

# YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI AÇISINDAN RÜZGAR ENERJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ KAPASİTESİ

LEVENT YILMAZ

Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi,  
Hidrolik ve Su Yapıları Kürsüsü, 80626, Maslak, İstanbul.

## ÖZET

Rüzgar enerji santrallerinin diğer enerji santrallerine göre avantajları hammadde ihtiyacının olmaması, diğer enerji santrallerine oranla daha hızlı kurulması, temiz bir enerji kaynağı olması ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmasıdır. Ancak bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Gürültü, arazi kullanımı ve rüzgarın sürekliliği olmaması ve çevresel etkileri rüzgar enerjisi santrallerinin önemli dezavantajları arasında yer almaktadır. Özellikle diğer enerji kaynaklarının bitmeye yüz tutmuş olması ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına teşvik etmiştir. Alternatif enerji kaynaklarından, rüzgar enerjisi hem dünyada hem de Türkiye de büyük bir gelişme göstermiştir, yeni rüzgar enerjisi santrallerinin kurulmasına yol açmıştır. Bu sebeple Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi potansiyeli incelenecektir. Sonuçta verimli kullanıldığı takdirde rüzgar enerjisinin Türkiye için hammadde girdisi olmadığı için oldukça iyi bir sonuç vereceği tahmin edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** rüzgar enerjisi, santral, temiz enerji kaynağı

## ABSTRACT

The wind power plants are chosen as Alacati, Gokceada, Datca, Bozcaada and Intepe Regions. The advantages of the wind power plants are that they have renewable energy sources , and the wind energy plants can be established in a very short time which is a clean energy In Turkey, at Marmara Region and Aegean region the wind velocity measurements were taken and as a result, the best places for establishing source. This kind of energy is independent when comparing with the fossil energy sources.

**Keywords:** wind energy power plants, renewable energy

## 1. GİRİŞ

Türkiye'nin toplam rüzgar enerjisi potansiyeli 40 000 ile 80 000 MW düzeyindedir.

Devlet Meteoroloji İşleri istasyonlarının 1970- 1980 dönemi rüzgar verilerinin değerlendirilme sonuçlarına göre, Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgar hızının on metre yükseklikte 2.54 m/s ve rüzgar gücü yoğunluğunun 24 W/m<sup>2</sup> olduğu belirlenmiştir.

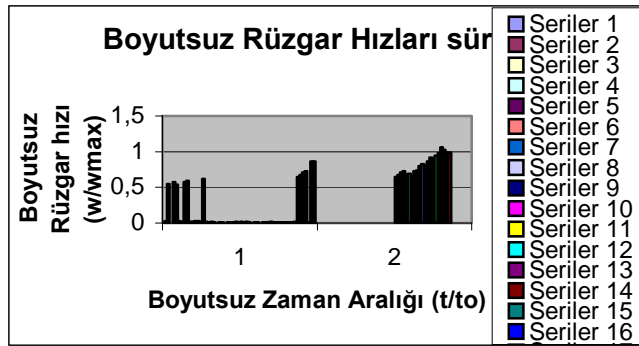
Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli bölgelere göre değerlendirildiğinde, Marmara ve

Güneydoğu Anadolu bölgelerinin rüzgar gücü yoğunluğu bakımından diğer bölgelere göre daha zengin olduğu görülmektedir.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça iyi durumdadır. 1961 yılında yapılan bir araştırmaya göre dokuz ile yayılmış olarak 718 tane su çıkarma amaçlı ve 41 tane elektrik üreten rüzgar türbini tespit edilmiştir (Tablo.1) (Kızıltug, 2002).

**Tablo. 1** Rüzgar enerjisi potansiyelinin Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerine göre dağılımı (Kızıltug, 2002)

Bölge İsmi	Ortalama Rüzgar Enerjisi Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)
Akdeniz	21.36	2.45
İç Anadolu	20.14	2.46
Ege	23.47	2.65
Karadeniz	21.31	2.38
Doğu Anadolu	13.19	2.12
Güney Doğu Anadolu	29.33	2.69
Marmara	51.91	3.29



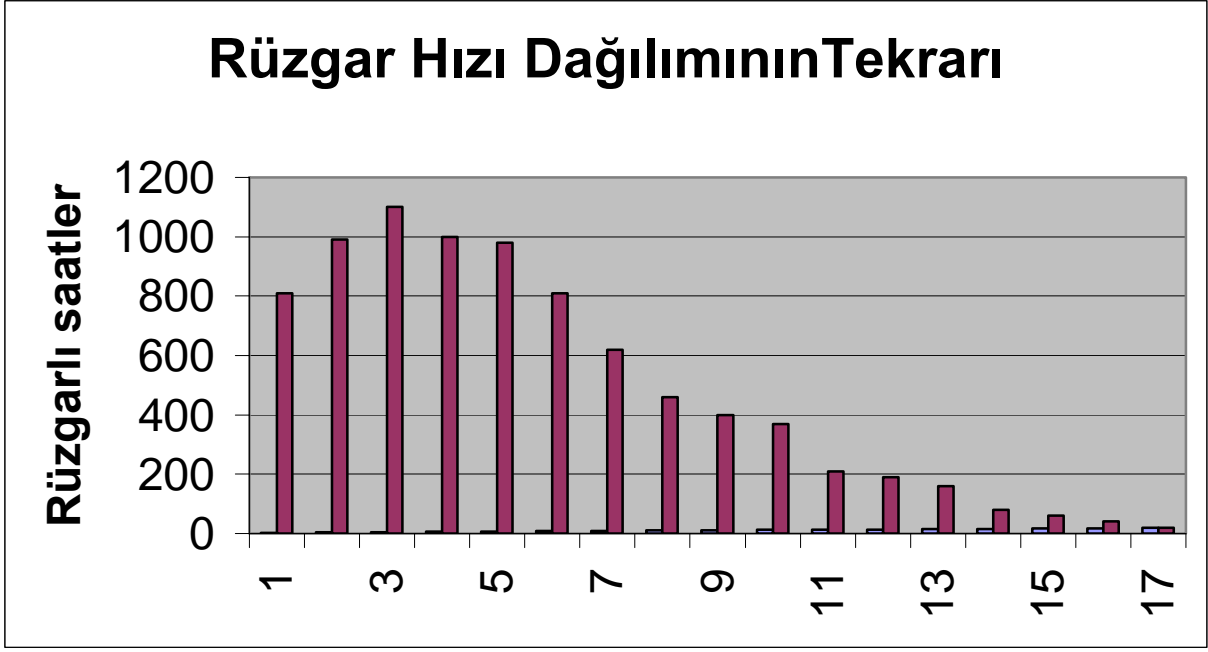
**Şekil.1** . Boyutsuz Rüzgar Hızı Süreleri

**Tablo. 2** Rüzgar enerjisi açısından en zengin bölgeler (Kızıltug, 2002)

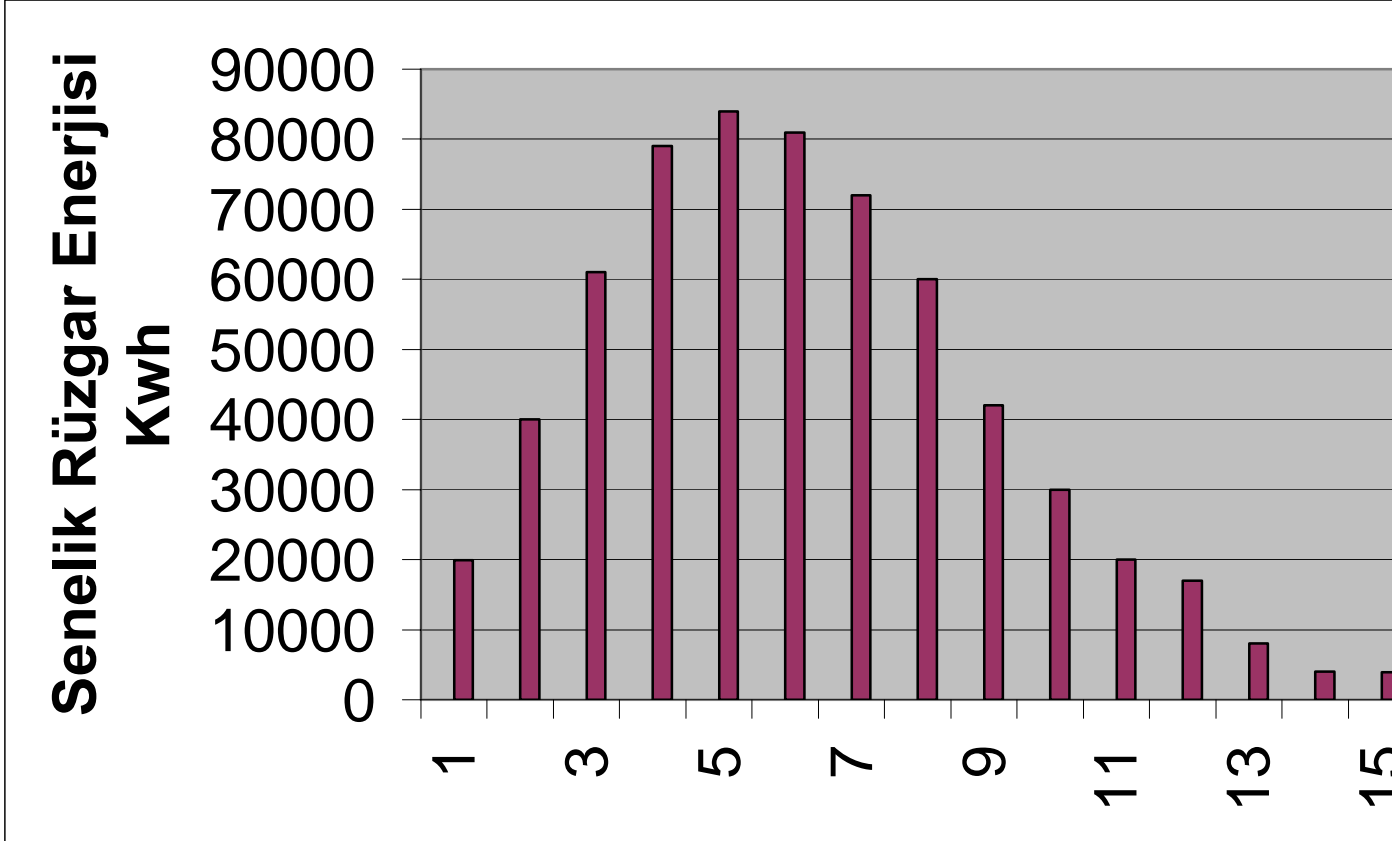
İstasyon İsmi	Ortalama Rüzgar Enerjisi Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)
Bandırma	152.6	5.1
Antakya	108.9	4.5
Kumköy	82	4.1
Mardin	81.4	4.1
Sinop	77.9	4.1
Gökçeada	74.5	4
Çorlu	72.3	4
Çanakkale	71.2	3.9

**Tablo.3** Türkiye'deki son duruma göre Rüzgar Enerjisi Santralleri (Kızıltuğ, 2002)

<b>Faaliyette bulunan Rüzgar Enerjisi Santralleri</b>		
Proje İsmi	Bölge	Güç(MW)
Çeşme Alaçati Rüzgar Enerji Santrali	Izmir	7.2
<b>İzin Bekleyen Tesisler</b>		
Kocadağ	Izmir Çeşme Konağı	50.4
Çanakkale	Çanakkale	30
Bozcaada	Çanakkale	10.2
<b>Müteahhitlik için Bekleyen Tesisler</b>		
Mazıdağı	İzmir Çeşme Alaçati	39
<b>Fizibilite Raporu için Bekleyenler</b>		
Datça	Muğla Datça	28.8
Datça (II)	Muğla Datça	12.5
Yalıkavak	Muğla Datça	7.92
Intepe	Çanakkale Intepe	30
Intepe (II)	Çanakkale Intepe	13.2
Akhisar (I)	Manisa Akhisar	12
Akhisar (II)	Manisa Akhisar	30
Bandırma	Balıkesir Bandırma	15
Beyoba	Manisa Akhisar	7.92
Çeşme	Izmir Çeşme	12
Karaburun	Izmir Karaburun	22.5
Gökçeada	Çanakkale Gökçeada	1.62



Şekil. 2. Rüzgar Hızı Dağılımının Oluşumu (Weibull-Probability Distribution)



Şekil. 3 Rüzgar Enerjisi Dağılımı (Kızıltug, 2002)

**Tablo. 4** Türkiye’de yeni Rüzgar Enerjisi Santrallerinin tesis aşamasında olanları  
(Kızıltug, 2002)

Proje İsmi	Projenin Bulunduğu Bölge	Kurulu Gücü
Cesme Alacati	Izmir – Cesme Alacati	7.2 MW
Kocadag	Izmir- Cesme Kocadag	50.4 MW
Canakkale	Canakkale	30 MW
Bozcaada	Canakkale - Bozcaada	10.2 MW
Mazidagi	Izmir – Cesme Alacati	39 MW
Intepe	Canakkale - Intepe	30 MW
Datca	Datca - Muğla	28.8 MW
Datca	Mugla - Datca	12.54 MW
Yalikavak	Mugla Bodrum - Yalikavak	7.92 MW
Cesme	Izmir - Cesme	12 MW
Akhisar	Manisa - Akhisar	12 MW
Akhisar	Manisa - Akhisar	30 MW
Beyoba	Manisa – Akhisar (Beyoba)	7.92 MW
Karaburun	Izmir - Karaburun	22.5 MW
Haciomerli	Izmir - Haciomerli	45 MW
Kocadag	Izmir – Cesme KOCADAG	26.25 MW
Gokceada	Canakkale - Gokceada	5 MW
Yaylakoy	Izmir - Karaburun	15 MW
Lapseki	Canakkale - Lapseki	15 MW
Senkoy	Hatay – Senkoy	12 MW
Belen	Belen - Hatay	20 – 30 MW
Kumkale	Canakkale - Kumkale	12.6 MW
Mazidagi - 2	Izmir – Cesme	90 MW
Mazidagi - 3	Izmir – Cesme	39.6 MW
Kapidagi	Erdek - Balikesir	20 – 35 MW
Karabiga	Karabiga - Canakkale	15 – 50 MW
Yenice Belen	Yenice – Belen Karaburun	70 – 100 MW
Zeytinbağ	Bursa - Zeytinbag	30 – 60 MW
Cesme	Cesme	18 – 25.5 MW
Tastepe	Tastepe - Bandirma	37.8 MW
Kocaali	Tekirdag – Sarkoy	31.2 MW
Topdag	Sinop	33 MW
Pasalimani	Kapidagi - Marmara	9 MW
Seyitali	Aliaga	51 MW
Guzelyer	Cesme	50.4 MW
Yenisakran	Aliaga - Bahcedere	54 MW
Ekinli	Karacabey - Bandirma	39.6 MW

## 2. METOD

9 Eylül 1999 tarihinde Türkiye’de Rüzgar Enerji Santralleri ile ilgili YID Modeli yarışması ile 55 ayrı proje ortaya atılmış ve bunların tesisi ile Türkiye’de rüzgar enerjisi santrallerinin

kapasitesi 1700 MW civarına çıkacaktır. Ayrıca rüzgar enerjisi santrallerinde herhangi bir kirlilik emisyonu olmadığı için gelecekte temiz enerji açısından ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından bu enerji kaynağı önemli bir yere sahip olacaktır.

**Tablo . 5** *Türkiye’deki Rüzgar enerjisi Proje kaynakları açısından mümkün olabilecek Sonuçlar (YEKAB)*

Sene	Tesis Kapasitesi	
2000	400 MW	
2003	1400 MW	
2005	5000 MW	
2010	10. 000 MW	
2020	20. 000 MW	

Rüzgar enerjisi türbinleri ve buna bağlı olan enerji kuleleri bugünlerde Türkiye’de Türk Firmaları tarafından inşa edilebilmektedirler. Tesislerin verimliliği fizibilite raporları ile belirlenerek, inşaat ve taahhüt işlerine girilmektedirler.

**Tablo. 6** *Türkiye’de rüzgar enerjisi ile ilgili çalışan grupların hedefleri*

Yıl	Tesis Gücü	YEKAB- HEDEFİ
2000	8000 MW	--
2003	1400 MW	28 000
2005	5000 MW	100 000
2010	10000 MW	200 000
2020	20000 MW	400 000

**Tablo. 7** *Toplam kurulu güç açısından Türkiye’deki farklı rüzgar enerji kapasitesi açısından Gelecekteki güç artışının kıyaslanması*

Sene	Kurulu Güç	Toplam enerji kapasitesi içindeki oranları
2000	30 000 (MW)	% 1.33
2010	65 000 (MW)	% 15.38
2020	110 000 (MW)	% 18.18

Ülkemizde 1984 yılında kurulmuş olan 55 kW kapasiteli bir rüzgar türbini Çeşme’de turistik bir tesisin elektrik enerjisi ihtiyacının %5’ini karşılamaktadır. Ticari amaçlı ilk rüzgar santrali

olan Alaçatı'nın Germiyen Köyü'nde kurulmuş otoprodüktör statüsündeki 1.75 MW kurulu gücündeki santral, yılda yaklaşık 5.000.000 kWh enerji üreterek çevre bölgede yaşayan beş bin kişinin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca 7.2 MW kapasiteli Alaçatı Rüzgar Santrali 1998 yılında üretime başlamıştır. Bunların yanı sıra, Bodrum Belediyesi ve Çanakkale İntepe Belediyesi kendi elektrik ihtiyaçlarını rüzgar enerjisinden karşılamak için girişimlere başlamışlardır. Bodrum Yarımadası'nın 1998 yılı tüm elektrik enerji ihtiyacını 100 adet rüzgar türbini ile karşılamak mümkündür. Çeşitli firmalar da rüzgar hızının fazla olduğu yerlerde, enterkonnekte sisteme bağlı rüzgar enerjisi projelerinin ön fizibilite çalışmalarına devam etmektedir.

Enerjinin mümkün olduğu kadar verimli bir şekilde dönüştürülmesi için, kanatların, rotorun süpürme alanından geçen rüzgarla mümkün olduğu kadar fazla etkileşmeleri gerekir. Katılığı yüksek, çok kanatlı bir rüzgar türbininin kanatlarının rüzgarla etkileşimleri, çok düşük tip hız oranlarında olurken, katılığı düşük rüzgar türbinlerinin kanatları, süpürme alanını tamamen doldurmak için daha fazla hareket olanağına sahiptirler ve böylece aralarından geçen rüzgarla daha fazla etkileşirler. Tip hız oranının düşük olması demek, rüzgarın bir kısmının rotor süpürme alanından, kanatlarla etkileşmeden geçmesi demektir. Tip hız oranının yüksek olması halinde ise türbin, rüzgara fazla direnç gösterecek ve rüzgarın bir kısmı türbinin çevresinden geçecektir.

### **3.RÜZGAR HIZI DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

Rüzgar hızı dağılımı poisson dağılımına göre irdelenmiştir:

Poisson Dağılımı aşağıdaki bazı özelliklere sahiptirler:

1. Belli bir zaman aralığında meydana gelen olaylar, diğer başka zaman aralıklarında meydana gelen olaylardan bağımsızdırlar.
2. Birden fazla olayın meydana gelme olasılığı çok küçük zaman aralığında ise bu ihmal

edilebilir.

### Poisson Dağılımı:

Olasılık Dağılımı Poisson rastgele değişkeni X için, belli bir zaman aralığında veya belli bir özel bölge için şu şekilde verilmiştir:

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

burada  $\mu$  olan olayların ortalama bir sayısı olup, Tablo. 1 e göre ortalama rüzgar hızı Akdeniz Bölgesi için senelik olarak belli bir istasyonda 2.5 m/s olmaktadır. Şayet Poisson dağılımı uygulanacak olursa Poisson olasılık dağılımına göre  $x = 5$  m/s rüzgar hızı bir yıllık gözlem istasyonu için Poisson Olasılık Toplamı Tablosundan bu bölge için yıllık yukarıdaki değerlerde rüzgar esme olasılığı şöyle bulunmuştur: ( Walpole and Myers, 1985 )

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.5} 2.5^5}{5!} \quad (2)$$
$$p(5, 2.5) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.5) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.5) = 0.9580 - 0.8912 = 0.0668$$

İç Anadolu için ise bu değer

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.46} 2.46^5}{5!} \quad (3)$$
$$p(5, 2.46) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.46) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.46) = 0.06573$$

şeklinde bulunmuştur.

Ege Bölgesi için yapılan çalışmada bu olasılık değeri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.65} 2.65^5}{5!} \quad (4)$$
$$p(5, 2.65) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.65) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.65) = 0.07023$$

Karadeniz Bölgesinde ise bu değer



$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.38} 2.38^5}{5!} \quad (5)$$

$$p(5, 2.38) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.38) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.38) = 0.06359$$

şeklindedir.

Doğu Anadolu Bölgesinde ise  $x = 5$  m/s lik ortalama rüzgar hızının esme olasılığı Poisson

Dağılımına göre şöyle bulunmuştur:

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.12} 2.12^5}{5!} \quad (6)$$

$$p(5, 2.12) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.12) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.12) = 0.9834 - 0.9473 = 0.0361$$

Aynı olasılık Güney Doğu Anadolu Bölgesi için

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-2.69} 2.69^5}{5!} \quad (7)$$

$$p(5, 2.69) = \sum_{x=0}^5 p(x, 2.69) - \sum_{x=0}^4 p(x, 2.69) = 0.07187$$

değerinde bulunmuştur.

Marmara Bölgesi için ise bu olasılık değeri

$$p(x, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!} = \frac{e^{-3.29} 3.29^5}{5!} \quad (8)$$

$$p(5, 3.29) = \sum_{x=0}^5 p(x, 3.29) - \sum_{x=0}^4 p(x, 3.29) = 0.1008$$

şeklinde bulunmuştur.

Sonuçlara göre en fazla rüzgar enerjisi açısından olasılık Marmara Bölgesinde gelecek vaat ettiği görülebilir.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan fizibilite çalışmaları, Türkiye'nin özellikle Marmara ve Ege Bölgelerinin rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri için uygun olduğunu göstermiştir. Elektrik sarfiyatının en yüksek

olduğu bölgelerin Marmara ve Ege olduğu göz önüne alınırsa buralara kurulacak olan rüzgar , enerjisi dönüşüm sistemleri ile elektriğin iletimi sırasında ortaya çıkacak kayıpların da azalacağı açıktır. Ayrıca, yapılan son kanuni düzenlemelerle özel şirketlerin kuracağı rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerinin ulusal şebekeye vereceği elektrik enerjisini satması veya verdiği elektrik enerjisi kadarını kullanması gündeme gelmiştir.

## **5. REFERANSLAR**

Denno, K., Engineering Economics of Alternative Energy Sources, CRC Press Inc., 1990

Heier, S., Grid Integration of Wind Energy Sources, CRC Press Inc. 1990

Mukund, R. P., Wind and solar power systems, 1999 .

Kıziltug, M., Wind Energy, The Graduation Thesis at the Technical University of Istanbul, Turkey, 2002, pp . 1-70, Istanbul, Turkey

Ramakumar, R., Storage Options for Hanning Wind Energy, 74 – 83, November 1983.

Walker, J. F., Wind energy technology, 1997

Walpole, R. E., and R. H. Myers., Probability and Statistics for Engineers and Scientists, MacMillan Publishing Company, New York, 1985

Wilson, R. E., Electrical Energy from the Wind, pp. 60-69, January 1984.

