

Sakarya Üniversitesi için rüzgâr enerjisi potansiyel belirleme çalışması Study to determine wind energy potential for Sakarya University

Şaban PUSAT^{1*}

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
spusat@yildiz.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 21.02.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 01.02.2017

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2017.98250

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu makalede, Sakarya Üniversitesi'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir. Sakarya Üniversitesi için yapılan rüzgâr enerjisi potansiyel belirleme çalışmasında, Esentepe rüzgâr ölçüm istasyonundan alınan rüzgâr verileri ile bölgenin topoğrafya, engel ve pürüzlülük bilgileri kullanılmıştır. Hesaplamalar, WASP (Rüzgâr Atlası Analiz ve Uygulama Programı) paket programı ve diğer rüzgâr enerjisi analiz programlarıyla yapılmıştır. Farklı yükseklikler için elde edilen sonuçlar değerlendirilerek rüzgâr enerjisi yatırımı yapmak isteyenlere tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Rüzgâr, Rüzgâr atlası, Rüzgâr enerjisi, Rüzgâr potansiyeli, WASP

Abstract

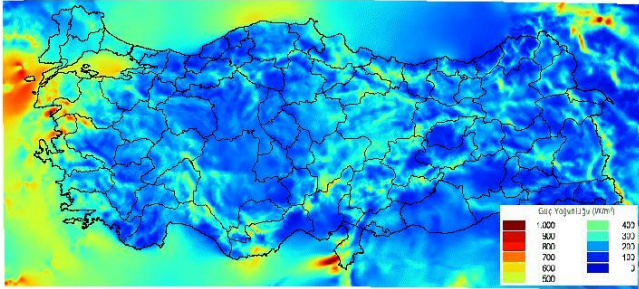
In this paper, wind energy potential of Sakarya University was evaluated. In the study of wind energy potential assessment for Sakarya University, topography, obstacles, roughness data of the region with wind data obtained from Esentepe wind measurement station were used. Calculations were made by using WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) software and other wind energy analysis software. Some advices were given to possible wind energy investors by evaluating the results obtained for different heights.

Keywords: Wind, Wind atlas, Wind energy, Wind potential, WASP

1 Giriş

Enerji, kalkınma açısından temel bir gereksinimdir. Ülkemizin enerji üretiminde kullandığı sistemlerin hava, su ve toprak üzerindeki telafisi çok zor olan kirletici etkileri, bu sistemlerin artık kullanılmasının sınırlandırılması gerektiğinin bir göstergesidir.

Türkiye, sahip olduğu yer altı ve yer üstü kaynakları açısından iyi durumdadır. Son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine birçok araştırmanın yapıldığı ülkemizde, enerji potansiyel atlasları çıkartılmak suretiyle, ülkemizin sahip olduğu potansiyel somut bir şekilde ortaya konulmuştur [1]. Rüzgâr enerjisinin sahip olduğu 50 metredeki güç yoğunlukları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (50 m) [1].

EİE tarafından yapılan çalışmalarda, rüzgâr enerjisi yatırımı açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir [2]. Bununla birlikte, bu harita sadece genel bilgi verme açısından önemlidir ve ön fizibilite çalışmalarında kullanılabilir. Sadece bu haritaya bakılarak rüzgâr enerjisi yatırımı yapmak doğru değildir. Belirlenen rüzgâr sahaları için ön ve detaylı incelemelerde bulunmak gerekmektedir.

Türkiye için alternatif enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisinin kullanımının yaygınlaşması için kanun yapıcıların gerekli destekleri vermesi ve yatırımcıların önünü açması gerekmektedir. Bunun için de yatırımların önündeki bürokratik engellerin kaldırılması ve yatırımların teşvik edilmesi için gerekli vergi indirimlerinin yapılması gerekmektedir.

Ülkemizde çok eski bir geçmişe sahip olmayan rüzgâr enerjisi konusunda yeterli bilgi ve donanımına sahip kişi ve şirket sayısının azlığı bu konudaki önemli sıkıntılardan birisidir. Yatırım yapmak isteyen vatandaşlarımızın bu konuda çok dikkatli olması gerekmektedir.

Pusat ve Akkoyunlu [3], yaptıkları çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'ndeki rüzgâr karakteristiğini ve rüzgâr enerjisi potansiyelini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuca göre ekonomik bir yatırımın uygun olmadığını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada, rüzgâr ölçümlerinin rüzgâr enerjisi potansiyeli üzerindeki etkileri incelenmiştir [4].

Gökçek ve diğ. [5], Kırklareli ilinin rüzgâr karakteristiğini ve rüzgâr enerjisi potansiyelini incelemişlerdir. Çalışmada, 2004 yılının saatlik verileri kullanılmıştır. Yıllık ortalama güç yoğunluğu 139 W/m² olarak belirlenmiştir.

Onat ve Ersöz [6], rüzgâr karakteristiğini ve rüzgâr enerjisi potansiyelini analiz edebilmek için yapay sinir ağlarını kullanan bir yöntem önermişlerdir. Bilir ve diğ. [7] ise Ankara'daki İncek bölgesine ait rüzgâr ölçüm verilerini kullanarak analizler yapmışlardır. Yaptıkları değerlendirmeye göre bölgenin büyük rüzgâr türbinleri için uygun olmamakla birlikte küçük rüzgâr türbinlerinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Sakarya Üniversitesi tarafından rüzgâr enerjisi çalışmalarında kullanılmak için Esentepe'de kurulan Rüzgâr Gözlem İstasyonu'nun (RGİ'nun) verileri kullanılarak Sakarya Üniversitesi ve çevresinin rüzgâr enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir.

2 Yöntem ve veriler

Literatürde rüzgâr enerjisi potansiyeli hesaplamalarında kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada, rüzgâr enerjisi istatistiklerini elde etmek için Danimarka Ulusal Sürdürülebilir Enerji Laboratuvarı'nda (Risø) hazırlanmış ve geliştirilmiş olan ve Avrupa Rüzgâr Atlasının hazırlanmasında da kullanılan WASP paket programı kullanılmıştır [8].

WASP, elde edilen rüzgâr ölçümlerinin 2 parametrelili Weibull dağılımına uyduğunu kabul ederek hesaplamalar yapmaktadır. Program temel olarak rüzgâr hızı ve yönü, bölge pürüzlülük bilgisi, çevresel engel bilgisi ve bölgenin topoğrafya bilgilerini kullanmaktadır.

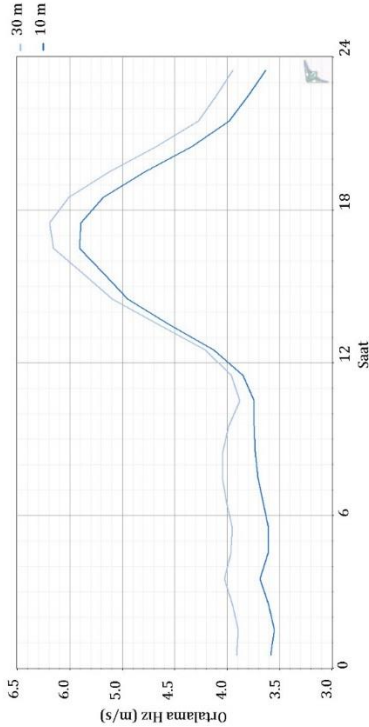
2.1 Rüzgâr gözlem istasyonu veri analizi

Bu çalışmada, Sakarya Üniversitesi tarafından rüzgâr enerjisi araştırmalarında kullanılmak üzere kurulan Esentepe RG'ndan elde edilen meteorolojik veriler kullanılmıştır. İstasyon üzerindeki sensörlerin konumu Tablo 1'de verilmiştir. Veriler standartlara uygun bir şekilde 10 dk. aralıklarla kaydedilmiştir.

Tablo 1: Esentepe rüzgâr gözlem istasyonu.

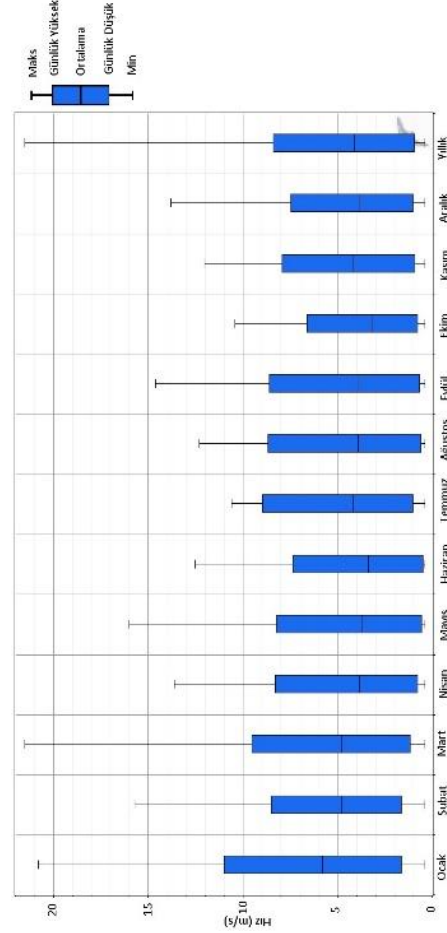
Ölçüm Yüksekliği (m)	Ölçülen Parametreler
3	Çevre Sıcaklığı
10	Rüzgâr Hızı
30	Rüzgâr Hızı
30	Rüzgâr Yönü

Rüzgâr verileri istatistiksel olarak analiz edilerek aylık rüzgâr ortalamaları elde edilmiştir. En yüksek ortalama rüzgâr hızı Ocak ayında ve en düşük ortalama rüzgâr hızı Ekim ayında görülmüştür. Günlük rüzgâr profili, 14:00-21:00 saatleri arasında rüzgârın en yüksek seviyelerine ulaştığını göstermiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Sakarya günlük rüzgâr rejimi.

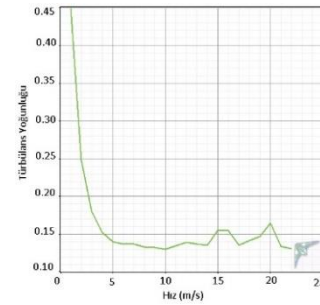
Rüzgâr hızlarının, 30 m'deki en yüksek ve en düşük değerlerinin yıl içerisindeki değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Sakarya aylık rüzgâr verileri.

Ölçüm istasyonunun koordinatları 40° 45' 763.000" kuzey, 30° 19' 481.000" doğu ve deniz seviyesinden yüksekliği de 340 m'dir. Bölgenin ortalama sıcaklığı 15.1 °C ve hava yoğunluğu 1.177 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Rüzgâr enerjisi analizlerinde önemli bir yere sahip olan türbülans yoğunluğunun hız ile değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Türbülans yoğunluğunun 0.25'ten yüksek olduğu bölgeler, yüksek yoğunluklu kabul edilmiştir ve rüzgâr enerjisi çalışmaları için uygun görülmemiştir [9]. Esentepe bölgesi için yüksek türbülans yoğunluğu söz konusu değildir.



Şekil 4: Türbülans yoğunluğu.

2.2 Çevresel etkilerin analizi

WASP paket programı hesaplamalarında üç farklı çevresel özellik girdisi kullanılmaktadır [10]:

- Bölgenin pürüzlülük bilgisi,
- Bölgenin yakın çevre engel bilgisi ve,
- Bölgenin topografya bilgisi.

2.2.1 Pürüzlülük değişim modeli (Roughness Change model)

İlk olarak, bölge sahip olduğu pürüzlülük durumuna göre alanlara ayrılmaktadır. Daha sonra, bu alanların sınırları harita üzerine çizilerek sınır tabakalar oluşturulmakta ve WASP programına tanıtılmaktadır. WASP rüzgâr akış analizini yaparken bu sınır tabakalara göre hareket etmektedir. Bölge pürüzlülük açısından incelenirken bitki örtüsü, arazi yapısı ve yapılaşma özellikleri dikkate alınmaktadır. Pürüzlülük uzunlukları standartları Tablo 2'de gösterilmiştir [10].

Tablo 2: Standart pürüzlülük uzunlukları.

Pürüzlülük Tipi	Uzunluk (m)
Şehir	1.00
Orman	0.80
Açık Araziler	0.01
Deniz	0.0001

2.2.2 Engel perdeleme modeli (Obstacle Sheltering model)

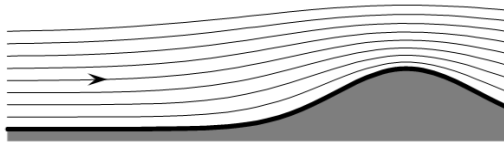
Analiz yapılacak bölge üzerindeki engellerin rüzgâr hızı üzerindeki etkileri bu model sayesinde görülmektedir. Engeller geçirgenliğine göre Tablo 3'teki gibi sınıflandırılabilir [10]. Belirlenen engeller harita üzerinde işaretlenerek WASP programına tanıtılmaktadır.

Tablo 3: Standart engel tipleri ve geçirgenlikleri.

Engel Tipi	Geçirgenlik
Katı (Duvar)	0.00
Çok Yoğun	≤ 0.35
Yoğun	0.35 - 0.50
Açık	≥ 0.50

2.2.3 Topoğrafik model (Topographic model)

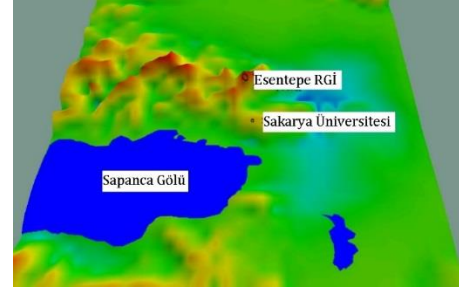
Topoğrafik model, yüzey yapılarının rüzgâr hızı üzerindeki etkisinin görülmesini sağlamaktadır. Bu model, onlarca kilometrelik mesafeler içerisindeki topoğrafik yapıyı dikkate almakta ve akış analizini gerçekleştirmektedir (Şekil 5), [10].



Şekil 5: WASP rüzgâr akış analizi [10].

Bütün bu modellerin WASP tarafından tanınması için harita üzerine işlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan haritalar, Amerika 'Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration, NASA) tarafından üretilen dijital yükselti haritalarıdır (Digital Elevation Map, DEM) [11]. Bu haritaların WASP tarafından tanınabilmesi için Göttingen Üniversitesi tarafından üretilen ücretsiz bir yazılım olan SAGA (System for Automated Geo-Scientific Analysis) programı kullanılmış ve eş yükselti eğrilerini içeren topoğrafik haritalar elde edilmiştir [12]. Hesaplamaların yapıldığı bölgenin üç boyutlu görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.

Öncelikle, NASA'nın veri tabanından Sakarya Üniversitesi ve civarını kapsayan yükselti haritaları indirilmiştir. Birden fazla haritanın kullanılması gerektiği durumlarda, harita işleme programları (Global Mapper vb.) yardımıyla haritalar birleştirilebilmektedir. İndirilen harita, SAGA programına aktarılmış ve WASP tarafından kullanılabilir formata getirilmiştir.

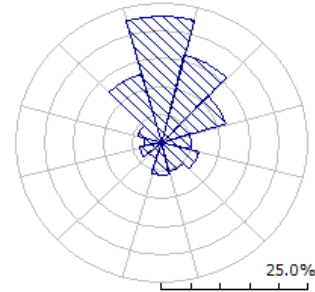


Şekil 6: Bölgenin 3 boyutlu haritası.

3 Hesaplamalar ve bulgular

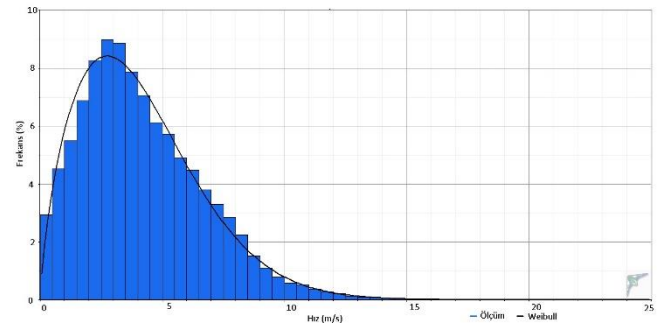
RGİ'nden elde edilen veriler ve çevresel etkilerin üzerine işlendiği haritalar WASP'a girdi olarak verilerek bölgenin enerji potansiyeli belirlenmiştir.

Esentepe istasyonu rüzgâr verilerinin (tüm frekanslardaki ortalama rüzgâr hızlarının [U (m/s)], Weibull parametrelerinin [k(-) ve A (m/s)], güç yoğunluklarının [E(W/m²)] ve esme sıklıklarının [f (%)] yönere göre dağılımı Tablo 4'te ve bu değerlerden elde edilen rüzgârgülü Şekil 7'de verilmiştir. Esentepe için baskın rüzgâr yönü kuzey olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7: Rüzgârgülü.

Elde edilen Weibull parametreleri ile olasılık yoğunluk fonksiyonu hesaplanmış ve buna bağlı olarak da grafik halinde Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8: Weibull fonksiyonu.

Rüzgâr hızlarının yönere göre esme sayıları Tablo 5'te verilmiştir. En yüksek esme sayısı 2-3 m/s hız ve 300°-330° yön aralığında 223 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4: WAsP rüzgâr veri analiz sonuçları.

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
A	5.6	5.0	5.3	4.0	4.4	4.5	6.5	3.9	4.6	4.7	4.0	4.5	4.9
k	2.27	1.53	1.74	1.59	1.51	1.46	2.05	1.63	1.59	1.42	1.70	2.12	1.71
U	4.92	4.50	4.76	3.60	3.93	4.11	5.73	3.51	4.10	4.23	3.56	4.02	4.41
E	124	147	147	72	100	121	214	64	106	136	63	72	120
f	22.6	16.2	11.5	5.1	6.5	5.2	5.7	3.0	4.1	3.0	4.3	12.9	100

Tablo 5: Rüzgârın yönlere göre esme sıklıkları.

U	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Toplam
1.0	37	92	79	130	85	99	67	107	83	116	97	36	72
2.0	73	134	105	149	132	132	102	173	125	158	140	91	112
3.0	140	163	143	194	192	167	104	193	177	157	223	193	163
4.0	158	135	137	160	175	166	106	182	168	124	183	214	159
5.0	133	102	124	124	129	135	88	136	150	116	132	186	131
6.0	130	81	110	106	94	81	88	67	92	102	95	121	104
7.0	121	75	87	54	66	70	117	59	65	72	63	84	87
8.0	103	65	70	33	44	58	103	46	51	51	35	38	66
9.0	64	55	62	19	30	34	92	18	38	35	13	24	47
10.0	26	42	39	15	23	19	46	12	22	26	8	8	26
11.0	9	26	19	8	13	10	26	3	17	16	5	3	13
12.0	3	19	12	6	6	9	22	2	4	13	3	2	9
13.0	1	7	6	2	5	6	21	1	4	2	2	1	5
14.0	1	1	3	1	4	7	12	1	2	2	1	0	2
15.0	0	1	3	0	1	2	3	0	2	1	0	0	1
16.0	0	0	1	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0
17.0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0
18.0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

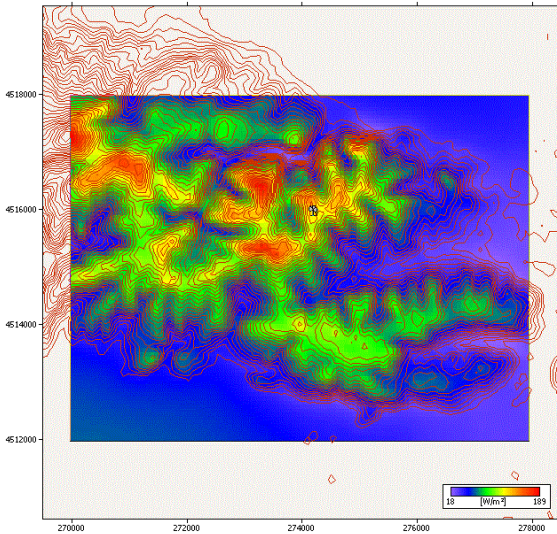
Bütün analiz sonuçları birleştirilerek bölgenin rüzgâr atlası bilgileri ortaya çıkarılmıştır. Hesaplamalar, Türkiye ve Avrupa Rüzgâr Enerji Atlası çalışmalarında olduğu gibi, WAsP paket

programının standart değerleri için yapılmış ve sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

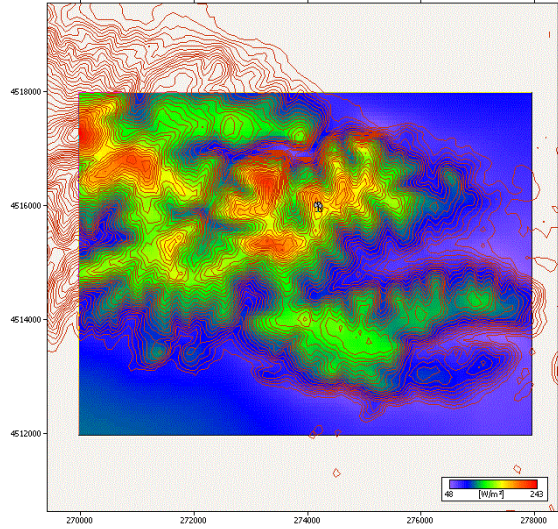
Tablo 6: Rüzgâr enerji atlası.

Yükseklik [m]	Parametre	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m
10.0	Weibull A [m/s]	3.8	2.6	2.3	1.9
	Weibull k	1.77	1.52	1.51	1.54
	Rüzgar hızı [m/s]	3.35	2.39	2.09	1.67
	Güç yoğunluğu [W/m ²]	50	22	15	7
25.0	Weibull A [m/s]	4.1	3.2	2.9	2.5
	Weibull k	1.82	1.63	1.60	1.63
	Rüzgar hızı [m/s]	3.67	2.86	2.57	2.20
	Güç yoğunluğu [W/m ²]	64	34	26	16
50.0	Weibull A [m/s]	4.4	3.7	3.4	3.0
	Weibull k	1.87	1.83	1.77	1.77
	Rüzgar hızı [m/s]	3.94	3.31	3.02	2.65
	Güç yoğunluğu [W/m ²]	77	47	37	25
100.0	Weibull A [m/s]	4.8	4.4	4.1	3.6
	Weibull k	1.81	1.94	1.94	2.00
	Rüzgar hızı [m/s]	4.27	3.93	3.60	3.20
	Güç yoğunluğu [W/m ²]	101	73	6	38
200.0	Weibull A [m/s]	5.3	5.5	5.0	4.4
	Weibull k	1.72	1.85	1.85	1.93
	Rüzgar hızı [m/s]	4.73	4.88	4.44	3.91
	Güç yoğunluğu [W/m ²]	146	147	111	73

Bu aşamadan sonra, istenen noktadaki enerji potansiyeli ve ortalama rüzgâr hızı bilgileri bu tabloya bakılarak hesaplanabilir. Bununla birlikte, yapılabilecek diğer bir uygulama da rüzgâr enerjisi güç yoğunluklarının standart yükseklikler için hesaplanarak gerekli haritaların oluşturulmasıdır. 50 m ve 100 m için hesaplanmış güç yoğunluğu (GY) haritaları Şekil 9-10'da verilmiştir. Harita üzerindeki simge, RGİ'nun konumunu göstermektedir.



Şekil 9: Rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (50 m).



Şekil 10: Rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (100 m).

Hesaplanan rüzgâr enerjisi güç yoğunlukları kullanılarak bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyeli aşağıdaki sınıflandırma kullanılarak yapılabilir [13]:

- zayıf (GY < 100 W/m²)
- iyiye yakın (100 W/m² ≤ GY < 300 W/m²)
- iyi (300 W/m² ≤ GY < 700 W/m²)
- çok iyi (GY ≥ 700 W/m²)

50 m için hesaplanmış rüzgâr enerjisi güç yoğunluğu analiz sonuçları değerlendirildiğinde; 100 W/m²'nin üzerinde güç yoğunluğuna sahip bölgelerin yani iyiye yakın enerji potansiyeline sahip bölgelerin varlığı rüzgâr türbinleri için uygun yerler olarak görülmektedir.

Esentepe bölgesi ve civarı için yapılan analizlere göre, bu bölgede rüzgâr enerjisi yatırımları için uygun bölge çok fazla bulunmamaktadır. 50 m için, enerji yoğunluğu 100 W/m² civarında olan bazı noktalar görülmektedir. Dolayısıyla, rüzgâr enerjisi potansiyeli iyi olan bölgeler mevcuttur. Ancak, hem kullanılan veriler hem de istasyonun durumu beraber değerlendirildiğinde ekstra ölçümlerin ve çalışmaların yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

RGİ'nun mümkün olduğunca güncel türbin yüksekliklerine yakın seviyelerde olması gerekmektedir. Bu çalışmada, kullanılan RGİ yüksekliği 30 m olduğu için, enerji potansiyelinin yüksek hesaplandığı noktalardan birisine, yüksekliği daha fazla (60-80 m) olan bir RGİ kurularak bu bölgelerin gerçek rüzgâr enerjisi potansiyelinin ortaya konulması gerekmektedir.

4 Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, Sakarya Üniversitesi ve etrafının rüzgâr enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışmada, Esentepe'de daha önce kurulmuş olan RGİ'nun verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelinin genel olarak düşük olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen WAsP çıktıları incelenerek, rüzgâr enerjisi potansiyeli iyi olan bazı bölgeler tespit edilmiştir. 50 m için elde edilen rüzgâr enerjisi potansiyel atlası ve rüzgâr ölçümlerinin 30 metrede yapılmış olması durumu beraber değerlendirildiğinde, bölgenin gerçek potansiyelinin belirlenebilmesi için 60-80 m yükseklikte yeni ölçümlerin yapılmasının gerekli olacağı belirlenmiştir.

Eğer bir bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli belirlenmek isteniyorsa, öncelikle ön fizibilite çalışması yapmak gerekmektedir. Ön fizibilite çalışmasının sonucu olumlu ise, bölgeyi temsil edebilecek bir noktaya rüzgâr ölçüm direği dikilmek suretiyle o bölgede minimum 1 yıl süreyle ölçümlere devam edilmelidir. Ölçüm sonuçlarının değerlendirilebilmesi için, maliyeti ön fizibiliteye göre çok daha yüksek olan fizibilite çalışmalarının uzman kadrolarla yapılması gerekmektedir. Bu konuda yatırımcılarımızın son derece dikkatli olması gerekmektedir.

5 Teşekkür

Bu çalışmada verilen sonuçlardan bir kısmı "Humboldt Kolleg Istanbul 2010" konferansında sunulmuş ve özet olarak basılmıştır. Çalışmadaki katkılarından dolayı Prof. Dr. İsmail Ekmekçi'ye teşekkürü bir borç bilirim.

6 Kaynaklar

- [1] Elektrik İşleri Etüt İdaresi. "T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı". www.eie.gov.tr (05.01.2014).
- [2] Elektrik İşleri Etüt İdaresi. "EİE Yayınları, 85-1".
- [3] Pusat S, Akkoyunlu MT. "Evaluation of wind energy potential in a university campus". *International Journal of Global Warming*, (Basım aşamasında).
- [4] Pusat S. "Wind energy potential assessment and effect of wind data measurement". *9th World Wind Energy Conference (WVEC)*. Istanbul, Turkey, 15-17 June 2010.
- [5] Gökçek M, Bayülken A, Bekdemir Ş. "Investigation of wind characteristics and wind energy potential in Kırklareli, Turkey". *Renewable Energy*, 32(10), 1739-1752, 2007.
- [6] Onat N, Ersoz S. "Analysis of wind climate and wind energy potential of regions in Turkey". *Energy*, 36(1), 148-156, 2011.
- [7] Bilir L, İmir M, Devrim Y, Albostan A. "An investigation on wind energy potential and small scale wind turbine performance at İncek region-Ankara, Turkey". *Energy Conversion and Management*, 103, 910-923, 2015.
- [8] Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP). "Wind resource assessment, siting & energy yield calculations". www.wasp.dk/wasp (05.01.2014).
- [9] Mortensen NG. "Planning and Development of Wind Farms". Wind Energy Program, Denmark Technical University, Copenhagen, Denmark, Course Notes, 2008.
- [10] Troen I, Petersen EL. "European Wind Atlas". Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1989.
- [11] National Aeronautics and Space Administration (NASA). "U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data". www2.jpl.nasa.gov/srtm (05.01.2015).
- [12] System for Automated Geo-Scientific Analysis (SAGA). "What is SAGA ?". www.saga-gis.org/en/index.html (05.01.2015).
- [13] Ambrosini G, Benato B, Garavaso C, Botta G, Cenerini M, Comand D, Stork C. "Wind energy potential in Emilia Romagna, Italy". *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 39(1), 211-220, 1992.