

Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Gebze’de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması

Wind Energy Usage in a House in Gebze

Cihan GÖKÇÖL¹, Erkan SUNAN² Bahtiyar DURSUN¹

¹Enerji Sistemleri Mühendisliği
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
c.gokcol@gyte.edu.tr, b.dursun@gyte.edu.tr

²Elektronik Mühendisliği
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
esunan@gyte.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, bir evin enerji gereksinimi başka bir enerji kaynağı kullanmadan sadece rüzgar enerjisi kullanılarak karşılanacaktır. 2007-2008 yılına ait rüzgar hız verileri bilinen Gebze’de bir ev için altı farklı rüzgar türbini konfigürasyonu incelenmiştir. Evin günlük enerji kullanımı belirlenerek, enerjinin sürekliliği bataryalar ile sağlanacak şekilde modellenip, MATLAB’da bir program geliştirilmiştir. Her bir rüzgar türbini için sürekli enerji sağlayacak olan batarya sayısı hesaplanıp maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.

Abstract

In this study, energy demand of a house, without using other energy form, will be met by using only wind energy. Six different wind turbines for a house in Gebze whose wind data during the period of 2007-2008 is known, are examined. After determining daily energy usage for a house, wind-battery system is simulated by MATLAB provided that energy continuity is protected by using necessary and sufficient number of batteries. For each wind turbine, necessary number of batteries continuously supplying this house with energy, are calculated and also cost analysis of each turbine is performed.

1. Giriş

Türkiye’de son üç yılda hem devlet hem de özel sektör tarafından rüzgar enerjisine verilen önemin kayda değer bir biçimde arttığı gözlemlenmektedir. Öyle ki, rüzgar enerjisinin kurulu gücü 2004 yılında 20.1 MW iken bu rakam 2008 yılında yaklaşık 17 kat artarak 333.35 MW’a kadar çıkmıştır. Ayrıca bu rakam 2010 yılına kadar olan süreç içerisinde yapılması planlanan özel ve devlet projeleri ile beraber 1545 MW’a çıkacaktır[1,2]. Tüm bu rakamsal gerçekler, Türkiye’de enerji noktasında olumlu birtakım değişimlerin varlığını göstermekte olup, geçmişten gelen “ihtiyaç duyulan enerjiyi imkânlar olmasına rağmen üretmeyip dışarıdan temin

etme” alışkanlığının da yavaş yavaş ortadan kalktığını göstermektedir.

Rüzgar Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılamada gelecek vadeden bir enerji kaynağıdır. Temiz, çevre dostu ve doğada bolca bulunan bir kaynak olması avantajlarından birkaçıdır. Kaynağın süresiz olması ve depolanması aşamasında zorluklarla karşılaşılması da dezavantajlarından birkaçıdır[3].

Rüzgar enerjisinden yararlanarak bir yerin ya da bir yerleşim bölgesinin enerji ihtiyacının karşılanması planlanan durumlarda, o noktaya rüzgar türbini inşa etmeden önce bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Sonrasında bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli ve enerji ihtiyacına göre uygun güçteki rüzgar türbini seçilmektedir. Seçilen rüzgar türbininin fiyatı, kurulum masrafları ve diğer masraflar göz önünde bulundurularak üretilen enerji ile ilgili ekonomiklik analizi yapılır.

Türkiye’de birçok bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli araştırılmış ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Tolun ve arkadaşları[4] ve Eskin ve arkadaşları[5] Gökçeada’nın; İncecik ve Erdoğan[6] ile Şen ve Şahin[7] Türkiye’nin batısının; Karlı ve Geçit[8] Türkiye’nin güneyinde Gaziantep Nurdağı’nın; Durak ve Şen[9] Konya Akhisar’ın; Türksöy[10] ile Dündar ve İnan[11] Bozcaada’nın; Bilgili ve arkadaşları[12] Antakya ve İskenderun bölgesinin rüzgar potansiyelini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada öncelikli olarak rüzgar enerjisi potansiyeli belirlenmiş olan Gebze’de bir evin günlük enerji ihtiyacını kesintisiz bir şekilde karşılayacak olan en uygun rüzgar türbini ve optimum batarya sayısı belirlenecektir. Gebze’nin saatlik ortalama rüzgar hız verileri ve enerji gereksinimi karşılanacak olan evin saatlik bazda enerji tüketim verileri esas alınarak MATLAB’da geliştirilen bir programla; her saat başı,

- Rüzgar hızına bağlı olarak ilgili rüzgar türbininden üretilen enerji hesaplanır.

- Rüzgardan üretilen enerji ile evin ihtiyacı olan enerji kıyaslanır; üretilen enerji evin tükettiği enerjiden fazla ise batarya şarj edilir. Aksi durumda, evin ihtiyacı bataryadan karşılanır şayet batarya yeterli değilse sisteme yeni dolu bir batarya eklenir.
- Rüzgar türbininin kullanım ömründen ileri gelen 20 senelik süreç düşünüldüğünde eve kesintisiz ve sürekli enerji sağlayacak olan batarya sayısı belirlenir ve maliyet analizi yapıp, enerjinin birim maliyeti hesaplanır.

Her bir rüzgar türbini için programın çalıştırılması neticesinde rüzgar güç üretim sisteminde kullanılması zorunlu olan optimum batarya sayısı hesaplanacaktır. Son olarak, her bir rüzgar türbini için elde edilen sonuçlar ışığında maliyet analizi gerçekleştirilecek olup, optimum sistem konfigürasyonu ve birim enerji maliyeti bakımından sistemler karşılaştırılacaktır.

2. Gebze için verilerin değerlendirilmesi

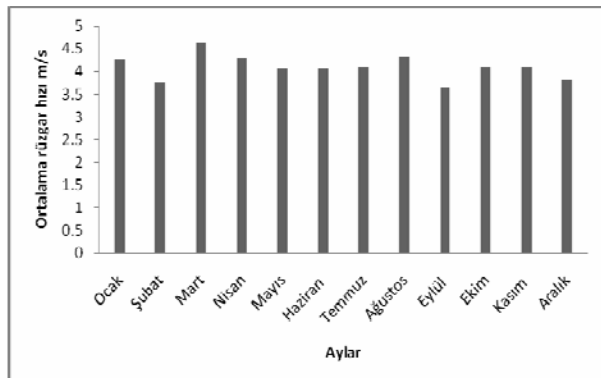
Gebze(Antik ismi: Dakibyza) Kocaeli'nin endüstrisinin büyük bir bölümünü barındıran, Marmara Denizi'nin kuzeyi ile İstanbul'un 45 km doğusunda yer alan bir ilçedir. Marmara bölgesinin en büyük ikinci ilçesi olup Türkiye sanayisinin %15'ini barındırır[13].

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Gebze meteoroloji istasyonuna ait 10 m'de ölçülmüş saatlik bazda rüzgar verileri alınmıştır. Bu rüzgar hız verileri, Hellman denklemi olarak adlandırılan denklem (1) kullanılarak 10m yükseklikte ölçülen veriler 50m yükseklikteki değerlere dönüştürülmüştür[14].

$$V_{50m} = V_{10m} \left(\frac{H_{50m}}{H_{10m}} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

Burada, Hellman katsayısı α , coğrafik şartlara bağlı olup, uzun binaların bulunduğu şehir ortamı söz konusu olduğundan $\alpha = 0.3$ olarak alınmıştır [14].

Gebze ilçesine ait aylık ortalama rüzgar hız dağılım grafiği Şekil-1'de görülmektedir. Gebze'nin yıllık ortalama rüzgar hız değeri 4.18 m/s ve yıllık güç yoğunluğu değeri ise 220 W/m² olarak hesaplanmıştır.



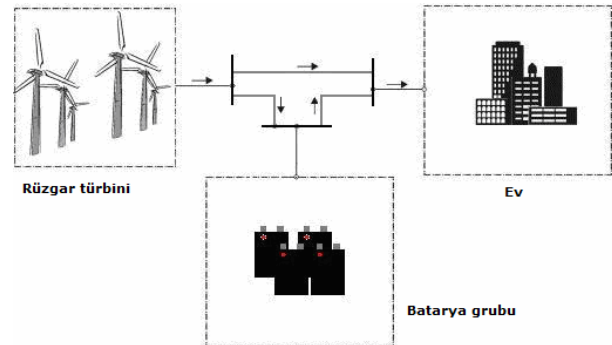
Şekil 1: Gebze ilçesi 2007 yılı ortalama aylık rüzgar hızları

Rüzgar enerjisini kullanarak bir evin elektrik ihtiyacını karşılayabilmek için öncelikle evin enerji tüketimi yaklaşık olarak belirlenmelidir. Şu bir gerçek ki, evin enerji kullanımı hergün farklılık göstermektedir. Gebze'de orta düzeyde bir evin saatlik bazda bir günlük yaklaşık elektrik enerjisi tüketim değerleri her bir tüketim aracının gerçek güç değerleri göz önünde bulundurularak belirlenmiş olup Tablo-1'de görülmektedir[14,15]. Evin enerji tüketiminin en yüksek olduğu puant saatler 20:00 ile 22:00; en düşük olduğu saatlerde 14:00 ile 18:00 arasındadır. Evin günlük toplam güç tüketimi 6.39kW olarak belirlenmiştir. Sabit günlük enerji tüketimi varsayımı altında, evin yıllık enerji ihtiyacı 2,332.4kWh olurken, bunun yanında 20 yıllık enerji ihtiyacı 46,648kWh'dir.

3. Rüzgar güç üretim sistemi

Rüzgar güç üretim sistemleri daha çok elektrik şebekesinin ulaşmadığı şehirden uzak yerlerde bulunan evlerin elektrik ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır. Çalışma prensibi çok karmaşık olmamakla birlikte maliyet optimizasyonu neticesinde gücü belirlenen bir rüzgar türbini ile enerji üretilip bu enerji ile evin ihtiyaçlarını karşılamayı ve ihtiyaçlar karşılandıktan sonra ortaya çıkan fazla enerji ile de sistemde bulunan batarya grubunu doldurmayı kapsamaktadır. Evin enerji ihtiyacını karşılamada rüzgarın yeterli olmadığı durumda bataryalar bu işlevi göreceklerdir.

Gebze'de bir evin günlük enerji ihtiyacını sürekli olarak kesintisiz bir şekilde karşılayacak rüzgar güç üretim sistemi tasarlanıp, kurulan sistemin üreteceği enerjinin maliyet analizi gerçekleştirilecektir. Şekil-2 'de rüzgar güç üretim sisteminin şematik gösterimi verilmiştir. Sistem elemanları temelde rüzgar türbini ve bataryadır. Sistem tasarlanırken çeşitli güçte rüzgar türbinleri ve enerji depolama birimi olarak da kullanılmak üzere 12V 100Ah kurşun asit batarya grubu göz önünde bulundurulmuştur. Rüzgar güç üretim sisteminde yer alan bataryanın kullanım ömrü 10 sene olarak belirtilmiştir [17].



Şekil 2: Bir rüzgar güç üretim sisteminin şematik gösterimi

Bu çalışmada ele alınan rüzgar türbinleri ve her bir rüzgar türbininin olası hız değerlerine karşılık ürettiği güç değerleri Tablo-2'de verilmiştir. Seçilen rüzgar türbininden üretililecek enerji, Tablo-2'de yer alan hızın bir fonksiyonu olan güç değerlerinin zamanla çarpımından elde edilecektir.

Tablo 1: Gebze’de bir evin saatlik bazda enerji tüketimi[15,16]

Saat	Buzdolabı (Watt)	Aydınlatma (Watt)	Ütü, Bulaşık ve Çamaşır Makineleri (Watt)	Mutfak (Watt)	Televizyon, Bilgisayar (Watt)	Toplam (Watt)
0-1	57	25				82
1-2	57	25				82
2-3	57	25				82
3-4	57	25				82
4-5	57	25				82
5-6	57	25				82
6-7	57	25				82
7-8	57			100		157
8-9	57					57
9-10	57					57
10-11	57				200	257
11-12	57		500		200	757
12-13	57		500		200	757
13-14	57			100		157
14-15	57					57
15-16	57					57
16-17	57					57
17-18	57					57
18-19	57			100	200	357
19-20	57	250		100	200	607
20-21	57	250			500	807
21-22	57	250			500	807
22-23	57	150			200	407
23-24	57	150			200	407
Toplam	1368	1225	1000	400	2400	6393

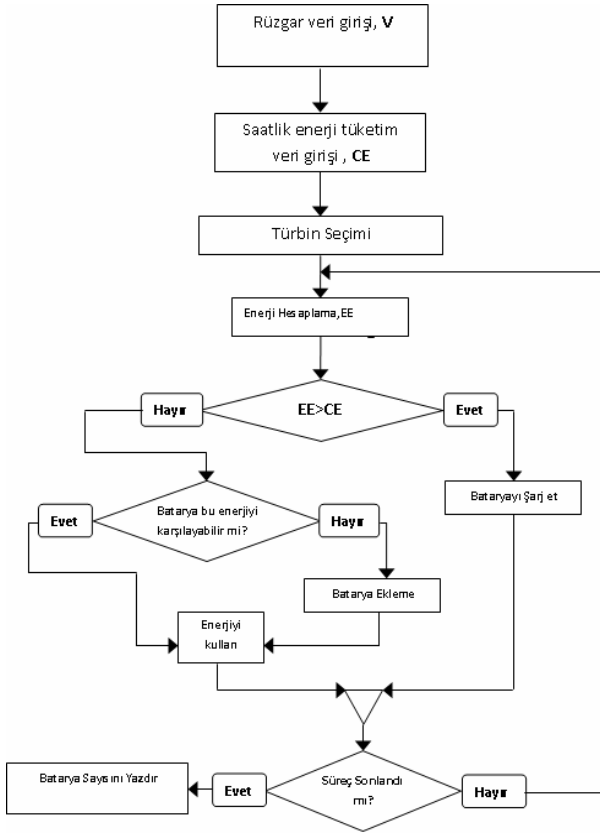
Tablo 2: Farklı güçteki rüzgar türbinlerinin değişik hızlarda üretebileceği güç değerleri [14.18.19.20]

Rüzgar hızı, m/s	Proven 0.6 kW	ACSA LMW 1 kW	Proven 2.5 kW	Proven 6 kW	Proven 15 kW	Enercon 500 kW
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	30	0	100	200	220	4,200
4	65	48	200	500	1,250	16,300
5	120	128	380	1,000	2,400	36,400
6	180	233	550	1,520	3,800	65,600
7	245	356	780	2,120	5,400	107,700
8	355	485	1,150	3,000	7,400	162,200
9	470	611	1,450	4,000	10,000	234,800
10+	600	726	1,800	5,000	12,750	322,400
11		820	2,200	5,930	14,850	403,000
12+		888	2,450	6,000	15,000	461,800
13+		1,000	2,500			500,000

Gebze’nin saatlik ortalama rüzgar hız verileri, türbin güç verisi ve enerji talebi karşılanacak olan evin saatlik bazda enerji tüketim verileri esas alınarak farklı rüzgar türbinleri için optimum batarya sayılarını ve bu durumda üretilen enerjinin birim maliyetini hesaplamak üzere MATLAB’ da bir program yazılmıştır. Yazılan programın akış diyagramı Şekil-3’de detaylı bir biçimde gösterilmiştir.

4. Değerlendirme

Bu çalışmada, günlük enerji ihtiyacı yaklaşık olarak belirlenmiş Gebze’de bir evin enerji talebinin kesintisiz ve sürekli olarak sadece rüzgar enerjisinden karşılanması durumunda kurulacak olan rüzgar güç üretim sisteminin üreteceği enerjinin 20 senelik sürede oluşan birim maliyeti hesaplanacaktır bunun yanında böyle bir sistemde zorunlu olarak kullanılacak olan bataryanın optimum sayısı hesaplanacaktır.



Şekil 3: Optimum batarya sayısını belirlemek üzere MATLAB’ da yazılan programın akış diyagramı.

Program 6 farklı rüzgar türbini için ayrı ayrı derlenmiş ve her bir rüzgar türbinin oluşturduğu rüzgar güç üretim sistemi için optimum batarya sayıları hesaplanmıştır. Tablo-2’de incelenen rüzgar türbinleri ve bu türbinlerin kullanılması neticesinde 1 sene boyunca evin kesintisiz enerji gereksiniminin karşılanabilmesi için gerekli olan batarya optimum sayısı yer almaktadır. Rüzgar güç üretim sisteminde üretilen enerjiyi depolamak için kullanılan batarya 12V 100Ah olmakla beraber firmanın sayfasından edinilen bilgiye göre kullanım ömrü 10 yıl ve birim fiyatı 140\$’dır. Bu bilgiler ışığında Tablo-3’de ayrıca 20 senelik süreçte her bir rüzgar türbini için kullanılacak bataryaların optimum sayılarına yer verilmiştir.

Tablo 3: Tasarlanan rüzgar güç üretim sistemlerinde 20 senelik süreçte kesintisiz enerji gerekli olan optimum batarya sayıları

Rüzgar Türbini	Proven 0.6 kW	ACSA LMW 1 kW	Proven 2.5 kW	Proven 6 kW	Proven 15 kW	Enercon 500 kW
Batarya Say. (1 yıl)	987	669	23	17	15	14
Batarya Say. (20 yıl)	1974	1338	46	34	30	28

6 farklı rüzgar türbini bu çalışmada incelenmiştir. Evin enerji tüketimi az olduğundan düşük güçlü 5 rüzgar türbini seçilmiştir. Buna karşın, 1 adet yüksek güçlü rüzgar türbinini

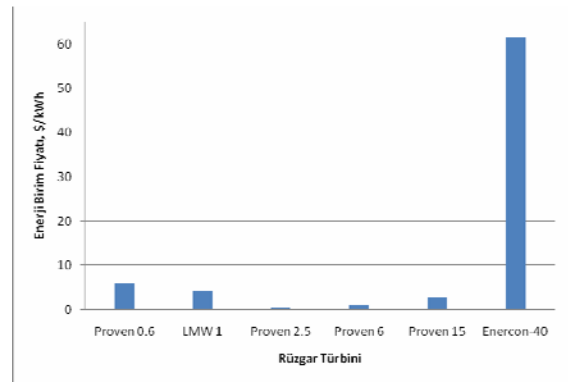
de kullanımı oluşan maliyetler açısından verimsiz olmasına rağmen araştırılmıştır.

Her bir rüzgar türbini için optimum batarya sayısını elde ettikten sonra, her bir sistemde tüm masrafları göz önünde bulundurarak üretilen enerjinin birim maliyeti hesaplanmıştır. Böyle bir sistemde rol oynayan masraflardan ve her bir masrafın toplam masraf içindeki oranlarından bahsetmek gerekirse, en başta rüzgar türbini maliyeti[20,21] ardından türbin maliyetinin %35’ine karşılık gelen kurulum maliyeti ve bu ikisinin toplamının %12.69’una karşılık gelen rüzgar türbinin yıllık bakım ve sigorta masrafları ve son olarak batarya maliyetleri söz konusu olacaktır[21]. Tablo-4’de her bir rüzgar güç üretim sisteminde rol oynayan masraflar ve üretilen enerjinin birim maliyetleri yer almaktadır. Tablo-4’de her bir rüzgar türbini için enerji birim fiyatı değerlerine bakıldığında kolaylıkla görülecektir ki, 2.5kW’lık Proven 2.5 rüzgar türbini evin ihtiyacı olan enerjiyi en düşük fiyat olan 0.57\$/kWh’de üretecektir. Fakat 0.57\$/kWh’lık fiyat enerji birim fiyatları arasında en düşük değer olmasına rağmen elektrığın şebekeden geliş fiyatının maksimum değeri olan 0.32\$/kWh’ın yaklaşık iki katı kadar daha pahalıdır. Evlerde kullanılan elektrığın birim fiyatları Tablo-5’de gösterilmiştir.

Tablo 5: Elektrik enerjisi fiyat tarifesi[22]

Zaman	Elektrik fiyatı (\$/kWh)
06:00–17:00	0.18
17:00–22:00	0.32
22:00–06:00	0.097

Şekil-4’de rüzgar türbinine göre elektrik enerjisi birim fiyatları gösterilmiştir. Enerji birim fiyatı, rüzgar türbininin gücü 0.6kW-2.5kW arasında düşüş eğilimi gösterirken, 2.5kW’ın üzerindeki güç değerlerinde ise tahmin edildiği üzere bir artış sergilemektedir.



Şekil 4: Rüzgar türbini ile üretilen enerjinin birim fiyatları

Tablo 4: Maliyet analizi

Türbin Adı	Proven 0.6	ACSA LMW 1	Proven 2.5	Proven 6	Proven 15	Enercon-40
Türbin Fiyatı (\$) [20,21]	1,020	1,700	4,250	10,200	25,500	600,000
Kurulum Maliyeti (\$)	357	595	1,487.5	3,570	8,925	210,000
Bakım ve Sigorta Masrafları (\$)	3,494.83	5,824.71	14,561.78	34,948.26	87,370.65	2,055,780
Batarya (\$)	276,360	187,320	6,440	4,760	4,200	3,920
Toplam Maliyet (\$)	281,232	195,440	26,739.3	53,478.3	125,996	2,869,700
20 yılda üretilen enerji (kWh)	46,684	46,684	46,684	46,684	46,684	46,684
Enerjinin birim maliyeti (\$/kWh)	6.02	4.19	0.57	1.15	2.70	61.47

Küçük güçlü rüzgar türbinlerinin yerli üretimleri sağlanarak enerjinin birim fiyatının elektrik şebekesinden satın alınan değerinden daha da altında olması sağlanabilir. Yerli küçük güçlü rüzgar türbinini imalatı devlet tarafından verilen kredi ve teşviklerle desteklenebilir. Teknolojik gelişmeler neticesinde rüzgar türbininin üretim maliyetlerinde düşüşlerden dolayı üretilen enerjinin birim maliyeti de nispeten düşecektir. Rüzgar güç sistemi ile elde edilen enerji direkt olarak şebekeye verilirse enerjinin birim fiyatı çok daha ekonomik olacaktır.

5. Sonuçlar

Bir evin elektrik ihtiyacının sadece rüzgardan karşılanması rüzgarın süreksizliğinden dolayı mümkün değildir. Bu çalışmada ele alınan rüzgar batarya hibrit sistemi bu problemin üstesinden gelmek ve sürekli enerji sağlamak için kullanılmıştır. Fakat, ele alınan bölgenin rüzgar potansiyeli düşük olduğundan dolayı bu hibrit sistem ekonomik değildir. Öyle ki, 2.5kW'lık Proven 2.5 rüzgar türbinini evin ihtiyacı olan enerjiyi en düşük fiyat olan 0.57\$/kWh'de üretmektedir. Fakat 0.57\$/kWh'lık fiyat enerji birim fiyatları arasında en düşük değer olmasına rağmen, elektriğin şebekeden geliş fiyatının maksimum değeri olan 0.32\$/kWh'ın yaklaşık iki katı kadar daha pahalıdır.

6. Kaynaklar

- [1] EWEA, European Wind Energy Association, European Statistics in 2004, <http://www.ewea.org>.
- [2] EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Kapasitesi, <http://www.epdk.gov.tr>
- [3] Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. Wind Energy Explained, Theory, Design and Application. Wiley, 2002.
- [4] Tolun S, Mentis S, Aslan Z, Yukselen MA. The wind energy potential of Gokceada in the northern Aegean Sea. Renew Energy 1995;6(7):679-85.
- [5] Eskin N., Artar H., Tolun S. Wind energy potential of Gokceada Island in Turkey Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008;12(3): 839-851
- [6] Incecik S, Erdogmus, F. An investigation of the wind power potential on the western coast of Anatolia. Renewable Energy 1995;6(7):863-5.
- [7] Sen Z, Sahin AD. Regional assessment of wind power in western Turkey by the cumulative semivariogram method. Renewable Energy 1997;12(2):169-77.
- [8] Karsli V.M., Gecit C. An investigation on wind power potential of Nurdagi-Gaziantep, Turkey Renewable Energy 2003;28 : 823-830.
- [9] Durak M., Sen Z. Wind power potential in Turkey and Akhisar case study Renewable Energy, 2002;25(3): 463-472.
- [10] Turksoy F. Investigation of wind power potential at Bozcaada, Turkey. Renew Energy 1995;6(8):917-23.
- [11] Dundar C, Inan D. Investigation of wind energy application possibilities for a specific island (Bozcaada) in Turkey. Proceedings of World Renewable Energy Conference, Denver, CO, 1996 p. 822-826.
- [12] Bilgili M., Sahin B., Kahraman A. Wind energy potential in Antakya and Iskenderun regions, Turkey Renewable Energy, Volume 29, Issue 10, August 2004, Pages 1733-1745.
- [13] Gebze İlçesi, Kocaeli. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Gebze>
- [14] Özdamar A., Kavas M.G. Rüzgar türbinini pervanesi üzerine bir araştırma, Güneş Günü Sempozyumu 1999 Bildiriler Kitabı, 151-160, 1999.
- [15] Philips Lighting Catalogue, <http://www.lighting.philips.com>
- [16] Vestel Beyaz Eşya Kataloğu, <http://www.vestel.com.tr>
- [17] Tesan Batarya, <http://www.tesan.com.tr>
- [18] Proven wind turbine specifications, <http://www.provenenergy.co.uk/>
- [19] ACSA LMW-1000 wind turbine specification, <http://www.acsa-eolica.com>
- [20] Enercon E40 500 kW wind turbine, <http://www.enercon.de>
- [21] Ozdamar A., Yildiz H., Sar O., Wind energy utilization in a house in Izmir, Turkey. International Journal of Energy Research, 25: 253-261.
- [22] Yilmaz P., Hocaoglu M.H., Konukman A.E. A pre-feasibility case study on integrated resource planning including renewables, Energy Policy, 2008;36(3):1223-1232.