



Süleyman Demirel Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Santrali Projesi

Ufuk ELİBÜYÜK*, Ali Kemal YAKUT^a, İbrahim ÜÇGÜL^b

^aEnerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

^bTekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-posta adresi: ufukeyk@gmail.com

ÖZET

Fosil yakıtların çevreye verdikleri zararların çok olması ve özellikle de tükenecek olmaları, insanları yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının belirli bir ömrü yoktur, yani belirli sürelerde kendini yenileyen enerji kaynaklarıdır ve bu enerji kaynakları insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilemezler. Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir bölümü güneşten gelen enerjinin form değiştirmesinden meydana gelmektedir. Dünya'nın çeşitli hareketlerinden ve güneş çevresindeki konumundan dolayı çeşitli yeryüzü olayları gerçekleşmektedir. Bunlardan biri de rüzgârdır ve rüzgârdan enerji, rüzgâr türbinleri yardımıyla elde edilir.

Bu çalışmada rüzgâr enerjisi oluşumundan, Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyelinden, günümüzde Türkiye'nin rüzgâr enerjisini kullanım durumundan bahsedilecek ve Süleyman Demirel Üniversitesi Rüzgâr Enerji Santrali için seçilen yer için rüzgâr hızları ve rüzgâr enerjisi hesaplamaları verilerek, Süleyman Demirel Üniversitesi kurulması planlanan santralin maliyeti ve amortismanı hesaplanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr, Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Enerjisinin Durumu, Rüzgâr Hesapları, SDÜ Rüzgâr Enerjisi Santrali

Wind Power Plant Project to Suleyman Demirel University

ABSTRACT:

Fossil fuels a lot of damage they cause to the environment and are particularly, will run out, people have turned to using renewable energy sources. There is a certain life of renewable energy sources, which are self-renewing source of energy at certain times and permanently exhausted by people that energy sources. A large proportion of renewable energy sources consist of changing the form of the sun. Various world events because of the various movements around the world and because of the location of the sun take place. One of them is also obtained with the help of winds and wind energy, wind turbines.

In this study, the occurrence of wind energy, the wind energy potential in Turkey, today referred the case of the use of wind energy in Turkey. Suleyman Demirel University Wind given wind speed and wind energy calculations for the selected location for the power plant, Suleyman Demirel University, the cost of the plant is planned to be established and depreciation will be calculated.

Keywords: Wind, Wind Energy, Wind Status of Energy, Wind Accounts, SDU Wind Power Plan

1. GİRİŞ

Günümüzde, teknolojisi ve kullanımı en hızlı gelişme gösteren ve ekonomisi de konvansiyonel enerji kaynakları ile rekabet edebilir hale gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri rüzgâr enerjisidir [1].

Rüzgâr; dünyanın eğriliği, dönme eksenin eğimi, dünya yüzeyinin homojen olmayan yapısı nedeni ile yeryüzünün ısınması ve soğuması sonucu ortaya çıkan basınç farklılıkları ile oluşan hava hareketidir. Rüzgâr enerjisi, hava kütlelerinin farklı ısılanları ile karşılaşmasından oluşur. Rüzgâr türbinleri bu rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Rüzgâr enerjisi; çevreye zararlı gaz emisyonu yaymadığından, dışa bağımlılığı azalttığından, yerli ve her zaman kullanılabilen enerji türü olduğundan tercih edilmektedir. Ancak rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması, yatırım ve bağlantı maliyetlerinin yüksek olması vb. etkenler ise dezavantajlarıdır [2].

Rüzgâr gücünden yararlanmanın tarihi oldukça eski dönemlere aittir. M.Ö. 2000 yıllarında Eski Mısır'da, İran'da, Çin'de ve Japonya'da icat edilen yel değirmenlerinin tahıl öğütme işinde başarıyla kullanıldığı bilinmektedir. İnsanoğlu rüzgârı, öncelikle deniz ulaşımında, yelkenli gemilerde ve yoğun olarak MS. 12 yy' da yaygınlaşan yel değirmenlerinde enerji kaynağı olarak

kullanmaya başlamıştır. Yel değirmenler uzun süre tarım ürünlerinin öğütülmesinde kullanılmıştır. Avrupa'nın Ortaçağ karanlığından sıyrılıp, ekonomik kalkınma süreci içine girmesinde önemli bir katkı olduğu düşünülen, Romalıların terk ettikleri madenlerin yeniden işletilmeye açılması, yel değirmenleri vasıtasıyla, rüzgâr gücünün kullanılarak bu maden galerilerinin diplerinde biriken suların boşaltılması ile mümkün olmuştur. 19. yy'in sonlarında ve 20. yy'de yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek, elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır [3].

Rüzgâr türbinleri esas itibarıyla yatay ve düşey eksenli olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar. Hesaba dayalı olarak yapılan ilk yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin tasarımı 1930'lu yıllarda Betz tarafından yapılmıştır. Bu rüzgâr türbinlerinin teorik verimi % 59 olup literatürde Betz limiti olarak tanınır. Modern düşey eksenli rüzgâr türbinleri üzerindeki ilk çalışmalar Savonius ve Darrieus tarafından yapılmıştır. Daha sonra düşey eksenli bu iki rüzgâr türbinin üstünlükleri ve sakıncaları göz önünde bulundurularak birleşik Savonius-Darrieus rüzgâr türbinleri geliştirilmiştir. Bu iki sınıftaki yatay ve düşey eksenli rüzgâr türbinlerinin yapısal özellikleri de göz

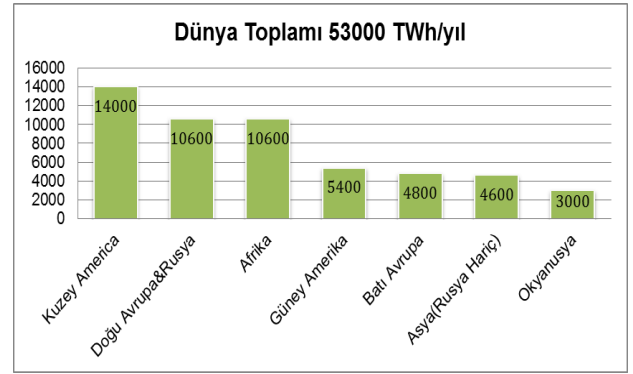
önünde bulundurularak çeşitli alt sınıflara ayrılabilir [4].

Bu çalışmada Türkiye’deki ve Dünya’daki rüzgâr enerjisi potansiyelinden, Türkiye rüzgâr enerjisinin mevcut durumundan ve senelere göre gösterdiği artıştan, rüzgâr enerjisi hesaplamalarından ve bu hesaplamalar ışında Süleyman Demirel Üniversitesi sınırlarında seçilen konum için tercih edilen rüzgâr türbinin üreteceği rüzgâr enerjisi üretimi hesaplanmıştır ve bu tercih edilen rüzgar türbinin maliyeti ve amortisman hesabı yapılmıştır.

2. DÜNYA’DAKİ VE TÜRKİYE’DEKİ RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE DURUMU

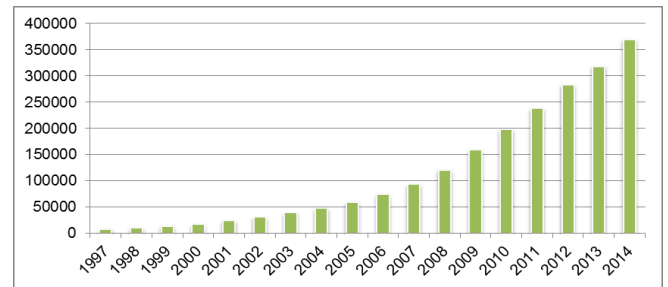
A. DÜNYA’DAKİ RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE DURUMU

Grubb ve Meyer tarafından yapılan ve “IEA – Word Energy” tarafından yayınlanmış çalışmada, 5,1 m/sn üzerinde rüzgâr kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile % 4 ’ün kullanılacağı esasına dayalı çalışmada, Dünya Potansiyeli 53.000 TWh / yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değerın Dünyadaki dağılımı, Şekil 1 ‘de verilmektedir [5].

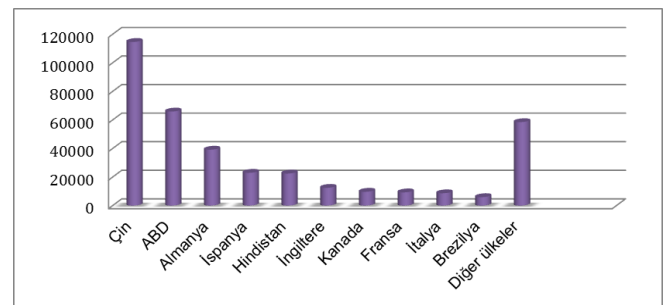


Şekil 1. Dünyanın Teknik Rüzgâr Potansiyeli Dağılımı [5]

Küresel rüzgâr enerji konseyi (GWEC) tarafından yayınlanan istatistiklere göre rüzgâr enerjisi son beş yıl içinde 200.000 MW artış ile toplam 318.137 MW kümülatif küresel kapasiteye ulaşmıştır. Bunun yanında Avrupa ve Amerika’daki mütevazı büyümeye karşı Kanada ve Çin’deki büyüme sonunda, 2013 yılını sonunda en fazla rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi Çin’dedir [6].



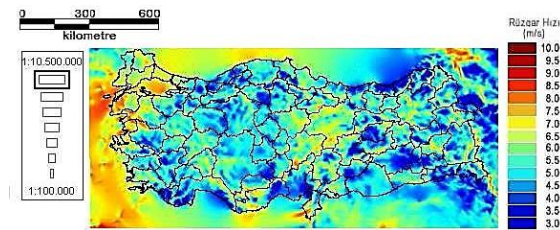
Şekil 2. 1997-2013 Yılları Arası Dünya Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi [6]



Şekil 3. 2014 Yılı Dünya’da Bazı Ülkelerin Rüzgâr Kapasitesi (MW) [6]

B. TÜRKİYE'DEKİ RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE DURUMU

Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyel atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2006 yılında üretilmiştir. Bu atlasla verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir altyapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değer alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları, kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur [7]. Türkiye geneli 50 m yükseklikte ortalama rüzgâr hız dağılımı şekil 4'de verilmiştir [8].



Şekil 4. Türkiye'nin 50 m Yükseklikte Rüzgâr Hızı

[9]

Türkiye rüzgâr potansiyeli tablo 1 ve tablo 2'de özetlenmiştir. MGM tarafından yapılan rüzgâr hız ölçümlerine göre 6,5 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızları değerlendirildiğinde, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 131756,40 MW; rüzgâr hızının 6,5-7,0 m/s olduğu yerlerdeki rüzgâr potansiyeli ihmal edilip rüzgâr hızının 7,0 m/s'nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında, Türkiye kara rüzgâr potansiyeli 48000 MW olarak belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr hızının 6,5 m/s'nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli 17393,20 MW olarak tespit edilmiştir. Deniz üstüne kurulan rüzgâr enerji santrallerinin maliyeti, karaya kurulanlara göre daha yüksek olduğundan öncelikle kara rüzgâr potansiyelinin değerlendirilmesi ülkemiz açısından olumlu bir strateji olarak değerlendirilmektedir [8].

Tablo 1. Türkiye Toplam Kara Rüzgâr Enerjisi
Potansiyeli – 50 m [10]

Rüzgâr Sınıfı	Rüzgâr gücü (W/m ²)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Toplam potansiyel (MW)
3	300-400	6,5 – 7,0	83.906,96
4	400-500	7,0 – 7,5	29.259,36
5	500-600	7,5 – 8,0	12.994,32
6	600-800	8,0 – 9,0	5.399,92
7	>800	> 9,0	195,84
		Toplam	131.756,40

Tablo 2. 50 m Yükseklikte Türkiye Deniz Rüzgâr Potansiyeli [8]

Rüzgâr Hızı(m/s)	Toplam Potansiyel (MW)
6,5 – 7,0	6929,92
7,0 – 7,5	5133,20
7,5 – 8,0	3444,80
8,0 – 9,0	1742,56
> 9,0	142,72
Toplam	17393,20

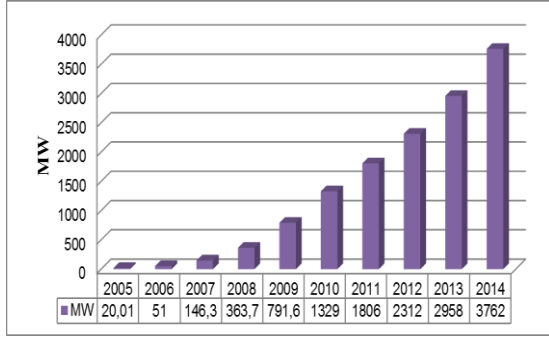
Türkiye rüzgâr atlasına göre Türkiye geniş anlamda yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi kaynağına sahiptir. Türkiye'nin en çok rüzgâr alan bölgeleri Türkiye rüzgâr atlasına göre ve tablo 3'de görüldüğü gibi Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi ve sahilleri ile Güney Doğu Anadolu Bölgesidir. Marmara Bölgesinde yıllık ortalama rüzgâr hızı 3,29 m/s ve yıllık ortalama rüzgâr yoğunluğu 51,91 W/m² olarak ölçülmüştür. Bunu yıllık ortalama 2,69 m/s rüzgâr hızı ve 29,33 W/m² ortalama rüzgâr yoğunluğu ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi takip etmektedir [11].

Tablo 3. Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli [11]

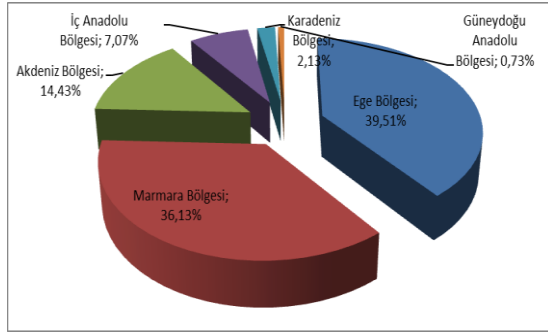
Bölge	Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Yıllık Ortalama Rüzgâr Yoğunluğu (W/m ²)
Marmara Bölgesi	3,29	51,91
Ege Bölgesi	2,65	23,47
Akdeniz Bölgesi	2,45	21,36
İç Anadolu Bölgesi	2,46	20,14
Karadeniz Bölgesi	2,38	21,31
Doğu Anadolu Bölgesi	2,12	13,19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2,69	29,33
Ortalama	2,58	25,82

Türkiye'deki rüzgâr enerjisinin mevcut durumuna bakacak olursak; Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücünün %5,5'ini (3933,5 MW) rüzgâr enerjisi oluşturmaktadır. Bu karşılık Türkiye elektrik üretiminin %4,3'ü (4471,841 kWh) rüzgâr enerjisinden sağlanmaktadır [12].

Türkiye'de rüzgâr enerjisi mevcut santral kurulu gücü 2005 yılında 20,01 MW iken, 2014 yılı sonunda 3762,10 MW olmuştur (Şekil 5). Bu rüzgâr enerji santrallerinin %39,51'i Ege Bölgesi'nde, %36,13'ü Marmara Bölgesi'nde, %14,43'ü de Akdeniz Bölgesi'nde kurulmuştur (Şekil 6). 2014 yılı sonunda işletmedeki rüzgâr enerji santralleri ekte verilmiştir [13,14].



Şekil 5. Ülkemizde Yıllara Bağlı Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç (MW) [14]



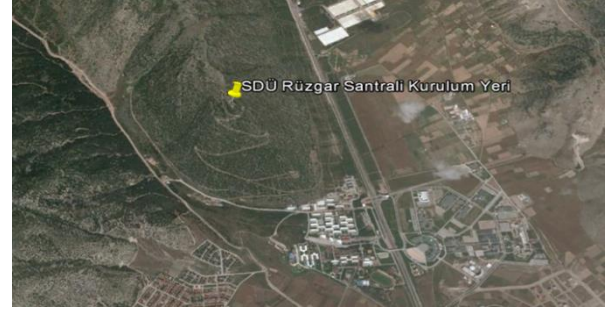
Şekil 6. İşletmedeki Res'lerin Bölgelere Göre Dağılımı [13]

3. SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ RÜZGÂR ENERJİSİ SANTRALİ

Rüzgâr santrali kurulurken, göz önünde bulundurulması gereken faktörler; arazinin engebeliği, rüzgâr engelleri, park etkisi, tünel etkisi ve tepe etkisidir. Rüzgâr türbini yerleşiminde en yaygın yol, türbinin tepe üstüne yerleştirilmedir. Tepelerde rüzgâr hızı yere göre daha yüksektir.

Rüzgârın hâkim yönünde geniş alanlar buldurması, tünel ve park etkisinin olmaması, tepe yerleşiminin uygunluğu ve trafo merkezine olan yakınlığından dolayı Süleyman Demirel Üniversitesi'ne kurulması planlanan rüzgâr türbini 37°50'31,22'' kuzey, 30°31'03,63'' doğu

koordinatlarında, 1340 metre rakımda bulunan ve üniversitenin merkez yerleşkesinin güneybatısında yer alan ve “Söbü Tepesi” olarak adlandırılan yer uygun görülmüştür. Şekil 7’de seçilen yerin uydu fotoğrafları yer almaktadır.



Şekil 7. SDÜ Rüzgâr Santrali Kurulum Yeri
Seçilen yer için çeşitli yüksekliklerdeki ortalama rüzgâr hızları NASA verilerinden yararlanılarak Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Ortalama Rüzgâr Hızları (m/s) (NASA)

	50 m'deki rüzgâr hızları	100 m'deki rüzgâr hızları
Ocak	5,60	7,75
Şubat	6,86	9,50
Mart	6,13	8,49
Nisan	5,30	7,34
Mayıs	4,47	6,19
Haziran	4,65	6,44
Temmuz	4,88	6,75
Ağustos	4,54	6,28
Eylül	4,62	6,39
Ekim	5,91	8,18
Kasım	5,27	7,29
Aralık	5,48	7,59
ORTALAMA	5,30	7,34

Seçilen konum için rüzgâr enerjisi hesabı yapılarak yerin enerji potansiyeli bulunmak istenirse;

$$\text{Havanın yoğunluğu } (\rho) = 1,225 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Betz Limit} = 0,5926$$

$$\text{Rotor dönüş verimi } (\eta_R) = 0,75$$

$$\text{Türbin verimi } (\eta_T) = \%47 \text{ olarak alınmıştır.}$$

Birim alandan geçen rüzgâr enerjisi için bulunmuş enerji;

$$\text{Ocak ayı için rüzgâr hızları } (100 \text{ m}) = 7,75 \text{ m/s}$$

$$\frac{T}{A} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot \text{Bl} \cdot \eta_R \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{T}{A} = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot (7,75)^3 \cdot 0,5926 \cdot 0,75 \cdot 0,47$$

$$= 59,556 \text{ watt/m}^2$$

$$\frac{T}{A} = (59,556) \cdot (31) \cdot (24)$$

$$= 44309,664 \text{ watt h/m}^2$$

Bulunmuştur. Ocak ayı için yapılan bu işlemler diğer aylar içinde yapılarak, ay bazında birim alandan geçen enerji miktarları elde edilmiştir. Bu elde edilen enerji miktarlarını belirli hale getirebilmek için rotor çapı 100 m olan 2,5 MW sınıfından bir rüzgâr türbini seçilmiştir. 100 m için birim alandan geçen enerji miktarı ve seçilen rüzgâr türbinin ürettiği elektrik enerjisi üretimi Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. 100 m için Birim Alandan Geçen Enerji Miktarı ve Elde Edilen Elektrik Enerjisi

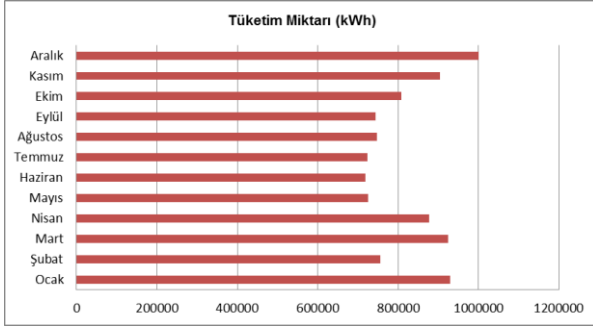
AYLAR	watt /m ²	watt h/ m ² (ay)	kW	kWh (ay)
Ocak	59,556	44309,664	378,878	348007,2873
Şubat	109,697	73716,384	697,862	578967,1261
Mart	78,297	58252,968	498,103	457517,7408
Nisan	50,595	36428,400	321,871	286107,9846
Mayıs	30,345	22576,680	193,046	177316,8301
Haziran	34,173	24604,560	217,399	193243,7624
Temmuz	39,349	29275,656	250,327	229930,4645
Ağustos	31,688	23575,872	201,590	185164,4657
Eylül	33,383	24035,760	212,373	188776,4176
Ekim	70,030	52102,320	445,511	409210,6644
Kasım	49,568	35668,960	315,337	280143,3567
Aralık	55,943	41621,592	355,893	326895,2191
Ortalama	53,552	38847,401	340,683	305106,7740
TOPLAM				3661281,319

Seçilecek türbinlerin kapasite faktörü (%35) de göz önüne alınacak olursa 100 m için yıllık elde edilecek elektrik enerjisi 1281448,462 kWh olmaktadır.

A. GEREKLİ TÜRBİN SAYISININ BULUNMASI

Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkeleri alanında, eğitim binaları, yurtlar, dinlenme tesisleri gibi yeni yapıların artması, bunlarla orantılı olarak öğrenci ve personel sayısının artması nedenlerinden dolayı elektrik enerji ihtiyacı sürekli artış göstermektedir. Süleyman Demirel Üniversitesi’nde yapılması planlanan rüzgâr enerji santralinin merkez yerleşkede olmasından dolayı yapılan çalışmada, 2014 yılına ait elektrik enerji tüketim miktarları veri

alınarak, elektrik enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Şekil 8’de Süleyman Demirel Üniversitesi’nin 2014 yılı elektrik enerjisi tüketim miktarları verilmiştir.



Şekil 8. Süleyman Demirel Üniversitesi 2014 yılı
Batı – Doğu Yerleşkesi Elektrik Enerjisi Tüketimi

Rüzgâr türbin sayısı, ihtiyaç duyulan elektrik enerji miktarı ile türbinin ürettiği enerji miktarına oranı ile bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan veriler yıllık olduğu için yıllık enerji miktarları dikkate alınmıştır. Buna göre türbin sayısı;

Türbin Sayısı

$$= \frac{\text{İhtiyaç Duyulan Yıllık Enerji Miktarı (kWh)}}{\text{Bir Türbinden Elde Edilen Yıllık Enerji Miktarı (kWh)}} \dots \dots \dots (2)$$

formülü ile gösterilmektedir.

Türbin sayıları, ihtiyaç olan elektrik enerjisine az üretim miktarı olduğu durumda ve ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinden fazla enerji üretimi olduğu durumlarda hesaplanmaktadır. Tablo 6’da ihtiyaç duyulan elektrik enerji durumunda kullanılabilir türbin sayısı verilmiştir.

Tablo 6. Kullanılabilir Türbin Sayısı

İhtiyaç Olan Enerji Miktarı (kWh/yıl)	10947764,26
Yıllık Üretim Miktarı (kWh/yıl)	3661281,3190
Kullanılabilir Türbin Sayısı (Adet)	3
Üretilen Enerji Miktarı (kWh/yıl)	10983843,96
Fazla Enerji Miktarı (kWh/yıl)	36079,697
Karşılama Oranı (%)	100,32

B. TÜRBİN MALİYET ANALİZİ

Sistemlerin maliyet analizleri yapılırken, rüzgâr enerji sisteminin yıllık ürettiği enerji miktarı ve meskenlerin kullandığı elektrik enerjisi birim fiyatı dikkate alınmıştır. Rüzgâr türbinlerinin yıllık getirisini; yıllık ürettiği enerji miktarı ile meskenlerin kullandığı elektrik enerjisi birim fiyatıyla çarpımı oluşturmaktadır.

Bir türbinin yatırım maliyeti; toplam sistem maliyeti ile toplam tesis maliyelerinin toplamını oluşturmaktadır [15].

$$(YM) = (TTM) + (TSM) \dots \dots \dots (3)$$

denklemi ile türbinlerin yatırım maliyetleri bulunmaktadır. Türbinlerin kullanım ömürleri teknik özelliklerinde belirtildiği üzere 20 – 25 sene arasındadır. Hesaplamalarda ise türbin ömrü olarak 20 yıl kullanılmıştır. Denklem 4 ile bakım-

onarım maliyeti ve Denklem 5 ile de hurda maliyeti hesaplanmaktadır.

$$(BOM) = \frac{(TSM)}{(TÖ)} \times \frac{25}{100} \dots \dots \dots (4)$$

$$(HM) = (YM) \times \frac{10}{100} \dots \dots \dots (5)$$

Yapılan maliyet analizinde, toplam yatırım maliyeti denklem 6'daki gibidir.

$$(TYM) = (YM) + (BOM) - (HM) \dots \dots \dots (6)$$

Tablo 7'de türbinlerin maliyet analizleri verilmiştir.

Tablo 7. Türbinlerin Maliyet Analizi

Türbin Maliyeti (TL)	7962885
Türbin Ömrü (yıl)	20
Tesis inşaat maliyetleri (TL)	1592577
Bakım – Onarım Maliyeti (TL)	99536,062
Hurda Maliyeti (TL)	955546,2
Yatırım Maliyetleri (TL)	9555462
Toplam Yatırım Maliyeti (TL)	8699451,862

Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ)'nden alınan bilgilere göre; 01.11.2015 tarihinden itibaren meskenlerde uygulanacak elektrik tarifesi tek zamanlı olarak 0,310485 TL/kWh'dır.

Türbinlerim maliyet analizleri çıkarılırken, türbin sisteminin birim fiyat analizleri çok önemli olmaktadır. Birim fiyat analizlerinde güncel değerler dikkate alınmıştır. Çalışmada sistem fiyatları bulunurken bir enerji firmasından teklifler alınmıştır. Türbin sistem bileşenlerinin fiyatları Euro para birimi olarak

verilmiştir. 06.11.2015 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'ndan alınan verilere göre Euro 3,1227 TL üzerinden işlem görmektedir. Tablo 8'de seçilen rüzgâr türbininin yatırım maliyeti, üretilen enerjinin geliri ve geri ödeme süresi verilmiştir.

Tablo 8. Rüzgâr Türbininin Geri Ödeme Süreleri

Yatırım Maliyetleri (TL)	9555462
Üretilen Yıllık Enerji Miktarı (kWh)	3661281,3190
TEDAŞ Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,310485
Üretilen Enerjinin Geliri (TL/kWh yıl)	1136772,9300
Geri Ödeme Süresi (yıl)	8,47

4. SONUC

Yenilenebilir enerji (kaynakları), sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. En genel olarak, yenilenebilir enerji kaynağı; enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. En genel yenilenebilir enerji şekli güneşten gelendir.

Yenilenebilir enerjinin; tesisler, hayvanlar ve insanlar tarafından kalıcı olarak tüketilmesi mümkün değildir. Fosil

yakıtlar, çok uzun bir zaman çizelgesi göz önüne alındığında teorik olarak yenilenebilir iken, istismar edilerek kullanılması sonucu yakın gelecekte tamamen tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak buna karşın hem teknolojik hem de pratikteki uygulamaların yetersiz olması ve bu konuda çalışan kişi ve kuruluşlar arasında gerekli koordinasyonun sağlanmaması gibi nedenlerle bu potansiyelden fazla faydalanılmamaktadır.

Yenilenebilir enerji, yenilenebilir yeşil yerleşke ülküsünün hayata geçmesi kapsamında yapılan çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkeleri için rüzgâr enerji santrali incelenmiştir. Üretilen enerji ve yatırım maliyetleri göz önüne alındığında rüzgâr türbini sisteminin en verimlisinin rotor çapının 100 m olduğu ve kendini 8,47 yılda amorti ettiği görülmüştür. Yapılan bu çalışma gösterdi ki; ülkemizde bulunan üniversite yerleşkelerinde benzer yenilenebilir enerji sisteminin kurulması ülke ekonomisine büyük getiriler sağlayacak ve üniversitelerin sürdürülebilirliği ve büyümesini destekleyecektir.

Teşekkür:

4342-YL1-15 No'lu Proje ile çalışmalarımızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kısaltmalar

BOM : Bakım – Onarım Maliyeti
HM : Hurda Maliyeti
TÖ : Türbin Ömrü
TTM : Toplam Tesis Maliyeti
TSM : Toplam Tesis Maliyeti
YM : Yatırım Maliyeti

KAYNAKLAR

- [1] Avcı, B., Yılmaz, T.B., 2012. Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bitirme Projesi, 41 s, İzmir.
- [2] Şengül, Ü., Tan, S., Atak, Ş., Şengül, A.B., 2014. Türkiye’de Gökçeda’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli. International Conference on Eurasian Economies, 1-3 July Macedonia, 1091-1099.
- [3] Hayli, S., 2001. Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1), 1-26.
- [4] Atılgan, M., Altan, B.D., Atlıhan, A.B., 2009. Rüzgâr Türbini Uygulamaları. 2.

Rüzgâr Sempozyumu, 4-5 Haziran, Samsun.

[5] Akalın, A., 2014. Dünya’da Kaynak Enerjisi Kaynak Potansiyeli. Erişim Tarihi: 22.09.2014.

http://www.ihalematik.net/teknik_yazilar/ruzgar_enerjisi.pdf

[6] GWEC, 2014. 2014 Marked A Record Year For Global Wind Power. Erişim Tarihi: 23.05.2015.

<http://www.gwec.net/global-figures/wind-energy-global-status/>

[7] Altuntaşoğlu, Z. T., 2011. “Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi, Mevcut Durum, Sorunlar”, Mühendis ve Makine Dergisi, 52(617): 56-63.

[8] Şenel, M.C., Koç, E., 2015. Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Durumu ve Genel Değerlendirme. Mühendis ve Makina, 52(617), 56-63.

[9] Deniz, E., 2014. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Santrali Nasıl Kuruluyor? Erişim Tarihi: 23.05.2015.

<http://www.enerjimag.com/turkiyede-ruzgar-enerjisi-santrali-nasil-kuruluyor/>

[10] Kapluhan, E., 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 7, 31, 813-825.

[11] İlkılıç, C., 2009. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı. Mühendis ve Makine, 50(593), 26-32.

[12] EMO (Elektrik Mühendisleri Odası), 2015. Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri. Erişim Tarihi: 20.06.2015.

http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369#.VY8aqvntmko

[13] Usta, R., 2015. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Stratejisi ve Politikaları. Erişim Tarihi: 27.06.2015.

<http://www.tepav.org.tr/upload/files/haber/1427476175->

[0.Ramazan Ustanin Sunumu.pdf](#)

[14] Türeb (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği), 2015. Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu. Erişim Tarihi: 27.06.2015.

http://www.tureb.com.tr/attachments/article/420/T%C3%BCrkiye%20R%C3%BCzgar%20Enerjisi%20C4%B0statistik%20Raporu_Ocak%202015.pdf

[15] Gürdal, T., 2010. Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüs Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar Enerjisi ile Karşılama Olasılığının İrdelenmesi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64s, Kütahya.