüp kayıt altına alınmalıdır. özellikle yıllık ortalama rüzgar hızı ve rüzgar yönü çok önemli iki parametredir. O bölgeye kurulacak rüzgar türbini nominal çıkış gücü,

ortalama rüzgar hızının kübik değeri olarak değişmektedir[6,7]. Ayrıca rüzgar türbini yüksekliği ve yönü için rüzgar yönünün doğru bir şekilde belirlenmiş olması gereklidir[8]. Elde edilen rüzgar verilerinin değerlendirilmesi WAsP adı verilen ve yaygın olarak kullanılan bir programla yapılmaktadır[9,10]. Rüzgar potansiyeli tahmini çalışmaları Türkiye de olduğu gibi Dünyada da yaygın bir şekilde yapılmaktadır[2]. Bu çalışmada Kahramanmaraş ilinin rüzgar enerji potansiyeline katkısı olması bakımından, Üniversite kampüs alanına yerleştirilen bir ölçüm istasyonu sayesinde ölçümler ve analizler yapılmıştır.

### 2. MATERYEL VE METOT

#### 2.1. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar meteorolojik bir olaydır. Atmosfer ve yerküre arasında havanın soğuyup ısınmasından meydana gelir. Havanın bir kütlesi vardır ve rüzgar şeklinde hareket eden hava bir kinetik enerjiye sahiptir.

\*Sorumlu Yazar: Muharrem İMAL, [muhamremimal@ksu.edu.tr](mailto:muhamremimal@ksu.edu.tr)

Rüzgar türbini bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgar içerisindeki bu kinetik enerji aşağıdaki formülle ifade edilir[6],

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Burada E rüzgarın kinetik enerjisini, m havanın kütesini ve v ise ortalama rüzgar hızını göstermektedir. Rüzgar türbininden elde edilen ani güç değeri ise aşağıdaki formülle ifade edilir;

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

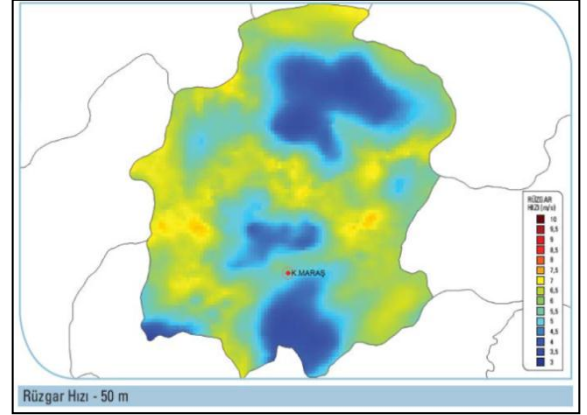
Burada P (KW) rüzgar türbinin ani çıkış gücünü, V (m/s) rüzgarın ani hızını ve  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) ise hava yoğunluğunu göstermektedir. Hava yoğunluğu deniz seviyesinde 1.263 kg/m<sup>3</sup> değerine eşit bir sabite olduğu kabul edilir[6,11].

Rüzgar santrallerinde türbinler 3-25 m/s arasındaki ortalama rüzgar hızı değerlerinde elektrik enerjisi üretirler. Fakat çok düşük ve çok yüksek rüzgar değerleri olumsuz etkiler yapacağından istenmeyen değerlerdir. Her türbin için belirlenmiş devreye girme ve devreden çıkma rüzgar hızı değerleri vardır. Genellikle 7 m/s ortalama rüzgar hızı değeri en ideal elektrik üretme değeri olarak kabul edilirler[6].

## 2.2. TÜRKİYEDE RÜZGAR ENERJİSİ

Son yıllarda Dünyada gelişen rüzgar enerjisi teknolojisi ve kullanımına paralel olarak Türkiye de önemli gelişmeler kat edilmiştir. Türkiye coğrafik yapısı nedeniyle çok önemli yenilenebilir enerji potansiyellerine sahiptir[2]. Türkiye'nin nüfus artışı ve hızlı bir şekilde büyüyen endüstrisine karşı ihtiyaç duyulan enerji, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaya çalışılmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı özellikle yenilenebilir kaynakları kullanmaya ve enerji üretmeye, özel sektörü şiddetli bir şekilde teşvik etmektedir. Bu kaynaklardan üretilen enerjiyi öncelikli olarak satın alma garantisi verip, farklı fiyat uygulamasına gitmektedir.

Türkiye oldukça önemli rüzgar enerji potansiyeline sahiptir. Bakanlık düzeyinde çalışmalar yapılmış ve Türkiye'nin rüzgar enerji haritası çıkarılmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından hazırlanan Kahramanmaraş'a ait rüzgâr hızı dağılımı Şekil 1'de verilmiştir[12].

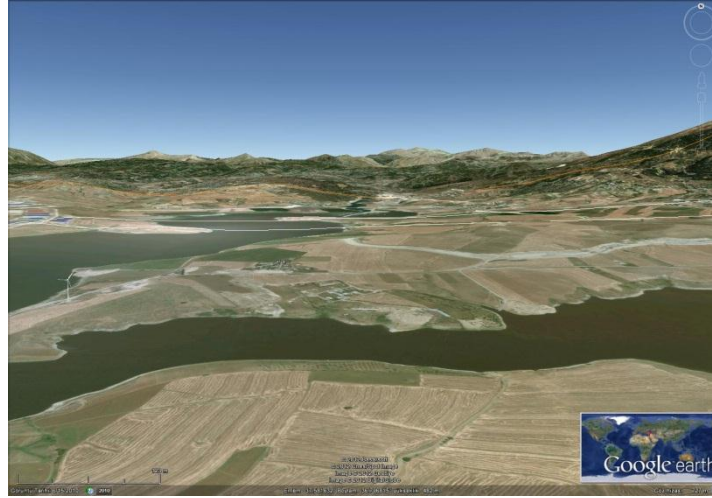


Şekil 1. Kahramanmaraş'ın rüzgâr hızı dağılımı atlası

Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme ve Denetleme Kurulu (EPDK) 'nın 31 Mart-2012 verilerine göre Türkiye de kurulmuş olup çalışmakta olan Rüzgar santrali sayısı 52 adettir. Toplam rüzgar santrali kurulu gücü ise 1875,7 MW değerindedir[13].

## 2.3. RÜZGAR POTANSİYELİ ÖLÇÜM BÖLGESİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Kampüs alanı rüzgar potansiyeli ölçüm alanı olarak seçilmiştir. Toplam kampüs alanı 1800 dönüm civarındadır. Kampüs coğrafik yapı olarak yaklaşık düz bir alana sahiptir. ölçüm yapılacak bölgede rüzgara engel olacak herhangi bir şey bulunmamaktadır. Şekil.2 de google earth programından alınan topografik harita gösterilmiştir.



Şekil.2 Üniversite kampüs topoğrafik haritası

Bölgenin deniz seviyesine göre rakımı 530 m.dir. Rüzgar ölçümü yapılacak yer çok iyi seçilmelidir. Kampüste 37de 35dak 07.46” Kuzey ve 36de 48dak 36.86” doğu koordinatları ile verilen bölge ölçüm için en uygun yer olarak belirlenmiştir.

Bu bölgeye her biri 220 cm uzunluğunda çelik borulardan birbirine eklenerek teleskopik şekilde imal edilmiş 40 metre uzunluğunda ölçüm direği yerleştirilmiştir. Ölçüm direğini gösteren bir resim şekil.3 te verilmiştir. Direk üzerinde 10 m. ve 40 metre olmak üzere 2 seviyeden ölçüm yapılmıştır. 10 m. seviyedeki yerde bir tane, 40 metre seviyede ki yerde ise iki adet rüzgar ölçüm sensörü (Anemometre) monte edilmiştir. Anemometreler bölgenin ortalama rüzgar hızını ölçmektedirler. Ayrıca 40 m. seviyeye rüzgar yönü ölçen bir rüzgar gülü yerleştirilmiştir. Tüm verileri kaydetmek amacıyla bir adet Data logger monte edilmiştir. Tüm sensörler ve data logger 'in elektrik beslemesi dışarıdan bir batarya ile sağlanmıştır.



Şekil 3. Kampüste kurulan rüzgar ölçüm direği

Ekim-2010 ve Nisan 2012 yılları arasında sürekli olarak bölgeye ait otlama rüzgar hızı ve rüzgar yönü

değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Rüzgar hızı değerleri her 10 dakikada bir kaydedilmiştir.

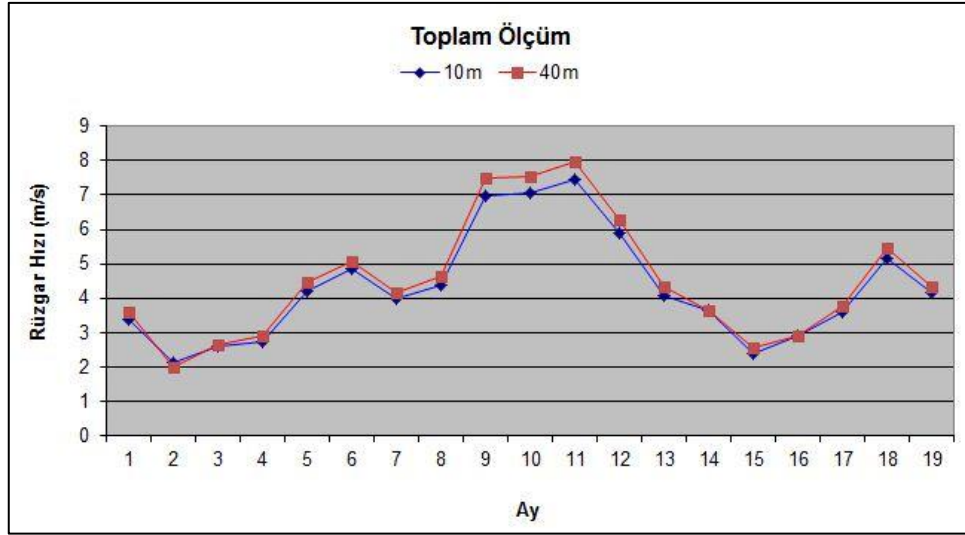
#### 2.4. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bir bölgenin rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesi için en az bir yıl boyunca ölçüm yapılması gerekmektedir[14]. Bu çalışmada bölgenin rüzgar değerleri 19 ay süreyle ölçülüp kaydedilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçları Rüzgar Atlası Analizi ve Uygulaması (WASP) programı kullanılarak analiz edilmiştir. Aylık bazda 19 ay boyunca elde edilen 10 m. ve 40 m. yükseklikler için ortalama rüzgar hızı değerleri çizelge 1 de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil.4 de aylık değerler grafik olarak verilmiştir. WASP programına ölçülen ortalama aylık rüzgar değerleri ve rüzgar yönü değerleri giriş büyüklüğü olarak verilir. Ayrıca ölçüm yapılan bölgenin topografik yapısı ve bölge düzgünlüğünü gösteren coğrafik bilgiler de giriş bilgisi olarak verilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler coğrafik bilgi haritasından elde edilmiş ve giriş olarak programa verilmiştir. Çıkış olarak o bölgeden alınacak ortalama rüzgar hızı değeri ve rüzgar yönü elde edilir. Bölgenin rüzgar enerji potansiyeli, seçilmesi gereken rüzgar türbini gücü ve Türbinin üreteceği yıllık ortalama elektrik enerjisi değerleri elde edilir.

Şekil5 den görüldüğü gibi 10 metre yükseklikte elde edilen ortalama rüzgar hızı değeri 4.70 m/s ve 40 metre için ölçülen değer ise 4.82 m/s olarak bulunmuştur. Ayrıca ortalama rüzgar hızı değeri 2-8 m/s değerleri arasında değişmektedir. Rüzgar ortalama hızının en yüksek olduğu aylar haziran, temmuz ve ağustos olarak görülmektedir. Buna karşılık ekim, kasım ve aralık aylarında rüzgar en düşük seviyede ölçülmüştür.

AYLAR	2010			2011												2012			
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan
10m	3,3	2,1	2,6	2,7	4,2	4,8	3,9	4,3	6,9	7,0	7,4	5,8	4,0	3,6	2,4	2,9	3,6	5,1	4,1
40m	3,6	2	2,6	2,8	4,4	5,0	4,1	4,6	7,4	7,5	7,9	6,2	4,3	3,6	2,5	2,9	3,7	5,4	4,3

Çizelge 1. Aylara göre ortalama rüzgar hızı



Şekil 4. Aylık ortalama rüzgar değerleri grafiği

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 RÜZGAR GÜLÜ RÜZGAR HIZI DAĞILIM FONKSİYONU

Weibull ve Rayleigh gibi olasılık yoğunluk dağılım fonksiyonları genellikle rüzgar enerjisi potansiyellerinin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır[6,15]. Bu çalışmada Weibull dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. Farklı yerlerden farklı rüzgar hızı dağılımları elde edilir. Bu dağılım bize temel olarak hangi değerlerdeki rüzgar hızlarının hangi sıklıklarda oluştuğunu gösterir. İki parametrelili Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir[15].

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (3)$$

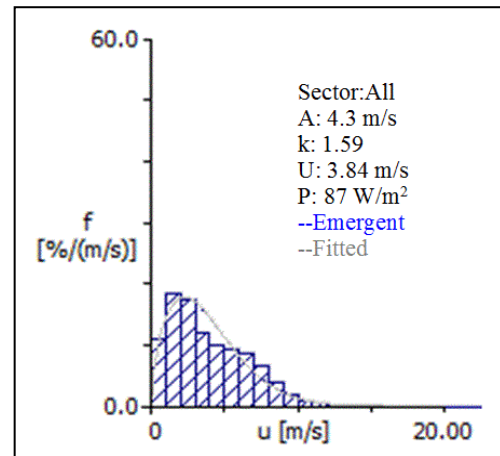
Burada rüzgar hızı (m/s), k ve c sırasıyla boyutsuz şekil ve ölçek parametreleridir. Weibull dağılımının birikimli (kümülatif) olasılık yoğunluk fonksiyonu ise

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

dır.

Şekil parametresinin ekvator yakınlarında 1 civarında, ılıman enlemler için ise 2 ve sürekli rüzgar alanları için ise 3 civarındadır[15].

Bu çalışma da ölçüm yapılacak kampüs alanı 30 derece aralıklarla 12 eşit parçaya bölünmüş ve her bir parça için rüzgar hız değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca her bir parça analizlerde gerekli olacak parametreler hesaplanmıştır. Bölgenin rüzgar hızı frekansları ve elde edilen Weibull dağılım Şekil 5. da gösterilmiştir.



Şekil 5. Kampüs bölgesi Weibull dağılımı

Şekil6 da görüldüğü gibi grafiğin en üst değerleri ortalama rüzgar hızının en sık ve fazla görüldüğü değerleri göstermektedir. Bu çalışmada Weibull fonksiyonu için k parametre değeri 1.56 ve skala parametresi c ise 4.3 m/s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca

bölgeye ait yıllık ortalama rüzgar hızı değeri 3.84 m/s olarak elde edilmiştir. Bu değerlere göre güç yoğunluğu 87 w/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kampüs alanına ait yıllık ortalama değerlerdir.

Bölge	Yerleşim koordinatları	Rüzgar Türbini	Türbin yüksekliği	Yıllık ortalama enerji üretimi	Ölçüm hatası
		(m)	(m)	(MWh)	(%)
Kampüs alanı	(304783.9,4160996.0)	Vestas V47 (660 kW)	45	851.530	0.0

**Çizelge 2.** seçilen rüzgar türbini değerleri

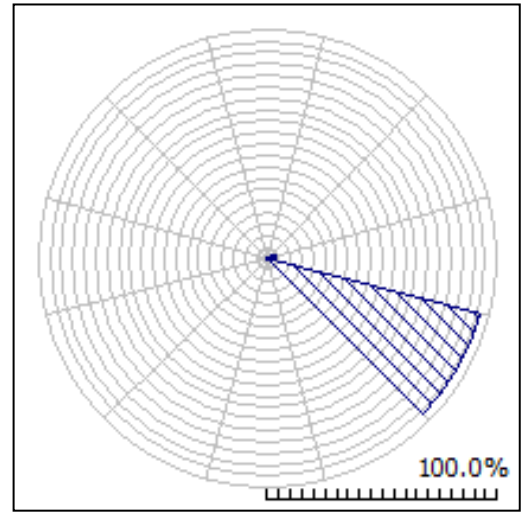
Ayrıca bölge de 12 farklı yöne ait rüzgâr gücü haritası da çıkarılmıştır. Rüzgar gücü rüzgar yönünü bulmak için kullanılır. Özellikle rüzgar türbini yerleştirmedeki yön ve yükseklik rüzgar gücü değerlerine göre yapılır. Rüzgar türbini yönü rüzgarın en yüksek değerde estiği yöne bakacak şekilde yerleştirilmelidir[5]. Ölçüm yapılan bölge için elde edilen rüzgar gücü haritası şekil.6 verilmiştir.

haritası şekil.7 de gösterilmiştir. Haritada ortalama rüzgar hızı değerleri mavi renkten kırmızı renge doğru artış göstermektedir.

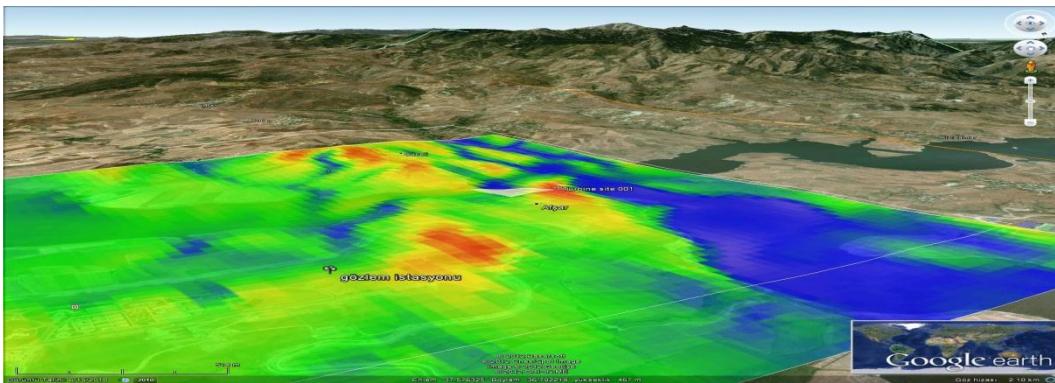
Şekil.6 den görüldüğü gibi rüzgârın en yüksek değerde estiği yön koordinatları 37.59°K, 36.81°B olarak hesaplanmıştır. Buna göre rüzgâr kuzey-batı yönünde esmektedir ve seçilecek rüzgâr türbini yönü bu koordinatlara doğru çevrilmelidir.

Ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre bölgeye konması gereken rüzgâr türbini gücü 600 kw olarak seçilmiştir. Türbinin yerleştirileceği koordinatlar ve diğer özellikleri Çizelge.2 de verilmiştir.

WASP programı giriş bilgilerine göre rüzgar türbini kurulacak bölgeye ilişkin rüzgar haritası çıkarılmıştır. Kampüs bölgesine ait elde edilen Rüzgar dağılım



**Şekil.6** Bölgenin rüzgar gücü haritası



**Şekil.7** Ortalama rüzgâr hızı haritası

Rüzgâr türbini dikilecek alan için hesaplanan değerler şu şekilde verilmiştir. Seçilen rüzgar türbini gücü 600 KW. Ortalama rüzgâr hızı 4.82 m/s, Ortalama güç yoğunluğu 164 w/m<sup>2</sup> ve yıllık ortalama üretilen elektrik enerjisi miktarı 851.530 GWh/yıl.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı Kahramanmaraş bölgesinde rüzgar potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapmaktır. Üniversite kampüs alanına bir rüzgar ölçüm direği dikilmiş ve 19 ay boyunca ortalama rüzgar hızı ve yönü ne ait değerler ölçülmüştür. Kaydedilen bu değerlerin analizi yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Rüzgar türbini yerleştirilecek alana ait ortalama yıllık rüzgar değeri 4.82 m/s dir. Rüzgar türbini göbek yüksekliği 45 m. olarak hesaplanmıştır. Bölgede hakim rüzgar yönü kuzey-batı ve yaz ayları olarak bulunmuştur. Hesaplanan rüzgar türbini nominal gücü 600 kw. ortalama güç yoğunluğu 164 w/m<sup>2</sup> ve yıllık ortalama elektrik enerjisi üretimi 851.530 GWh/yıl dır. Üniversite avşar kampüsü kurulu elektrik gücünün yaklaşık 2 mw olduğu hesaba katılırsa, böyle bir rüzgar türbinin üreteceği elektrik enerjisi kurulu gücün yaklaşık 1/3 değerini karşılayacağı görülebilir.

#### REFERANSLAR

- [1]Köse R, An evaluation of wind energy potential as a power generation source in Kütahya, Turkey, Energy Conversion and Management 45 (2004) 1631–41
- [2]Onat N, Ersoz S, Analysis of wind climate and wind energy potential of regions in Turkey, Energy 36 (2011) 148-56
- [3]Ucar A, Balo F, Investigation of wind characteristics and assessment of wind-generation potentiality in Uludağ-Bursa, Turkey, Applied Energy 86 (2009) 333–39
- [4]Erdogdu E, On the wind energy in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 1361–71
- [5]Gokçek M, Bayülken A, Bekdemir Ş, Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kırklareli, Turkey, Renewable Energy 32 (2007),1739–52
- [6]Şahin, A.D, Progress and recent trends in wind energy, Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 501–43
- [7]Ozerdem B, Turkeli H M, Wind energy potential estimation and micrositting on Izmir Institute of Technology Campus, Turkey, Renewable Energy 30 (2005) 1623–33
- [8]Abbes M, Belhadj J, Wind resource estimation and wind park design in El-Kef region, Tunisia, Energy 40 (2012) 348-57
- [9]WAsP User's Guide, www.risoe.dk
- [10]Durisic Z, Mikulovic J, A model for vertical wind speed data extrapolation for improving wind resource assessment using WAsP, Renewable Energy 41 (2012) 407-11
- [11]Şen Z, Stochastic wind energy calculation formulation, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 84 (2000) 227-34
- [12] Elektrik İşleri Etüt İdaresi, www.eie.gov.tr (17.02.2012).
- [13]Enerji Piyasası Düzenleme ve Denetleme Kurumu, http://www.epdk.gov.tr
- [14]Ozerdem B, Ozer S, Tosun M, Feasibility study of wind farms: A case study for Izmir, Turkey, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 94 (2006) 725–43
- [15]Weisser D, A wind energy analysis of Grenada: an estimation using the 'Weibull' density function, Renewable Energy 28 (2003) 1803–12