

3 kW OTONOM BİR RÜZGAR TÜRBİNİ KURULUMU VE ENERJİ ELDESİ

Raşit ATA ve Numan S. ÇETİN*

Elektrik Bölümü, Kırkağaç Meslek Yüksekokulu, Celal Bayar Üniversitesi, 45700, Manisa

*Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi, 35100, Bornova, İzmir

rasit.ata@bayar.edu.tr, numan.sabit.cetin@ege.edu.tr

(Geliş/Received: 01.02.2007; Kabul/Accepted: 19.07.2007)

ÖZET

Celal Bayar Üniversitesi, Kırkağaç MYO Yerleşkesi'ne, 3kWh enerji kapasiteli otonom (şebeke bağlantısız) bir rüzgar türbini kurulmuştur. Kurulu olan rüzgar türbini; değişken hızlı, üç kanatlı olup kule yüksekliği 15 metredir. Sistem, 24 adet 2V 200 Ah sabit sistem aküsü ve 1 adet inverter'den oluşmaktadır. Elektrik enerjisi eldesi, daimi mıknatıslı senkron makine aracılığı ile sağlanmaktadır. Sistem yarı otomatik olarak kumanda elamanları aracılığı ile çalıştırılmaktadır. Türbin üzerinde gerekli ölçümler yapılarak C_p - λ eğrisi çizilmiştir. Son olarak yıllık bazda elde edilecek enerji miktarı, kurulan rüzgar türbinine en yakın ölçüm lokasyonu olan Akhisar (10m) ölçümleri baz alınarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar enerjisi, otonom rüzgar türbini, güç faktörü, senkron generatör.

CONSTRUCTION AND ENERGY GENERATION OF 3 kW AUTONOMOUS WIND TURBINE

ABSTRACT

The autonomous wind turbine which has 3 kWh energy capacity has been installed Kırkağaç MYO (Celal Bayar University) in Kırkağaç. The established wind turbine is variable speed, three blades and its towers height is 15m. Electrical energy conversion is supplied via permanent-magnetic synchronous machine. The established system is operated as half of automatic via control component. C_p - λ curve has been drawn via required measurements obtained from turbine. At last, annual energy output values are calculated for wind turbine.

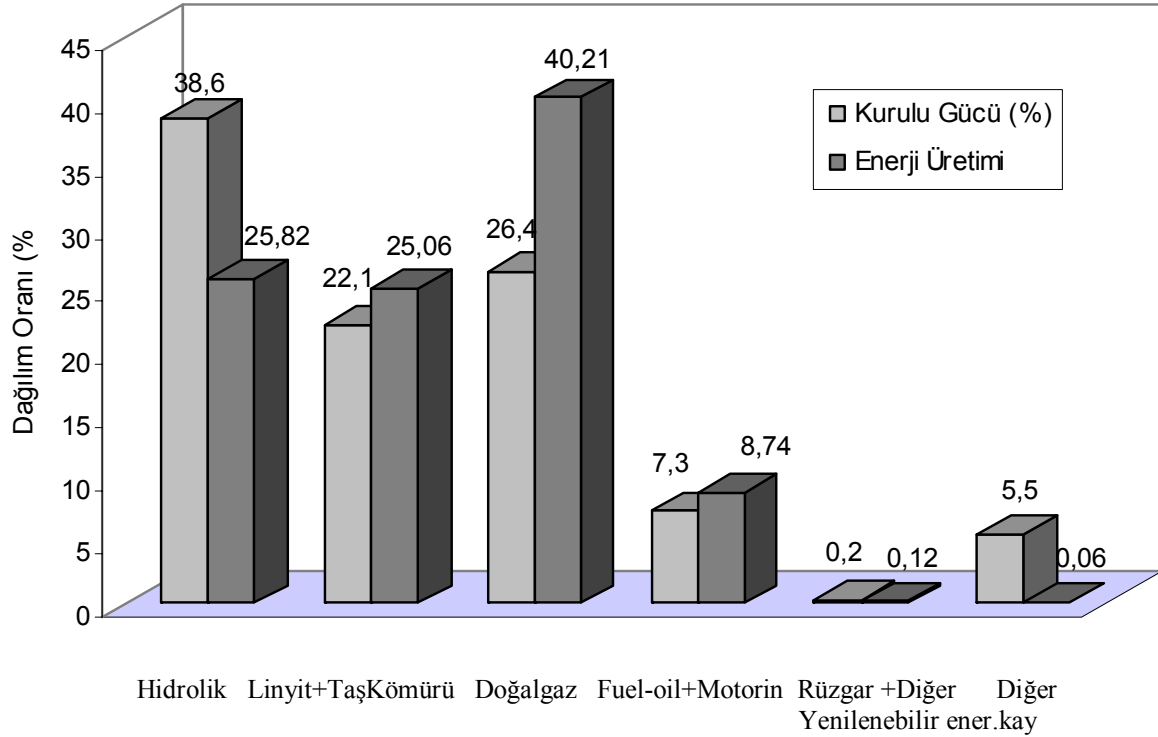
Keywords: Wind energy, autonomous wind turbine, power factor, synchronous machine.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Rüzgar enerjisi bilindiği üzere, özellikle ülkemiz için en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Rüzgar türbin teknolojisindeki gelişmeler, elektrik enerjisi üretimi amaçlı rüzgar türbinlerinin kurulu güçlerinin yükselmesine, dolayısıyla birim enerji maliyetinin düşmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak, rüzgar türbinlerinin elektrik enerjisi üretimindeki payı gün geçtikçe artmaktadır [1].

Cumhuriyetimizin kuruluşunun ilk yıllarında kişi başına 7 kWh olan elektrik enerjisi tüketimi, 1990 yılında 1012 kWh'e, 2001 yılı sonunda ise 1512

kWh'e kadar ulaşmıştır. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi'nin raporuna göre, elektrik enerjisi tüketimi 2002 yılı sonunda 1903 kWh'tir. DİE verilerine göre 2006 yılı sonu itibarıyla 2200 kWh'e ulaşması tahmin edilmektedir. Ancak bu değer, Avrupa'da kişi başına düşen 6000 kWh'lik ve dünya ortalaması olan 2500 kWh'lik tüketim değerleriyle karşılaştırıldığında, planlanan hedeflerin gerisinde kalmaktadır. Gelecek yıllarda ciddi bir kriz ile karşılaşılması için, bu alanda büyük yatırımlar yapılması gerektiği açıkça görülmektedir. Özellikle, yerli kaynaklarla elde edilecek elektrik enerjisi üretim yatırımları, dışa bağımlılığı azaltarak ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır. Türkiye'nin 2003 yılındaki, 130 TWh/yıl düzeyindeki



Şekil 1. Türkiye'nin kurulu gücü ve enerji üretiminin yakıt türlerine göre dağılımı [3]. (Established power of Turkey and distribution of energy generation according to fuel types)

elektrik enerjisi üretimi, 2006 yılında 171.437 TWh/yıl olarak gerçekleşmesi tahmin edilmektedir[2-4]. Bu kapasitenin yakıt türlerine göre dağılımı ise kurulu güç ve enerji üretiminde farklılıklar göstermektedir (Şekil 1).

Tablo 1. 2020 yılında Türkiye'nin hedeflediği kurulu gücünün yakıt türlerine göre dağılımı[2]. (Distribution of the established power Turkey aims by the year 2020 according to fuel types)

Yakıt Türü	Kurulu Güç (MW)	Katkı Payı (%)
Hidrolik	33 000	28,4
Linyit + Taş kömürü	32 000	27,5
Doğalgaz	39 000	33,6
Nükleer	4 000	3,4
Rüzgar	5 000	4,3
Diğer	3 210	2,8

2020 yılında ulaşılması planlanan 116.210 MW toplam kurulu gücün, yakıt türlerine göre dağılımının ise Tablo 1'deki gibi olması beklenmektedir. Türkiye'nin 2020 yılına doğru hedeflediği elektrik enerjisi kurulu gücüne ait özellikle doğalgaz katkısının, hidrolik ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının katkısından daha büyük olması, üzerinde ciddi şekilde durulması gereken bir durumdur [4].

Artan dünya nüfusu ile birlikte, insanlığın öncelikli sorunları haline gelen enerji ihtiyacının karşılanması ve çevre kirliliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu konuda duyarlılık gösteren çeşitli firmalar, üniversiteler ve bilim adamları, son yıllarda temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda önemli çalışmalar yapmışlardır. Bu çevre dostu alternatif enerjiler, kısmen depolanabildikleri yada depolanamadıkları için, ancak bir takım ilave düzenler sayesinde diğer enerji türlerine çevrilerek ya da direkt olarak kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerjiler; ısıtma, soğutma, aydınlatma, kurutma, mekanik güç gibi ihtiyaçlara önemli ölçüde cevap vermektedirler. Son yıllarda ülkemizde rüzgar enerjisi santralleri (RES)'nin kullanımı giderek artmaktadır. Ancak sayı olarak yetersiz düzeydedir. Bu çalışmada, rüzgardan elektrik enerjisi elde etmek için 3 kWh enerji kapasiteli şebeke bağlantısız bir rüzgar türbini kurularak elektrik enerjisi elde edilmiştir.

Türkiye de son yıllarda rüzgar enerjisi üzerine yapılan çalışmalarda [5-14] Türkiye'nin elektrik üretimi için uygun bölgelerin rüzgar potansiyelleri belirlenmiştir. Bu çalışmalarda Trakya, Gökçeada, Bozcaada, Kütahya, İzmir, Gaziantep, Akhisar, Elazığ, Batı Anadolu Sahilleri için rüzgar potansiyelleri belirlenmiştir. [15]'de Ege üniversitesi güneş enerjisi enstitüsünde 1.5 kW gücünde bir rüzgar türbin kurulum çalışması gerçekleştirilmiştir. [16-17] 'de ise rüzgar-güneş hibrid sistemleri kullanılarak elektrik üretim olanakları araştırılmaktadır.

2. KURULU RÜZGAR ENERJİSİ ÇEVİRİM SİSTEMİ (CONSTRUCTED WIND ENERGY CONVERSION SYTEM)

Araştırma projesi kapsamında Celal Bayar Üniversitesi (CBÜ) Kırkağaç MYO Yerleşkesi'ne kurulan sistem, 1 adet 3kW gücünde türbin, 1 adet kontrol ünitesi, 24 adet 2V, 200Ah sabit sistem aküsü, 1 adet 48V/220V, 50Hz, 3kVA tam sinüs inverter'den oluşmuştur. Şekil 2'de sistem görülmektedir.

2.1. Türbin ve Direk (Turbine and Tower)

Sistemde 1 adet 3 kW gücünde türbin kullanılmıştır. Türbin, rüzgar hızının yükselmesi durumunda pervane dönme eksenini düşey eksene doğru kaydırmakta ve kuyruk açısını değiştirmektedir. Bu sayede yüksek rüzgar hızlarında türbin hızının tehlikeli şekilde artmasına engel olmaktadır. Ayrıca direk tepe kuvvetinin de aşırı artmasını önlemektedir. Türbin 12m kafes direk üzerine 3m boru direk ilaveli toplam 15m'lik temelden mafsallı, direk üzerine monte edilmiştir.

Direk 1.5m'lik temel derinliğine sahip olup 4 noktadan çelik halat ile gerdirilerek sallanma ve devrilmeye karşı önlem alınmıştır. Sistemin teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

2.2. Kontrol Ünitesi (Control Unit)

Rüzgar sisteminden alınabilecek enerji miktarı, mevcut rüzgar potansiyelinin yanı sıra türbin denetleyicisinin performansına da bağlıdır. Sistem optimum çalışma noktasında tutulmaya çalışılır. Aküler tamamen dolduğunda uç gerimi yükseleceği için şarj kesilir. Bu durumda türbinin boşa aşırı hızlara çıkmaması için bir yardımcı yük direncine bağlanır. Sistem akü gerilimi belirlenen bir değerin altına düşmesine kadar bu konumda kalır. Ayrıca benzer bir işlem manuel olarak da yapılarak türbinlerin kilitlenmesi sağlanabilir. Akülerin ömrünü uzatacak şekilde uç gerilimini hassas olarak ölçerek mevcut şartlardaki en uygun şarj akımını ayarlamaktadır. Belirli aralıklarla ve sürelerde yükseltici şarj ve likid aküler için gerekli olan eşitleyici şarj koşullarına otomatik olarak



Şekil 2. Kurulu sistem (The constructed system)

geçmektedir. Şarj denetleyici yardımıyla akülerin uç gerilimi, mevcut kapasite, anlık şarj akımı değerleri ölçülebilmektedir. Şekil 3'de sistemin kontrol ünitesi görülmektedir.

Tablo 2. Kurulu sistemin teknik özellikleri
(Technical specification of the constructed system)

Sistem Elemanının Adı	Teknik Özelliği
Elektrik makinesi(Türbin)	3 Fazlı, 16 Kutuplu, daimi mıknatıslı, 3kW gücünde Senkron Generatör.
Platform	Elektrik makinasını içine alan davlumbaz ve yön bulmaya yarayan kuyruğu taşıyan döner tabla.
Türbin Kanadı	Cam elyafı ile güçlendirilmiş epoksili, 1.2m yarıçaplı uç türbin kanadı.
Türbin Kulesi	12m kafes direk üzerine 3m boru direk ilaveli, 15m yüksekliğinde kule.
Sistem Aküleri	2V, 200Ah, 24 adet sabit tesis aküsü.
İnverter(Evirici)	48Vdc, 220Vac, 3kVA, Bir fazlı, 50Hz.
Kontrol Ünitesi	Mikroişlemcili, gerilim ve direnç kontrollü, ampermetre ve voltmetre ilaveli ünite.

2.3. Aküler ve Evirici (Batteries and Inverter)

Sistemde 48V_{DC} giriş, 220V 50Hz çıkışlı, 3kVA'lık tam sinüs inverter(evirici) kullanılmıştır. Evirici şebekeye paralel bağlanabilme ve akü şarj destekleme özelliğine sahiptir. Akü sistemi 2V 200Ah'lik 24 adet sabit sistem aküsü kullanılarak, 48 V'luk bir batarya grubu şeklinde düzenlenmiştir.

2.4. Enerji Eldesi ve Kullanımı (Energy Generation and Usage)

Kurulan sistem öncelikle araştırma ve tanıtım amaçlı bir sistem olduğundan enerji üretimi ve buradan elde edilen enerjinin kullanımı ikinci planda tutulmuştur. İlk aşamada elde edilen enerjiden çevre aydınlatması, laboratuardaki veri toplama cihazları ve çim biçme



Şekil 3. Sistemin kontrol ünitesi (Control unit of the system)

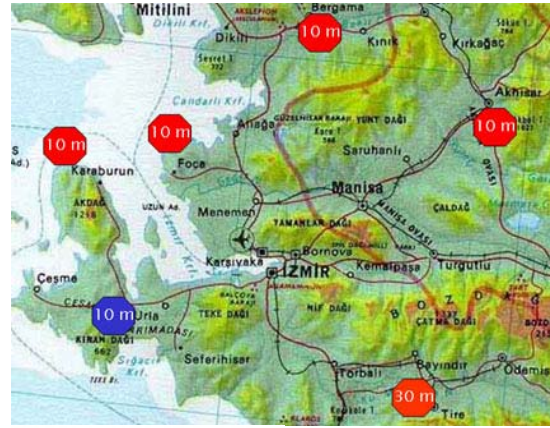
makinesinin beslenmesi için kullanılması planlanmıştır. Sistem, devreye alındığı 19 Mayıs 2006 tarihinden itibaren sürekli olarak devrede ve yüklü tutularak enerji üretimi gözlemlenmiştir.

Kurulu sistemimize yaklaşık 20 km mesafede bulunan ve Şekil 4'de görülen Manisa ili Akhisar ilçesi EİE rüzgar gözlem istasyonundaki ölçüm verileri (Tablo 3), enerji eldesi hesabında kullanılmıştır. Sözü edilen RGİ'de 10m yükseklikteki beş yıllık rüzgar hızlarını ortalaması 6.497m/s olarak hesaplanmıştır. Kule yüksekliğimizin 15m olması nedeniyle bu değerın Hellmann yükseltme katsayısı (μ) kullanılarak [18];

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

istediğimiz değere aktarılması gerekmektedir. Burada; V_r hesaplanmak istenen yükseklikteki rüzgar hızı, V_{ref} ölçüm sonuçları bilinen yükseklikteki rüzgar hızı, H hesaplanmak istenen noktanın yüksekliği, H_{ref} ölçüm sonuçları bilinen noktanın yerden yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Akhisar yöresi şartlarında μ ortalama olarak 0.21 alınmaktadır [1]. Bu değerler doğrultusunda V_{15} değeri 7.074m/s olarak hesaplanmaktadır.

15m yükseklikteki rüzgar esme süreleri Rayleigh Dağılımı kullanılarak [18];



Şekil 4. EİE'nin Ege bölgesi rüzgar gözlem istasyonları [4] (EIE Egean Region wind observation stations)

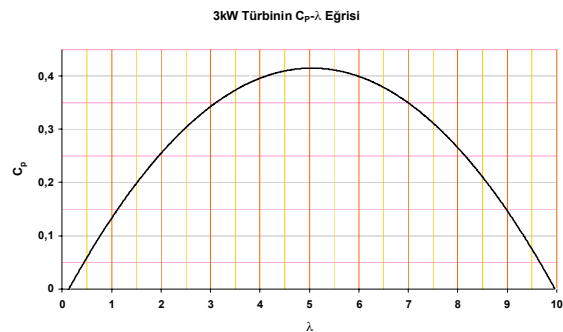
$$h_r = 8760 \left(\frac{\pi}{2} \right) \left(\frac{V_i}{V_{ort}} \right) e^{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{V_i}{V_{ort}} \right)^2} \quad (2)$$

şeklinde bulunabilir.

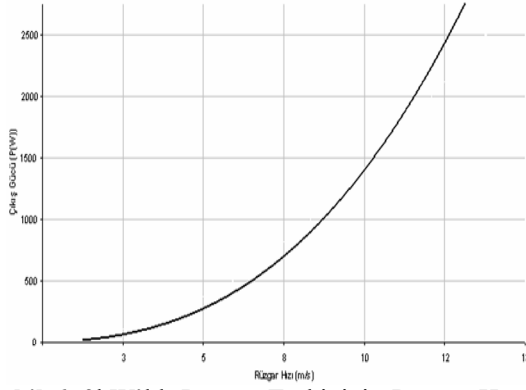
3. BULGULAR (FINDINGS)

Kurulu olan rüzgar türbinine ait $C_p-\lambda$ eğrisi Şekil 5'de görülmektedir. Ayrıca, rüzgar türbininin rüzgar hızına bağlı elektriksel çıkış gücü eğrisi Şekil 6'de verilmiştir. Şekil 6'da görülen grafik, kurulu bulunan rüzgar türbininden elde edilen ölçüm sonuçlarıdır. Grafikte görüldüğü gibi optimum enerji için olması gereken rüzgar hızı 13m/s'dir. Türbin üretilirken, sisteme eklenen kuyruk mekanik olarak 13m/s'den sonraki rüzgar hızlarında rüzgar türbininin yönünü, rüzgara göre 90° kaydırarak frenleme yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Dolayısıyla 13m/s'den sonraki rüzgar hızlarında dönme gerçekleşmekte fakat enerji üretebilecek seviyede olmamaktadır.

Rüzgar türbininde kullanılan elektrik makinası ile yapılan uygulamalardan, deneysel olarak elde edilen değerler Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 5. 3kW'lık Rüzgar Türbinine ait $C_p-\lambda$ eğrisi ($C_p-\lambda$ Curve belonging to 3kW wind turbine)



Şekil 6. 3kW'lık Rüzgar Türbininin Rüzgar Hızına (V_r) Bağlı Elektriksel Çıkış Gücü (P) ($P-V_r$ Curve belonging 3kW wind turbine)

Bulunan esme süreleri ve kurulu rüzgar türbininden elde edilebilecek güce bağlı enerji değerleri Tablo 4'de verilmiştir, 13 m/s' nin üzerindeki hızlarda frenleme gerçekleşmektedir. Bu şartlarda elde edilebilecek yıllık toplam enerji 7 926,86 kWh olacaktır.

Sistemden elde edilen güç mikro işlemci kontrollü olarak elde edilip, bir fazlı inverter aracılığı ile alıcılara verilmektedir. Bu şartlar altında ;

$$\begin{aligned} \text{Toplam giderler} &= \text{Tesis maliyeti} + \text{Bakım masrafları} \\ &= 8250 \text{ USD} + 5000 \text{ USD (20Yıllık)} \\ &= 13250 \text{ USD} \end{aligned}$$

olarak bulunur. Birim kWh başına düşen maliyet;

$$\text{Toplam Giderler} / \text{Yıllık Enerji Eldesi} * \text{Sistem Ömrü} = 13250 / 7926,86 * 20 = 0.0835 \text{ USD}$$

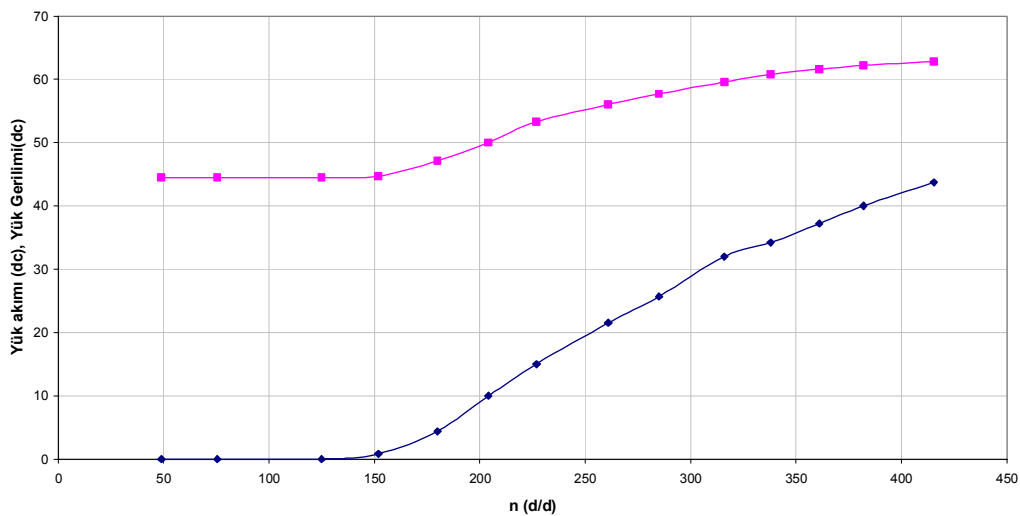
şeklinde bulunabilir.

Tablo 4. Kurulu rüzgar türbininden elde edilecek enerji miktarı (Amount of energy from the established wind turbine)

Rüzgar Hızı V_r (m/s)	Esmeye Süresi h_r (Saat)	Güç P (Watt)	Enerji E (kWh)
3	716	43	30,788
4	855	128	109,440
5	928	263	543,808
6	937	586	549,082
7	1479	692	1 023,468
8	805	1000	805,000
9	694	1395	968,130
10	572	1867	1 067,924
11	453	2420	1 096,26
12	344	2840	976,96
13	252	3000	756,000

Tablo 5. 6m Yükseklikte kurulu rüzgar türbininden (400W) elde edilen enerji miktarı [1](Amount of energy from the established wind turbine at 6 m. height)

Rüzgar Hızı V_r (m/s)	Esmeye Süresi H (Saat)	Güç P (Watt)	Enerji E (kWh)
4	1117	30	33,51
5	1135	60	68,1
6	1057	111	117,327
7	914	300	274,2
8	739	450	332,55
9	561	390	218,79
10	403	280	112,84



Şekil 7. Rüzgar türbininin yüklü çalışma eğrileri (Loaded working curve of the wind turbine)

4. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Yapılan çalışmada, dizayn edilen üç kanatlı rüzgar türbininin mekanik olarak enerji verimi, [1]'de belirtilen sistemle karşılaştırıldığında daha iyidir.

Yine, kule yüksekliği olarak önceki sitemden daha yüksek bir kule yüksekliğine sahip olduğundan elektrik enerji eldesi daha iyidir. Yeterince büyük olmaması ve devirlik sayısının düşük olması elektrik enerjisi eldesini düşürmektedir. Ayrıca güç faktörü açısından değerlendirildiğinde, deneysel sonuçlar doğrultusunda optimum nokta olarak %42 değeri bulunmuştur. Bu değer, [1]'de belirtilen sistem de %34.4'tür.

Buna göre kurulan sistem daha iyi durumdadır. Mekanik enerji verimi olarak oldukça iyi bir sonuçtur. Toplam maliyet açısından bakıldığında elde edilen sonuç, sistemin şebekeyle rekabet edebileceği yönündedir (1kWh=0.0835USD).

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Yapılan çalışmada, dizayn edilen üç kanatlı rüzgar türbininin (C_p) güç faktörü, deneysel sonuçlar doğrultusunda optimum nokta olarak % 42 olarak bulunmuştur. Mekanik enerji verimi olarak oldukça iyi bir sonuçtur. Toplam maliyet açısından bakıldığında elde edilen sonuç, sistemin şebekeyle rekabet edebileceği yönündedir (1kWh=0.0835USD).

Giriş bölümünde de değinildiği gibi ülkemizde alternatif enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisinin kullanımı gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında son derece sınırlıdır. Rüzgar enerji sistemlerinin daha yaygın kullanılması ve mevcut potansiyelin kullanıma geçirilmesi için benzer projelerin desteklenmesi gereklidir. Bu konuda sorumluların çeşitli teşviklerle alternatif enerji kullanımını özendirilmesi gerekmektedir.

Genel olarak rüzgar enerjisi potansiyeli açısından Türkiye şanslı bir ülkedir. Ancak, bu potansiyelin kullanımı açısından ülkemizde sektörün oldukça geri kaldığı görülmektedir. Sektörün canlandırılarak ekonomiye daha fazla katkı sağlaması için mutlaka teşvik edilmeli teknik açıdan standartlar oluşturulmalıdır. Böylece rüzgar enerjisinin tabana yayılarak, yerel yönetimler tarafından da sahiplenilmesi rüzgar enerjisinin geleceği açısından önemlidir.

BAP'ın desteğiyle oluşturulan rüzgar enerji üretim sisteminin, alternatif enerjiler konusunda üniversitemizde yapılacak bilimsel çalışmalara ivme kazandıracığı ve bu gibi sistemlerin daha iyi tanıtılması ve uygulamalı olarak öğretilmesine sağlayacağı katkılarla bu alandaki önemli bir boşluğu dolduracağı öngörülmektedir.

SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

A	Pervanenin süpürme alanı
C_p	Güç faktörü
D_p	Pervane çapı
H	Yükseklik
H_{ref}	Referans yükseklik
h_r	Rüzgar esme süresi
n	Rotor devir sayısı
P	Aktif güç
R	Kanat yarıçapı
V_{ort}	Yıllık ortalama rüzgar hızı
V_r	Rüzgar hızı
V_{ref}	Referans yükseklikteki ortalama rüzgar hızı
μ	Hellmann yükseltme katsayısı
η	Verim
λ	Devirlik katsayısı
ρ	Havanın özkütlesi

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çetin NS., "Küçük Güçlü Bir Rüzgar Türbini Tasarımı ve Elektrik Enerjisi Eldesi" **VI. Türk-Alman Enerji Sempozyumu**, s.83-93, İzmir-2001.
2. Özdamar A., "Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbinlerine Genel Bakış", **Yeksem 2001 kitapçığı**, s.242-254, İzmir-2001.
3. Uzman R, Tanrıku A., "21. yüzyılda Türkiye'nin Enerji Üretiminde Küçük ve Orta Boy Nükleer Enerji Santrallerinin Önemi" **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi – Türkiye 9. Enerji Kongresi**, Cilt II, İstanbul, s.335-345, 2003.
4. DİE, 2006, Enerji İstatistikleri ile İlgili İnternet Sitesi
5. Durak M, Sen Z. "Wind Power Potential in Turkey and Akhisar Case Study", **Renew Energy**, 25:463–72, 2002.
6. Tolun, S, Menteş, S, Aslan, Z, Yükselen, M.A., "The wind energy potential of Gökçeada in the northern Aegean Sea", **Renewable Energy** ,6(7): 679-685, 1995.
7. İncecik, S, Erdoğan, F., "An Investigation of the Wind Power Potential on the Western Coast of Anatolia", **Renewable Energy**, 6(7): 863-865, 1995.
8. Şen, Z, Şahin, A.D., "Regional Assessment of Wind Power in Western Turkey by the Cumulative Semivariogram Method", **Renewable Energy**, 12(2): 169-177, 1997.
9. Türksöy, F., "Investigation of Wind Power Potential at Bozcaada, Turkey", **Renewable Energy** , 6(8): 917-923, 1995.
10. R. Kose, M. A. Ozgur, O. Erbas, A. Tugcu. "The Analysis of Wind Data and Wind Energy Potential in Kutahya Turkey" **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 8(3), p. 277-288, 2004.

11. R. T. Oğulata, "Energy Sector and Wind Energy Potential in Turkey" **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 7(6), p. 469-484, 2003.
12. Vardar, A., B. Eker, "Marmara Bölgesi Rüzgar Potansiyeli", **Enerji Aylık Haber ve Araştırma Dergisi**, Issue:8 s.34-36, 2004.
13. Karsli VM, Gecit C. "An Investigation on Wind Power Potential of Nurdagi-Gaziantep, Turkey." **Renew Energy**, 28(5):823-3, 2003.
14. Kavak Akpınar E, Akpınar S. "An Analysis of the Wind Energy Potential of Elazig, Turkey." **International Journal of Green Energy**, Vol.1(2), 193-207, 2004.
15. Özgener Ö. "A Small Wind Turbine System (SWTS) Application and Its Performance Analysis." **Energy Conversion and Management**, Vol. 47(11-12), p.1326-1337, 2006.
16. Ozdamar, A.; Ozbalta, N.; Akin, A.; Yildirim, E.D. "An Application of A Combined Wind and Solar Energy System in Izmir." **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 9(6), p. 624-637, 2005.
17. Eke R, Kara O, Ulgen K. "Optimization of a Wind/PV Hybrid Power Generation System." **International Journal of Green Energy**, Vol.2(1): 57 – 63, 2005.
18. Çetin, N.S., "Şebeke Bağlantısız PM Generatörlü Rüzgar Türbinlerinin YSA İle Sistem Optimizasyonu" Doktora tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, 2006.