

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

93702

**TÜRKİYE’NİN RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ
ve
MALİYET ANALİZİ**

Mak.Müh.Metin YILMAZ

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Recep ÖZTÜRK

Doç.Dr. Şükrü BEKDEMİR

Doç.Dr. Uğur KESGİN

İSTANBUL, 2000

KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
2. RÜZGAR ENERJİSİ	2
2.1. Rüzgar Gücü Kronolojisi.....	2
2.2. Rüzgar Enerjisinin İlk Uygulamaları.....	3
2.3. Rüzgar Enerjisinin Gelişim Özeti.....	3
3. RÜZGAR GÜCÜNÜN KULLANIM NEDENLERİ.....	6
3.1. Neden Temiz Enerji Kaynakları?	7
3.2. Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	8
3.3. Rüzgar Türbinlerinin Çevresel Etkileri	13
4. RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMALARI	21
4.1. Bağımsız Çalışan Akü Şarj Eden Sistemler.....	22
4.2. Rüzgar Türbini ve Dizel Sistemleri.....	26
4.3. Denizüstü Rüzgar Santralleri	28
4.4. Rüzgar Tarlaları.....	32
5. RÜZGAR TÜRBİN-JENERATÖR SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRILMASI.....	34
5.1. Türbin Tipleri	34
5.2. Jeneratör Tipleri	36
5.3. Rüzgar Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler	38
6. RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	43
6.1. Dünya’da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	43
6.2. Avrupa’da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli	44
6.2.1. Rüzgar enerjisinin ekonomikliği	46
6.2.2. Elektrik üretim maliyetini oluşturan faktörler.....	46
6.2.3. Rüzgar gücünün küresel durumu.....	51
6.2.4. Rüzgar kaynakları ve elektrik talebi	52
6.2.5. Yatırım ve maliyet.....	53
6.2.6. Rüzgar enerjisini geliştirmenin kısa dönemli üstünlükleri.....	54
6.2.7. Rüzgar enerjisinin gelişimi.....	54
6.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi.....	56
6.3.1. Türkiye’de acil olarak rüzgar enerjisine neden ihtiyaç vardır?	56
6.3.2. Türkiye’deki rüzgar enerjisi kaynakları.....	56
6.3.3. Türkiye’de rüzgar enerjisi gelişimi ve mevcut durum.....	58
6.3.4. RES projelerinin dağılımları	64
7. RÜZGAR ENERJİSİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİNİN EKONOMİK DURUMU	66
7.1. Tanıtım.....	66
7.2. Ekonomik Değerlendirme.....	66
7.3. Rüzgar Enerjisi Genel Durum.....	67
7.4. Şebeke Bağlantılı Uygulamalar.....	68
7.6. Toplam Üretim Maliyeti	69
7.7. Rüzgar Enerjisinin Durumu ve Gelişmeler.....	70
7.8. Gizli Maliyetler	70
7.9. Maliyet Sınıflandırması	70
7.10. Rüzgar Enerjisinin Değeri.....	71
7.11. Rüzgar Teknolojisinin Durumu ve Ekonomisi.....	71

8. MALİYETLER	76
8.1. Gelecekteki Fiyat Eğilimleri	76
8.1.2. Fiyat hesaplama yöntemleri	76
8.1.3. Tavsiye edilen alıştırmalar	77
8.1.4. Faiz oranları	77
8.1.5. Amortisman süresi	78
8.1.6. Tipik faiz oranları ve geri ödeme süreleri	78
8.2. Tarihsel Özet	80
8.3. Santral Maliyetleri	82
8.3.1. Temel faktörler	82
8.3.1.1. Kuruluş maliyetleri	82
8.3.1.2. Kuruluş maliyetleri ve rüzgar hızları	83
8.3.1.3. İşletme maliyetleri	83
8.3.1.4. Rüzgar çiftliğinin büyüklüğü	84
8.4. Rüzgar Enerji Fiyatları	84
8.4.1. Rüzgar hızının etkisi	84
8.4.2. Referans fiyatlar	85
8.4.3. Ulusal rüzgar enerjisi fiyatları	86
8.5. Denizüstü Rüzgar Enerjisi	87
8.6. Karşılaştırmalı Yakıtlar ve Enerji Fiyatları	87
8.6.1. Rüzgar enerji santralleriyle termik santrallerin mukayesesi	88
8.7. Rüzgar Enerjisinin Değeri	91
8.8. Dış Maliyetler	91
8.8.1. Giriş	91
8.8.2. Maliyet kategorileri	92
8.8.3. Dış maliyet değerleri	92
8.9. Gelecekteki Fiyat Eğilimleri	93
8.10. Mali Sonuçlar	95
9. RÜZGAR ÇİFTLİĞİ TASARIMI İÇİN GEREKLİ PARAMETRELERİN İNCELENMESİ	96
9.1. Gerçekçi Bir Yatırım İçin Gerekli İncelemeler	96
9.2. Parametrelerin İncelenmesi	97
10. ÖRNEK ÇALIŞMA	104
10.1. Datça örneği hesaplamaları	110
10.2. Küçük Güçlü Türbin Uygulamalarına ait örnek çalışmalar	131
11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	135
KAYNAKLAR	145
EKLER	148
ÖZGEÇMİŞ	164

KISALTMA LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ARGE	: Araştırma Geliştirme
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ECU	: Avrupa Para Birimi
EİE	: Elektrik İşleri Etüd Dairesi
EİKT	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
ESA	: Elektrik Satış Anlaşması
ETKB	: Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı
EWEA	: Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IRR	: Geri Ödeme Oranı
NFFO	: Fosil Dışı Yakıt Sorumluluğu
NPV	: Net Bugünkü Değer
PWR	: Ağır Su Reaktörü
RED	: Rüzgar Enerjisi Dönüşüm Sistemi
RİN	: Doğa Yönetimi Araştırma Enstitüsü
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
YİD	: Yap İşlet Devret

Şekil 5.1: Rüzgar türbin dizaynları	34
Şekil 5.2: DC jeneratör kullanan rüzgar enerjisi üretim sistemi.....	36
Şekil 5.3: Senkron alternatör kullanan rüzgar enerjisi üretim sistemleri	37
Şekil 5.4: İndüksiyon jeneratör kullanan rüzgar enerjisi sistemleri.....	38
Şekil 5.5: Çok kanatlı rüzgar su pompaj sistemi	41
Şekil 5.6: Küçük rüzgar enerji dönüşüm sistemleri için şebeke dağıtım bağlantı şeması	41
Şekil 5.7: Rüzgar enerjisi elektriksel sistem uygulama örnekleri.....	42
Şekil 6.1: Dünya rüzgar potansiyeli haritası.....	47
Şekil 6.2: Avrupa rüzgar haritası üzerinde ana rüzgarlar.....	47
Şekil 6.3: Kıtaların rüzgar payları.....	48
Şekil 6.4: Avrupa rüzgar potansiyelleri haritası	49
Şekil 6.5: 2000-2003 yılları arasında Avrupa’da rüzgar enerjisi değerleri	50
Şekil 6.6: Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel alanları haritası	57
Şekil 6.7: Türkiye’nin rüzgar gücü yıllık ortalama dağılımı	59
Şekil 6.8: Çeşitli gözlem yerlerine göre EİE yıllık ortalama rüzgar hızları değerleri	60
Şekil 8.1: Enerji fiyatları – faiz oranları ve geri ödeme sürelerinin etkisi	79
Şekil 8.2 ve 8.3: Danimarka rüzgar türbin boyutları, verimlilik ve enerji fiyatları	81
Şekil 8.4: Enerji fiyat eğilimi.....	81
Şekil 8.5: Danimarka’da türbin fiyatları.....	82
Şekil 8.6 ve 8.7: 500-750 kW’lık modern türbinler için kapasite faktörleri ve verimlilik.....	85
Şekil 8.8: Avrupa referans rüzgar enerji fiyatları	86
Şekil 8.9: Rüzgar enerjisi genel fiyatları	88
Şekil 8.10: Mevcut elektrik fiyatları	90
Şekil 8.11: Elektrik dağıtımı ve yenilenebilir enerji.....	91
Şekil 8.12: Merkezi üretimde birim maliyetler için tahminler	94
Şekil 9.1: Rüzgar çiftliği değerlendirme programı	98
Şekil 10.1: RED sisteminin dış görünüş resmi	106
Şekil 10.2: Türbine ait rüzgar hızına bağlı olarak enerji değişimi.....	107
Şekil 10.3: Türbinin rüzgar hızına bağlı güç değerleri.....	108
Şekil 10.4: Türbinin mesafeye bağlı ses seviyeleri.....	109
Şekil 10.5: Vergi dağılım değerleri.....	129
Şekil 10.6: Enerji üretim maliyeti.....	130

Tablo 2.1.Yıllara göre EWEA hedefleri (eski)	4
Tablo 2.2.Yıllara göre EWEA hedefleri (yeni)	5
Tablo 3.1.Birincil enerji talebi karşılama oranları	7
Tablo 3.2.Kişi başına genel enerji tüketimi değerleri	7
Tablo 3.3.Karşılaştırmalı emisyon miktarları	9
Tablo 3.4.Oksit önleme oranları	10
Tablo 3.5.Ses basınç seviyeleri	12
Tablo 5.1.Kullanılmakta olan rüzgar türbin tipleri ve bunların kullanım yerleri	35
Tablo 5.2.Kavramların karşılaştırılması	39
Tablo 6.1.Avrupa’da rüzgar enerjisi	44
Tablo 6.2.Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü	45
Tablo 6.3.EİKT-Avrupa ülkelerinde rüzgar için yöre ve teknik potansiyeli özeti	55
Tablo 6.4.Türkiye rüzgar enerjisi için mümkün hedefler	61
Tablo 6.5.Türkiye rüzgar endüstrisi tarafından yaratılacak iş sayısı	61
Tablo 6.6.Rüzgar enerjisi kullanımıyla oluşturulabilecek üretim kapasitesi payları	62
Tablo 6.7.Türkiye’de kurulma hazırlıkları sürdürülen rüzgar güç santralleri	63
Tablo 6.8.Rüzgar enerjisi projeleri (Olumlu DPT görüşü alan ve Danıştay’a gönderilecek)	64
Tablo 6.9.Rüzgar enerjisi projeleri (Devamı)	64
Tablo 6.10.Rüzgar enerjisi projelerinin illere göre dağılımı	65
Tablo 7.1.Avrupa’da rüzgar enerjisinin kWh alış fiyatları	68
Tablo 7.2.Ülkelerin toplam kurulu güçleri, rüzgar güçleri ve rüzgar gücü oranı	68
Tablo 7.3.Elektrik üretimi maliyeti (cent/kWh)	69
Tablo 7.4.Kule seviyesindeki rüzgar hızı ve 20 yıllık bir borçlanmada gerekli iç karlılık	69
Tablo 8.1.Rüzgar santralleri için faiz oranları ve geri ödeme süreleri	78
Tablo 8.2.Faiz oranları ve geri ödeme sürelerinin etkilendiği santral verileri	79
Tablo 8.3.Rüzgar çiftliği santral maliyetleri	83
Tablo 8.4.500 kW türbinlerde işletme maliyetleri	84
Tablo 8.5.Avrupa referans rüzgar enerjisi fiyatları	86
Tablo 8.6.Termik santral verisi – mevcut değerler	90
Tablo 8.7.2000 yılı termik santral maliyetleri	94
Tablo 10.1.Türbin teknik verileri	104
Tablo 10.2.Proje Özeti	111
Tablo 10.3.Projenin gelişimi	111
Tablo 10.4.Toplam yatırım	112
Tablo 10.5.Maliyetler	113
Tablo 10.6.Yıllık masraflar	115
Tablo 10.7.Yıllık O&M maliyetleri	116
Tablo 10.8.Finansman planı	117
Tablo 10.9.Kredi kullanım ve geri ödemeleri	118
Tablo 10.10.Borç geri ödemesi	119
Tablo 10.11.Yatırım nakit akışları	120
Tablo 10.12.Gelir/gider hesapları	121
Tablo 10.13.Açıklamalar	123
Tablo 10.14.Proje bilgileri	124
Tablo 10.15.28 x Dewind 60 için fiyat teklifi	126
Tablo 10.16.Yapılan işlerin zamanlaması	128
Tablo 10.17.Yatay akslı üç kanatlı 900 Watt’lık bir rüzgar türbin sistemi fiyatı	131
Tablo 10.18.12 Volt ihtiyacı olan yat için rüzgar hızına göre güç üretim değerleri	132
Tablo 10.19.12 Volt ihtiyacı olan yatın yük dağılımı	133
Tablo 10.20.Yazlık ev için rüzgar hızına göre güç üretim değerleri	133
Tablo 10.21.Yazlık evin yük dağılımı	134
Tablo 11.1. Emisyon azalmalarının incelenmesi	142

ÖNSÖZ

Bu çalışmada günümüz Türkiye'sinin enerji çeşitliliğine büyük katkısı olacağına inandığım rüzgar enerjisinin potansiyeli incelenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Bununla beraber çalışma boyunca rüzgar enerjisi uygulamaları için de detaylı bilgiler sunulmuştur. Konuya ilgi duyan kişilere yararlı olmasını dilerim.

Bu çalışmayı yaparken bana her yönü ile destek olan tez danışmanım Doç.Dr.Recep Öztürk'e ve bana gerekli olan bilgilerin elde edilmesinde büyük yardımları olan Türk dewind firması yetkililerinden Christian Johannes'e teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Enerji üretim maliyetleri her geçen yıl arttıkça alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi de yoğunlaşmıştır. Güneş, dalga, jeotermal ve rüzgar gücü ile ilgili bir çok proje dünya genelinde hükümetler tarafından desteklenmektedir. Rüzgar enerjisi bunların içinde en fazla dikkati çeken olmaktadır.

Günümüzde, elektrik üretimi için rüzgar türbinleri üreten bir çok firma vardır. Bir yerleşim alanında bu tip makinalar yıllık ortalama ne kadar enerji sağlar? Uygulanabilirliği nasıl? Bakım ve onarımı pahalı mı? Ömürleri ne kadardır? Çok sayıda küçük türbin kullanımı maliyet bakımından büyük türbin kullanımından daha mı uygun? Rüzgar türbininin maliyet analizi nasıl yapılır? Türkiye'nin rüzgar gücü potansiyeli nedir? Gelecek yatırımlar ne yönde olacaktır? Bu ve bunun gibi soruların cevabı bu çalışmada yer almıştır.

Bu çalışmada kullanılan yöntem bilinen proje analizlerine benzemektedir. Bu methoda göre, projenin nakit akışları net şimdiki değeri ve geri ödeme süresini hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. Maliyet analizleri, ilgili verilerin girilmesiyle bilgisayar desteği ile gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACT

As the cost of energy increases each year, long neglected alternative energy sources are receiving more attention. Many projects involving solar, tidal, geothermal, and wind power are being sponsored by governments around the world. Wind power, however receive more attention day by day.

Today, there are several companies that sell windmills for the production of electricity. How much annual energy will these machines produce in a given location? Are they reliable? Are they expensive to operate and maintain? How long do they last? Will several small windmills be more cost effective than the large ones? How does one make a financial analysis of a windmill? What is the wind potential of Turkey? What will be the future investments? These, and other questions, are addressed in this study.

The method of analysis used in this study is similar to the familiar project analysis. This method uses the cash flows of the project to calculate net present value and internal rate of return as measures of the project's cost.

1.GİRİŞ

Gelişen sanayi, nüfus artışı, sınırlı olan doğal kaynakların ziyan edilmeden ve zarar verilmeden en iyi şekilde kullanılmaları artık insanoğlunun gündeminde en baş sıraları işgal eder hale gelmiştir. Özellikle medeniyetlerin ortaya çıkmasında vazgeçilmez unsurlardan olan su ve enerji bu kaynakların en önemlilerini teşkil ederler. Suların kirlenmesi ve canlıların hayatlarını sürdürdükleri yeryüzü katmanlarının temiz tutulması ancak yüksek verimli ve temiz enerji ile mümkün olacaktır.

Bu nedenle tüm Dünya yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelmiştir. Rüzgar enerjisi de gün geçtikçe daha fazla ilgi çekmektedir. Teknolojinin hızlı ilerlediği göz önüne alındığında nasıl 80li yılların türbinleri şimdi çok küçük güçte kalmışlarsa, bugünün son teknolojileri de bundan bir süre sonra yerini daha büyük güçteki türbinlere bırakacaktır. Uygun şartlardaki yerlere rüzgar tarlaları kurulacak ve bunlardan elde edilecek elektriğin enterkonnekte şebekeye verilmesi ile de temiz bir enerji elde edilecektir. Dünya'nın geleceğinin temiz enerjide olduğu açıktır.

Ancak tüm ihtiyaçların rüzgar gücü ile sağlanması mümkün olmayabilir. Bu yüzden rüzgar enerjisi başlı başına bir çözüm olmaktan ziyade enerji çeşitliliği içinde yerini almış bir enerji kaynağı olacaktır. Ancak yararları düşünüldüğünde rüzgar enerjisinin gelişmesinde özellikle çevreye zarar vermemesinin etken olacağı muhakkaktır.

Türkiye, rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından çok iyi olmasına rağmen bugüne kadar hızlı bir atılım içinde bulunamamıştır. Avrupa'da çok daha az potansiyellerdeki ülkelerin bunu yüksek yüzde ile kullanması ise düşündürücüdür. Enerji sıkıntısı çekmekte olduğumuz şu günlerde mevcut projelere hız kazandırabilirsek biraz olsun rahatlamış oluruz. Arka arkaya alınacak güçlü yatırım kararları ile de bu sıkıntıların aşılabacağı kesindir.

Alternatif enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanılması ile daha değişik bir dünya görüşü günlük yaşamımıza hakim olacaktır. Sınırsız ve sorumsuzca enerji tüketiminin yerini, bilinçli, çevreye duyarlı ve ihtiyacı karşılamaya yönelik enerji kullanımı alacaktır. Böyle bir ortamda da refah düzeyini, en fazla enerji tüketen yerine, en verimli enerji kullanan belirleyecektir.

2.RÜZGAR ENERJİSİ

2.1. Rüzgar Gücü Kronolojisi

M.Ö. 2800: Mısırlılar tarafından ticari amaçlı yelkenlilerde kullanıldı.

IX. yy: Persler tarafından yel değirmeni olarak.

XI. yy: Avrupa’da özellikle Hollanda’da.

16. yy: Danimarka, Hollanda, Almanya’da yel değirmenlerinde

1840: Kaliforniya’da.

1846-1908: Paul la Cowr, modern elektrik üretim rüzgar türbinleri.

1918- Danimarka’da toplam 3 MW.

1920-1930: Danimarka – 3000 türbin.

1932- 15 m/s rüzgar hızında 20 MW’lık bir türbin tasarlandı,sadece kağıt üzerinde kaldı.

1942: Modern rüzgar teknolojisinin başlangıç tarihi.

1941-1945: Smith/Butneu tarafından 1250 kW’lık türbin kuruldu. A.B.D.’de 1945’te kapandı.

1950: Amerika’da orta batıda 50.000 küçük türbin.

1956-1957: J. Juul, Danimarka’da 200 kW’lık Gedser rüzgar türbini.

1958: Ulzich Hütter, Hannof tezine göre 10 kW’lık deniz üstü türbin kurdu. Meksika Körfezi’ne bir petrol platformuna kuruldu.

1971: Taşkent, Rusya.

1974: İsveç – 1 MW

1979: 2 tane 630 kW üretildi.

1980-1981: Endüstriyel ve teknolojik sıçrama – Modern türbinlerin gelişimi.

1985: 1000’ den fazla türbinden oluşan Kaliforniya Rüzgâr çiftliği.

1983-1987: Vorth-Hütter türbini, 300 kW, Kuzey Denizi kıyısında.

1990: Almanya’ da 4 tane Man’ ın yaptığı Grouten II.

1991: Baltık Denizi’nde Danimarka’da deniz üstü (11x450 kW)

1995: 1500 kW’ lık Neg Micon türbinleri.

1996: 1500 kW ve 1650 kW’ lık Vestas türbinleri.

1997: Buzlu ve soğuk yerler için rotor kanadı siyah yapıldı.

1998: 1,5 MW’ lık Enercon E66’lardan oluşan Almanya’da Avrupa’nın en büyük rüzgar çiftliği. (52,5 MW) kuruldu.

1999-2000: 2 MW ve 3 MW çalışmaları.

2.2. Rüzgar Enerjisinin İlk Uygulamaları

Rüzgar enerjisi, ilk defa M.Ö. 5000'li yıllarda, Nil nehrinde kayıkları hareket ettirmek için kullanılmıştır. Aynı tarihlerde, Çin'de, basit yel değirmenlerinin su pompası için kullanıldığı bilinmektedir.

640 yılında ilk defa Türkler tarafından yapılan çeşitli tipteki yel değirmenleri, Haçlı Seferleri sırasında Avrupa'ya geçmiştir. 1105 yılında Fransa'da yaygınlaşmaya başlayan bu değirmenler, 38 yıl aradan sonra İngiltere'de de görülmüştür. 18. yüzyılda, Hollanda'da çatısı dönen yel değirmenleri kullanılmaktaydı. 1772-1789 yıllarında, kanatlı türbinler üzerinde özel tasarımlar geliştirilmiş, ancak buharlı makinaların keşfi ile gerçekleşen sanayi devrimi, yel değirmenlerinin, yelkenli gemilerin ve rüzgar türbinlerinin önemini azaltmıştır.

1700'lerin ortalarında Hollandalı göçmenler rüzgar türbinlerini Amerika'ya taşımışlardır. Amerika'da 1880-1940 yılları arasında, çok sayıda küçük güçlü rüzgar türbinlerinin var olduğu bilinmektedir. Aynı dönemde Rusya'da, 100 kW'lık bir rüzgar türbin ünitesi üzerinde çalışmalar yapılmaktaydı. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, rüzgar türbinlerine duyulan ilgi yeniden artmış, ancak hızlı bir gelişme görülmemiştir. Benzin ve dizel motorlarının yaygınlaşması ve elektrifikasyonda sağlanan aşamalar, rüzgar enerjisini geri plana itmiştir.

Rüzgar enerjisi, 1973-1974 yılları arasında enerji krizi sonunda yeniden alternatif enerji kaynağı olarak önem kazanmıştır.

2.3. Rüzgar Enerjisinin Gelişim Özeti

Kömür, gaz ve petrol sonsuza dek enerji dünyasını üç kralı olarak kalmayacaklar. Artık güneşi, rüzgarı ve denizdeki dalgaları düşünmek hiç saçma değil. Bu çalışmada anlatılanlar, ekonomik, teknik, teknolojik, çevresel ve piyasadaki gelişmelere gerçekçi bir açıdan yaklaşarak, benzersiz bir projenin, rüzgar enerjisi endüstrisinin hızla değişmekte olan gelişimini özetlemeyi amaçlamaktadır.

Avrupa rüzgar teknolojisi, büyük bir başarının hikayesidir. Onbeş yıllık bir süreç içinde yavaş yavaş gelişerek, küçük basit makineler yapan bir endüstriden, alışılmış gerçek enerji üretimi yöntemleri ile rekabet edebilecek bir teknolojiye ulaşmıştır.

1991 yılında yayımlanan ilk strateji dökümanlarında EWEA, rüzgar enerjisinin Avrupa'daki planlı yerleşimine ilişkin hedeflerini belirlemişti. Hedeflenen yerleşim aşağıdaki tabloda belirtildiği şekildeydi.

Bu hedefler, 100.000 MW rüzgar enerjisinin, 2030 yılında halkın toplam ihtiyacı olacak

Tablo 2.1.Yıllara göre EWEA hedefleri (eski)

Eski EWEA hedefleri (1991)	
Yıl	Kurulu kapasite
2000	4.000 MW
2005	11.500 MW
2010	25.000 MW
2030	100.000 MW

Enerjinin %10'nun karşılayabileceğini hesaplanarak tespit edilmiştir. O günlerde, 2000 yılı için konmuş olan hedefler bile birçok kişi tarafından fazlasıyla hayali olarak değerlendirilmişti. 2030 yılı hedefini gerçekleştirmek için gerekli olan türbinlerin tamamının bir rüzgar çiftliğine kurulması halinde, sadece Girit adası büyüklüğünde bir araziye ihtiyaç duyulacağı vurgulanmıştı.

EWEA, 1991 strateji dökümanını hazırlarken, hesaplamalarını yıllık %25 ile %30 arasında bir büyüme oranını temel alarak yapmıştı. 1991-1997 yılları arasında Avrupa'da kurulan türbinlerle rüzgar enerjisi hacmi yıllık %40'lık bir artışla 4.500 MW ulaştı. 2000 yılı hedefine şimdiden ulaşılmış olması nedeniyle EWEA sürekli artış gösteren büyüme hızını göz önüne alarak, hedeflerini yeniden belirlemek zorunda kaldı. 2000 yılı hedefi ikiye katlanarak 8.000 MW olarak belirlendi. Ve 2030 yılı için daha önce hedeflenmiş olan 100.000 MW'a, 2020 yılında ulaşılacağına inanıyoruz.

Rüzgar enerjisi endüstrisinin 600 kW'lık orta üretim kapasiteli ve MW bazında da 10 ticari amaçlı kullanıma yönelik tasarımı bulunmaktadır. Farklı kapasitelerdeki tasarımı bulunmaktadır. Farklı kapasitelerdeki tasarımların çoğalması, (ortalama 3 ila 500 veya 600 kW'tan 1.5 MW'a kadar) dikkat çekici olup, 1990 yılından bu yana büyük bir gelişme göstermiştir. Yüksek kapasiteli ünitelerin gelişi, kıyıdan uzakta yayılmaya hazırlanan endüstri açısından doğru bir zamanda gerçekleşmiştir.

Tablo 2.2. Yıllara göre EWEA hedefleri (yeni)

Yeni EWEA hedefleri (1997)	
Yıl	Kurulu kapasite
2000	8.000 MW
2010	40.500 MW
2020	100.000 MW

3. RÜZGAR GÜCÜNÜN KULLANIM NEDENLERİ

Enerji Krizi

Türkiye'nin hedefi gelecekte enerji ihtiyacını karşılamada kendi kendine yetebilmektir. Bu, şu an için ulaşılması güç bir hedeftir. Mevcut enerji üretimimizin yaklaşık olarak %61'inin dışa bağımlı kaynaklardan karşılandığı göz önüne alınırsa bu ibreyi aşağılara çekmek ülkemiz için hiç de kolay değildir. Su ve kömür kaynaklarımız sınırlı olduğuna göre elimizde doğal olarak alternatif enerji kaynakları kalmaktadır. Bunlar da daha çok güneş, rüzgar, jeotermal'den sağlanabilir. Şu andaki sanayileşme ve büyüme hızıyla bu oranı aşağılara çekmek için muazzam yatırımlar yapmak zorunda olduğumuz bir gerçektir. Bunu yaparken bir yandan da mevcut hatlarımızı da iyileştirmek zorundayız.

Günümüzde hidroelektrik santral kurulabilecek her yer değerlendirilmiş veya değerlendirilmektedir. Mevsim şartlarından etkilendiği için kesin garanti olarak kabul edilemez. Yine doğalgaz santrallerinin gaz sıkıntısı dışa bağımlılığın en güzel örneğidir. Nükleer de ise yeterli uranyum rezervimizin olmamasından dolayı gene bağımlılığımız devam edecek.

Geriye kalan güneş, rüzgar, jeotermal ve diğer kaynaklarla ise birdenbire bütün ülke ihtiyacına cevap vermek oldukça zor ve pahalı olacaktır. Ancak şu da bir gerçektir ki; tüm bu saydığımız enerji kaynaklarını kullandığımız enerji çeşitliliği olan bir Türkiye yaratmalıyız. Sadece bir kaynağa yönelmek doğru olmaz. Ama ağırlığımızı temiz enerjiye ve özellikle de rüzgara yöneltmeliyiz. Mevcut olan bürokratik engeller olmasa 1 yıl içinde 1400 MW, 5 yılda ise 8-10000 MW kurulabilecekken bu sene içinde izin alabilen 240 MW olmuştur. Daha hızlı hareket etmek ve en son teknolojiyi, mümkün olan en büyük güçteki türbinleri getirmeliyiz. Hatta bunları yerli üretme yollarını aramalıyız. Böylece hem yeni iş kolları yaratılmış olur ve hem de ülke parası dışarı gitmez.

Bahsettiğimiz gibi çok yakında sinyallerini yavaş yavaş veren bir enerji darboğazına girmek istemiyorsak enerji çeşitliliğini bir an önce dört koldan başlatmalıyız. Ama önceliği temiz ve hızlı olması bakımından rüzgara ayırmamızda fayda olacaktır. Tabi ki bunu yaparken bugüne kadar ihmal edilmiş bir jeotermal enerji de kesinlikle unutulmamalıdır. Sonunda şu birkaç yıl içinde çok akıllı davranıp sonra pişman olacak davranışlardan kaçınmalıyız. Unutulmamalı ki enerjisiz bir gelecek yoktur.

Tablo 3.1. Birincil enerji talebi karşılama oranları

Yıl	Yerli Kaynaklar	İthalat
1998	%39	%61
2000	%34	%66
2010	%29	%71
2020	%25	%75

Tablo 3.2. Kişi başına genel enerji tüketimi değerleri

Yıl	Kişi Başına Genel Enerji Tüketimi (Kg petrol eşdeğeri)
1998	1170
2010	2300

3.1. Neden Temiz Enerji Kaynakları?

Dünyamızda enerji ihtiyacı her yıl yaklaşık %4-5 oranında artmaktadır. Buna karşılık bu ihtiyacı karşılayan fosil-yakıt rezervi ise, çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. En iyimser tahminler bile, en geç 2030-2050 yılları arasında petrol rezervlerinin büyük ölçüde tükeneceğini ve ihtiyacı karşılayamayacağını göstermektedir. Kömür ve doğal gaz için de benzer bir durum söz konusudur.

Ayrıca fosil yakıtlarının kullanımı dünya ortalama sıcaklığını da son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmıştır. Bu durum ise, yoğun hava kirliliğinin yanı sıra milyonlarca dolar zarara yol açan sel-fırtına gibi doğal felaketlerin gözle görülür şekilde artmasına neden olmuştur. Şimdiden dünyanın deniz seviyesinde bulunan birçok adasında yerleşim alanları, buzulların erimesi ve su seviyesinin yükselmesinden dolayı boşaltılmıştır. En kısa zamanda önlem alınmaması durumunda yakın gelecekte deniz kenarındaki birçok şehir sular altında kalacaktır. Bu nedenle insanoğlu fosil yakıt rezervlerinin bitmesini beklemeden temiz enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır.

En kısa zamanda fosil yakıtlar yerine alternatif temiz bir çözümün getirilmemesi halinde birçok hayvan/bitki soyu tükenecektir. Bu durumda insanoğlunun da yaşam şartlarına son

derece ağırlaşacaktır. Sadece egzost gazlarındaki kurşun yüzünden doğan zihinsel özürlü çocuk sayısı onbinler ile ifade edilecek boyutlara ulaşmıştır. Yoğun hava kirliliğinin tehdidi altındaki büyük şehirlerde yüzlerce insan hava kirliliği nedeniyle dolaylı olarak hayatını kaybetmektedir. Asit yağmurları yüzünden birçok doğal ekosistemler tamamen ölmüş, doğadaki gıda ve madde zinciri ile ağır metaller insan vücuduna aldıkları besinler ile birlikte girmeye başlamıştır.

Bu nedenle, kendini sınırsız tekrarlayan yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, su ve biokütle gibi) çok kısa bir süre içinde önem kazanacaktır. Bu gerçeğin farkında olan dev petrol şirketlerinin (Agip, Shell, BP gibi) araştırma ve geliştirme çalışmaları da tamamen söz konusu teknolojileri geliştirmek üzerine yoğunlaşmaktadır.

Türkiye, güneş ve rüzgar bakımından oldukça zengin bir ülkedir, Şimdiye kadar güneş enerjisi yalnızca güney yörelerimizde çok düşük verim ile su ısıtma amaçlı kullanılmıştır. Bu zenginliği boşa harcama lüksüne sahip olmayan yurdumuz için, tükenmeyen kaynaklar olan rüzgar ve güneş, önümüzdeki yılların ana enerji ve elektrik kaynağı olmaya adaydır.

İlk yatırım maliyetinden sonra, bakım ihtiyacı sıfıra yakın olan sistemlerin birim fiyatları dünya genelinde düşmeye başlamıştır. Bunun sonucunda, çok yakın bir gelecekte hem verim hem de maliyet olarak alternatif enerji kaynakları sistemleri, diğer konvansiyonel sistemler ile aynı seviyeye gelecektir.

Alternatif enerji kaynaklarının yaygın kullanımıyla, daha değişik bir dünya görüşü günlük yaşamımıza hakim olacaktır. Sınırsız ve sorumsuzca enerji tüketiminin yerini, bilinçli, çevreye saygılı ve ihtiyacı karşılamaya yönelik enerji kullanımı alacaktır. Böyle bir ortamda da refah düzeyini, en fazla enerji tüketen yerine, en verimli enerji kullanan belirleyecektir. Türkiye’de de benzeri bir anlayışın hakim olması ile yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artacaktır.

3.2. Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

- Temiz, çevreyi kirlilemeyen, yakıt parası olmayan bir enerjidir.

- Sürekli bir enerji kaynağıdır. Dışa bağımlılığı yoktur. Sadece yerel imkanlarla enerji elde edilir.
- Rüzgar enerjisinde ulaştırma masrafları yoktur. Doğadaki rüzgar direkt olarak kullanılabilir.
- Rüzgar türbinleri karmaşık makineler değildir. Gayet basit bir şekilde operatöre ihtiyaç duyulmadan çalıştırılabilir. Tamamen otomatik olarak çalışabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Ayrıca bu şekilde sadece periyodik bakımlarının yapılması ile 20-30 yıla kadar çalışabilir.
- Özellikle dikkat edilecek başka bir hususta uzun dönem işletme masrafları diğer tüm enerji kaynaklarının içinde en az olanıdır.
- Rüzgar türbinleri sanıldığı kadar gürültü rahatsızlığı da vermezler. Çıkarılmış olduğu ses birçoğundan daha azdır. (Bakınız Tablo 3.5)
- Hava kirliliği yaratacak emisyon ve atık ısı oluşturmazlar. Rüzgar enerjisinin en büyük avantajı gerek sera etkisi gerekse de hava kirleticisinin (CO_2 , SO_2 , NO_x gibi) diğer yöntemlere göre az olmasıdır.

Tablo 3.3. Karşılaştırmalı emisyon miktarları.

Yakıt cinsi	Kwh başına düşen CO_2 miktarı (pound)	KWh başına düşen SO_2 miktarı (pound)	KWh başına düşen NO_x miktarı
Kömür	2,13	0,0134	0,0076
Doğalgaz	1,03	0,000007	0,0018
Petrol	1,56	0,0112	0,0021
Amerika Ortalaması Karışık Yakıt	1,52	0,0080	0,0048
Rüzgar	---	---	---

Tablo 3.4'deki değerler A.B.D'de 1997 yılı verilerinden alınmıştır. Tek bir 750 kW'lık rüzgar türbini bir yıllık çalışması ile ortalama 12,5-13,4 mph hızda ve 10 m yükseklikte toplam 2.697.175 pound CO_2 , 14.172 pound SO_2 ve 8.688 pound NO_x üretimini engellemiş olmaktadır.

Tablo 3.4. Oksit önleme oranları.

Emisyon	KWh başına ödenen oksit (g)	5 MW'lık bir rüzgar tarlasını yıllık oksit önlemesi (ton)
CO ₂	800	10.500-16.100
SO ₂	10	150-240
NO _x	3,4	50-80

- Patlama yapmazlar ve radyasyon yaymazlar. Dolayısıyla tehlikeli değildirler.
- Çok yer kaplamazlar. Aksi gibi denizüstü olarak denize kurulabilen cinsleri karadan yer kazanma maksadıyla kullanılabilirler.
- Rüzgar enerjisi işgücü ve istihdam demektir. Örnek olarak Danimarka'yı ele alırsak istihdam hacmini gayet iyi anlarız. Yeni iş kollarının yaratılması ile ekonomide canlanma meydana gelecektir. Yine New York'da yapılan bir çalışmaya göre, rüzgar enerjisinden üretilen 10 milyon kWh elektrik enerjisinin yine aynı elektrik miktarını üreten kömür santraline göre % 27 daha fazla ve gene doğal gaz kombine çevrim santralinden de %66 daha fazla iş imkanı sağlamaktadır.
- Artan petrol fiyatları, yeni çevre düzenlemeleri ve aniden ortaya çıkan başka maliyetleri olmadığı için vergi artırımı olarak vatandaşa yük olmaz.
- Rüzgar türbinlerinin bulunduğu yerler başka amaçlara hizmet edebilirler. (Tarla vb. gibi) Yani, diğer santraller gibi fazla yer işgal etmezler.
- Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yaratmamaktadır.
- Enerji ücretsiz olup taşınma maliyetleri yoktur. Buna ilaveten de bir atık üretimi söz konusu değildir.
- Rüzgar türbinleri güvenlik açısından oldukça başarılı bir geçmişe sahiptir. Kullanım sonrasında tasfiye edilmeleri diğer enerji tesislerine göre çok kolaydır.
- Atmosfere veya yakındaki nehir ve denizlere ısıl emisyonları bulunmamaktadır.
- Rüzgar bir yerli enerji kaynağıdır. Ayrıca dünya enerji pazarlarından büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir.
- Rüzgar türbinlerinin işletmeye alınması, inşaatın başlamasından ticari üretime geçişine kadar, üç ay gibi kısa bir sürede gerçekleştirilmektedir.
- Rüzgar türbinleri modüler olup herhangi büyüklükte imal edilebilmekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilirler.

Dezavantajları

- Rüzgar enerjisi kullanımının en büyük dezavantajı rüzgarın değişken olmasıdır. Yeryüzünde rüzgarın sabit olduğu az yer vardır. Bu yüzden ki insanoğlu istediği her yere rüzgar santrali kuramaz. Aslında rüzgarın bu değişkenliği enerjinin depolanması yolu ile aşılabılır. Ancak bir hidroelektrikte olduğu gibi barajlar yardımıyla bu iş yapılamamaktadır. Fakat depolama mümkün olmadığından dolayı en sağlıklı yol rüzgardan elde edilen enerjinin direkt olarak ana güç şebekelerine verilmesidir.
- Bir diğer dezavantaj ise türbinlerin maliyetleridir. Birçok türbin teknik olarak başarılı çalışma göstermekte olup, maliyet biraz yüksektir. Ancak; işe çevre ve sosyal şartlar bakımından bakacak olursak, rüzgar enerjisinin çevreyi kirletmediği gibi buna ilaveten temizlediği saptanmıştır. Yani gayet temiz bir enerjidir. Zaten türbin fiyatları da gün geçtikçe iyileşme göstermektedir. Zamanla fiyatlar diğer enerji kaynakları ile rekabet eder hale gelmiştir. Daha da iyi olacağı açıkça bellidir.
- Bir başka dezavantaj ise, özellikle yurdumuzda da karşılaşıldığı gibi iyi derecede rüzgar alan bölgelerde arazilerin elde edilmesindeki zorluklar veya sit alanı olarak görülmesinden dolayı yaşanan zorluklardır.
- Rüzgar santrali kurulması için gereken ekipmanların çoğunun ithal edilmesi ve bu yüzden de pahalı olması. Bu sorun bir an önce yerli sanayinin kurulması ile ortadan kalkacaktır.

Tablo 3.5.Ses basınç seviyeleri.

KAYNAK	Kaynaktan uzaklık (m)	SPL dB (A)
ACI sınırı		140
Gemi sireni	30	130
Jet motoru	61	120
Delici çekiç		100
Spor araba içinde		80
Yük treni	30	70
Elektrik süpürgesi	3	70
Otoban	30	70
Küçük Rüzgar türbini (10 kW)	37	57
Büyük transformatör	61	55
Küçük Rüzgar türbini (10 kW)	100	55
Rüzgarda ağaçlar	12	55
Hafif trafik	30	50
Ev (ortalama)		50
300 kW Rüzgar türbini	150	45
30-300 kW Rüzgar türbini	550	45
Hafif Isık	2	30
Ses stüdyosu/Sessiz yatak odası		20
Duyma sınırı		0

3.3. Rüzgar Türbinlerinin Çevresel Etkileri

Rüzgar enerjisi temiz, çevreyle uyumlu ve elektrik üretiminde ekonomik olarak uygulanabilir bir enerji türüdür. Asit yağmuru, sera etkisi gibi global çevresel problemler üzerindeki ciddi endişeler yenilebilir kaynakların yararlarını artırmaktadır. Rüzgar gücünün kullanımı ne fosil yakıt tüketir ne de atmosferik kirlilik veya ürünleri ile tehlike yaratır. Bununla birlikte endüstri büyüğü ve daha büyük ve daha çok sayıda rüzgar tarlası önerildiği için bölgesel çevresel etkiler üzerindeki endişeler daha çok olmaktadır. Etkiler henüz tam anlamıyla dökümente edilmemiş ve hala büyük oranda belirlenememiştir.

Bu çalışmada rüzgar türbinlerinin kullanımına bağlı çevresel problemler açıklanmakta ve önerilen çözümler verilmektedir.

3.4.1. Güvenlik tehlikeleri

Bütün elektrik üretim tesisleri gibi rüzgar türbinleri de can ve mal güvenliği açısından risk unsuru taşımaktadır. Güvenlik riskleri, süratle dönen pervaneden kanat kopması veya kanat parçalanması sonucu etrafa fırlamalarıdır. Bazı çok özel hava koşullarında kanatların üzerinde oluşan buzlar da dönmenin etkisiyle çevreye saçılarak risk oluşturabilirler. Tasarımın iyi olmaması, uygun olmayan inşaat koşulları, bakımsızlık, metal yorgunluğu veya fırtınalar gibi birçok faktör de rüzgar türbinlerinin hasarlanmasına ve devre dışı kalmasına yol açabilir. Bu faktörlerden birçoğu uluslararası standartlara uygun tasarımların yapılması ve akımların sağlanması ile önemli ölçüde giderilebilir. Diğerlerinde ise iş güvenliği ve işçi sağlığı hakkındaki mevzuat ve kurallara azami uyararak riski en aza indirmek mümkündür. Bazı çalışmalar 40 m/s rüzgar altında aşırı hızla dönmekte olan bir türbinden koparak fırlayan kanat parçasının en fazla 700 m'ye düştüğünü göstermektedir. Bu ekstrem şartlarda bile vurulma olasılığı, türbine 210 m uzaklıkta olma durumu göz önüne alınarak ve yıldırım çad/dası olasılığı ile de mukayese edilerek 10 milyonda bir olarak bulunmuştur. 210 m'den uzaklarda bu risk çok daha küçüktür. Bir türbinin normal de rüzgar hızı 25 m/s'nin üzerinde olduğu şartlarda çalıştırılmaması gerektiği noktasından bakıldığında yukarıda belirtilen ekstrem senaryonun oluşması ihtimalinin kesinlikle mümkün olmayacağını açıkça belirtmek gerekir. Danimarka'da türbinlerin yerleşim yerlerinden, yollardan ve evlerden 90 m artı rotor çapının 2.7 katından daha yakın mesafelere tesis edilmesine izin verilmemektedir. Hollanda'da bu kurallar daha yumuşak olup örneğin 300 kW'lık bir türbinin yerleşim yerine en az 120 m ve yollara da 20-75 m uzaklıkta olması öngörülmektedir.

Dikkatli yerleştirme, güvenli makine tasarımı, montaj ve işletme pratikleri birçok olumsuz güvenlik etkilerini azaltacak veya ortadan kaldıracaktır. Fakat daha önemlisi türbin üretimi esnasındaki sıkı ve etkin kontrollerdir. Bu kontrollerle insanların ve evlerin zarar görmesinin engellenmesi etkinliğini kanıtlamıştır.

3.4.2. Görüntü ve estetik etki

Rüzgar tarlalarının en çok tartışılan çevresel etkisi türbinlerin görsel ve onları çevreleyen manzara üzerine etkisidir. Makinaların uyumlu yerleşimi bu nedenle büyük önem taşır.

Rüzgar tarla gelişmelerinin görsel etkisini ölçen girişimler, objektif manzara sınıflamaları ve daha çok değerlerin subjektif değerlendirmesini içeren manzara değerlendirme teknikleri ve manzaranın önemine dayanır. Manzara ne kadar değerli olursa görsel etkiye karşı o kadar hassas olacaktır. Önemli bir manzara üzerinde negatif bir etki içeren herhangi bir görsel etki tartışılabilir. Ancak bu etki arazi yapısına, türbin adedi ve tipine, türbinlerin sıralanış şekline, rengine ve kanat adedine göre değişik olarak algılanmaktadır. Bununla beraber türbin boyutunun daha az önem taşıdığı gözlenmektedir. Rüzgar türbinlerinin görsel etkisi özellikle doğal güzellik, kültürel açıdan değerli ve yoğun nüfuslu alanlar veya ülkelere için planlama yasalarına neden olabilmektedir. İnsanların rüzgar tarlasını insanların algılaması sadece manzaranın fiziksel parametreleri tarafından değil aynı zamanda onların daha geniş sosyolojik seviyedeki gelişmelere olan tavırlarına da bağlıdır. Bu konuda pek çok çalışma yürütülmektedir. Hollanda'da Leiden Üniversitesi tarafından yapılmış bir çalışma rüzgar türbinlerinin sayısının artarken manzaraya halkın beğenisinin azaldığı ancak rüzgar türbinlerinin büyüklüğünü beğeni üzerinde daha az etkili olduğunu göstermiştir. Türbinlerin dikdörtgen yerine tek olarak yerleştirilmesi yönünde de bir tercih vardır. Bu Hollanda manzarasının lineer yapısı ile ilgili olabilir.

Bununla birlikte rüzgar tarlalarına tasarımı görsel etkiyi minimize edecek şekilde yararlanabilir. Göz önüne alınan faktörler dikkatli yerleştirme, renk seçim ve türbin tasarımını içermelidir ve bunlar gelişim projelerine katılmalıdır.

3.4.3. Gölge titreşimi / parıltı

Görsel etkisinin özel bir durumudur. Güneşin doğuşu ve batışı esnasında, rüzgar türbinlerinin dönmekte olan kanatları gölge oynamasına, gölge titreşimine neden olabilir. Aynı şekilde cilalı kanatlara gelen güneş ışığı da civara yansıyarak parıltı etkisi yaratabilir. Bu da türbin

civarında yaşayan insanları rahatsız edebilir. Rahatsızlık seviyesinin belirlenmesinde dönme frekans önemli bir rol oynar. Bununla birlikte bu etki her bir ay için gölgenin saatlik pozisyonunun hesaplanması ile kolayca tahmin edilebilir. Bu problemi çözmenin bir yolu türbini bu süre zarfında çalıştırmamaktır. Tercih edilen diğer yöntem ise türbinlerin tesisinde yer seçimlerinin iyi yapılmasıdır. Parıltı problemi de ya kanatların ışık yansıtmayacak şekilde imal edilmeleri veya cilasız kanat kullanılması ya da titreşim olayında olduğu gibi yer seçiminin iyi yapılması ile giderilebilir.

3.4.4. Gürültü

Ses, insan kulağının sezebildiği basınç değişimleridir. Gürültü ise “istenmeyen ses” olarak tanımlanır. Bu kavramda, RED sistemi tarafından üretilen işitilebilir ses ($f=16$ Hz-20 Hz) ve kulağın işitebileceği sesin altında olan ($f<10$ Hz; infrasound) seslerin etkileri ile ilgilenilmektedir.

Rüzgar türbinlerinden yayılan gürültü iki kaynaktan üretilir ve her biri insan kılığını farklı bir şekilde etkiler. Birinci dinamik ya da geniş bant gürültüsü, makinanın kanatları üzerinden hava geçerken oluşur. İkincisi tonal veya tek frekans gürültüsüdür ve dişli kutusu ve generatik gibi dönen mekanik ve elektriksel elemanlar tarafından oluşturulur. İlk gürültü tipi ritmik hışırtı sesidir. Bu genellikle desibel olarak ölçüldüğünde daha yüksek olandır. İkinci gürültü kaynağının yüksek dereceli vınlamasından daha az şikayet nedenidir ve daha az zorlayıcıdır. Analizler, 20 m’ye kadar türbinler için mekanik bileşenin baskın olduğunu göstermektedir. Oysa daha büyük çaplı türbinler için aerodinamik bileşen daha önemlidir.

Aerodinamik gürültü hava içinde hareket eden kanatların hızı yanı sıra rotorun dönüş hızına bağlı olarak artar. Doğal seslere nazaran oluşan yeni ses kaynakları sesin yüksekliğine, tonuna, kişilerin aktiviteleri ile toleransına, o yöredeki hakim olan meteorolojik şartları ve karakteristiğine bağlı olarak önem kazanabilir. Doğal seslerin seviyeleri önemlidir.

Mekanik gürültü özel dişliler, dönen parçaların ses emici malzeme ile kaplanması ve akustik kılıflar kullanılması gibi birçok standart tekniklerin kullanılması ile azaltılabilir. Optimum kanat tasarımı ile kanat iç şekli ve kuyruk kenar kalınlığının minimum aerodinamik gürültü üretecek şekilde tasarlanmaları için geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir.

Görsel etki gibi gürültü sorunu da kişiye bağlı önemli bir unsurdur. Endüstriyel bir alanda kabul edilen sınır kırsal alanda kabul edilemeyebilir. Gündüz kabul edilen gece kabul

edilemeyebilir. Bireyin gürültü kabul etme düzeyi onun rüzgar adalarına olan genel tavrına bağlı olacaktır. Görsel rahatsızlık sonucunda şimdiden olumsuz duygulara sahip olan yöre dinleri gürültüden rüzgar tarlasının bir montaj olduğunu düşünenlere göre muhtemelen daha çok rahatsız olacaktır.

Gürültü etkisi topografik ve ikametın yakınındaki yerlere göre rüzgar sakinlerinin dikkatli yerleştirilmesi ile kolayca azaltılabilir. Potansiyel etkinin azalması için standartlardaki aşağıdaki gösterici kurallar İsveç gibi ülkelerde

6 dB (A) açık arazide en yakın evde.

40 dB (A) kent veya banliyölerde en yakın yerleşme biriminde.

45 dB (A) rüzgar türbininden 40 m sıklıkla.

İngiltere’de ise geçici olarak üreticilerin amacı en yakın yerleşim yerindeki gürültü seviyesini 45 dBA ile sınırlamaktır. Rüzgar türbin teknolojisinin mevcut durumuna göre bu kriter en yakın yerleşim yerinden 350 m uzaklıkta bulunan türbinler tarafından kolayca yerine getirilmektedir.

Gürültü problemi Hollanda gibi özellikle yoğun nüfuslu bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, Hollanda Hükümeti Çevre Bakanlığı sessiz türbinlerin tesisi için hibe vermektedir.

Görsel etki gibi diğer çevresel faktörlerin tersine gürültünün ölçülebilir olduğu unutulmamalıdır. Büyük bir sorun yaratacağı düşünülmemekle birlikte, gürültü ilginin odak noktasını oluşturacaktır.

3.4.5. Arazi kullanımı

Rüzgar tarlaları iki yönlü arazi kullanımına uygundur. Rüzgar enerjisi dağınıktır ve geniş bir alana yayılmış türbinlerin ürettiği enerjinin toplamıdır. Bununla birlikte bir tarlanın kapladığı arazinin %90’ı tarımsal amaçlar için kullanılabilir. Modern bir rüzgar tarlası örneğin Danimarka Velling Maersk 2’de 29 adet 225 kW’lık makine arazinin sadece %1’ini kaplar. Daha ötesi rüzgar tarlasının giriş yolları gereği gibi planlanmışsa çiftçiler tarafından dezavantaj yerine avantaj olarak görülür.

Bir Amerikan raporunda rüzgar gücünün servis yolları dahil GWh başına sadece 1335 m² araziye ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir. Bu rakam kömür için 3642 m², solar thermal sistemler için 3561 m² ve fotovoltaik için 3237 m²'dir.

3.4.6. Arkeolojik etkiler

Yüksek ve kesintisiz rüzgar hızları ihtiyacı nedeniyle rüzgar tarlaları genellikle büyük ölçekli değişimlerin çok az olduğu kırsal alanlarda kurulur. Bu alanlar çoğunlukla arkeolojik kalıntı kaynağıdır. Bu kalıntılar bölgenin kültürel varlığı ve insanın çevresidir. Çatışmalardan, öneriler gelişim bölgesinin etüdü ve türbin pozisyonlarının herhangi bir tarihi eserden uzakta yerleştirilerek kaçınılabilir. Eğer bölgede fiziksel bir koruma mümkün değilse kalıntıları korumak amacıyla arkeolojik kazıların yapılması kabul edilebilir.

3.4.7. Ekolojik etki enerji kullanımı ve emisyonlar

Global anlamda bir rüzgar türbininin üretim ve tesisinin olduğu kadar türbinini inşa etmek için kullanılan, çelik, beton vb. malzemeleri üretmek için de enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerji yatırımı türbinin ömrü esnasında geri ödenmelidir. Enerji analizleri rüzgar türbinlerinin enerji geri ödeme sürelerinin birkaç aydan birkaç yıla kadar değiştiğini göstermektedir.

Hollanda'da Groningen Üniversitesi tarafından yürütülen bir çalışma daha büyük rüzgar türbinlerinin daha kısa geri ödeme süresine sahip olduğunu göstermiştir. 10 kW'lık bir rüzgar türbininin enerji geri ödeme süresi 0.5 ile 1.5 yıl arasında değişir. Oysa 500 kW'lık bir rüzgar türbini için bu süre 2-3 aydır. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems tarafından yapılan bir çalışmada rüzgar türbinleri için enerji geri ödeme süresi yaklaşık bir yıl olarak tahmin edilmektedir.

Kömür yerine rüzgar enerjisinden 1 kW'lık güç üretimi 1 kg'lık CO₂ emisyonunu engeller. Böylece 30 türbinlik bir rüzgar tarlası ömrü boyunca yaklaşık 30000 ton CO₂ emisyonunu telafi eder. CO₂ küresel yayılımı bu on yılın sonuna kadar 160-170 milyon ton düzeyinde tutulacaktır. Bu en temel sera gazlarından biri için önemli miktardaki azalmayı gösterir. Rüzgardan enerji üretimi aynı zamanda kömür ve petrol yanması sonucunda oluşan ve asit yağmurları şeklinde göllerde, nehirlerde ve ormanlarda tahribata neden olan sülfür ve nitrojen bileşiklerinin yağımını da önler.

3.4.8. Rüzgar enerjisi ve kuşlar

Bölgesel seviyede rüzgar türbinlerinin özellikle kuş yaşamı ve yurtlarının tahribine sebep olduğu konusunda bazı endişeler vardır. Kuşlar ve onların yerleri dünyadaki yaşamın çeşitliliği-biyolojik değişkenliğin hayati parçasıdır ve bir defa tahrip edildiğinde yerine getirilemez. Kömür, petrol ve gaz gibi konvansiyonel enerji kaynaklarından oluşan emisyonlar asit yağmurlarına yol açmakta ve sera etkisine katkıda bulunmaktadır. Bunların her ikisi de kuşları ve onların çevrelerini tehdit etmektedir.

Rüzgar türbinlerinin işletimi kuşlara zarar verebilir. Bu zarar kule veya kanatlarla çarpışma sonucu kuşların ölmesi veya türbinler çevresindeki kuş dinlenme veya beslenme yerlerinin bozulması olarak iki şekildedir.

“Research Institute of Nature Management” (RIN) Hollanda’nın Urk bölgesindeki 7.5 MW’lık (300 kW’lık 25 türbin, 1 sıra) rüzgar tarlasının etkileri üzerinde yaptığı bir çalışmada günde ortalama 0.1-1.2 kuş ölüsünün beklenebileceği ayırıcı rüzgar tarlasının her km’sindeki kuş ölümlerinin yüksek gerilim hattının her km’sinde ölenlerden 10 kat daha küçük olduğunu ve bunun 1 km’lik karayolu ile de karşılaştırılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Danimarka’da Ornis Consult tarafından verilen bir raporda orta ve küçük ölçekli rüzgar güç santrallerinin gözlenmesine dayanılarak kuşların rüzgar türbinlerinden ciddi olarak etkilenmedikleri sonucuna varılmıştır. Kuşlar rüzgar türbinlerine ve onların etrafında uçmaya alışıyor görünmektedir. Ancak, İspanya’nın Tarifa bölgesindeki rüzgar tarlalarındaki kuş ölümleri bu konuya ilgiyi artırmıştır. Avrupa’nın en büyük türbin gruplarının bulunduğu yer olan güney Tarifa bölgesi aynı zamanda yüzbinlerce kuşun Afrika’ya giderken kullandığı göç yolu üzerindedir. AB DG XI Genel Müdürü bu konuda uzun dönem çalışması yapılınca kadar tarlaların planlanmış büyümesinin yeniden gözden geçirilmesini önermektedir. Bu konudaki tartışmalar sürmektedir.

Sadece kuşlar için değil diğer bitki ve hayvan türlerinin ve onların su sistemlerinin kompleks yapısının parçalanması içinde endişeler vardır. Her bir bölgenin ekolojik önemi rüzgar tarla gelişiminden olumsuz etkilenir. Bu nedenle örneğin Danimarka, Hollanda ve Yunan Hükümetleri rüzgar tarlalarını çevresel olarak hassas bölgelerin dışına kurmaya çalışmaktadır. İngiltere’de RSBP (Royal Society for the Protection of Birds) vahşi yaşam ve ulusal ve uluslararası önemli alanları etkileyecek durumdaki yenilenebilir enerji tekliflerine izin verilmemesini düşünmektedir. Diğer ülkelerde de herhangi bir girişimde bulunmadan önce

ekolojik ve kuş bilimi çalışması gereklidir. Bu çevresel açıdan önemli alanların tanımlanmasına ve bu alanlardaki etkinin azaltılması için önlemlerin düzenlenmesine olanak sağlar. Kurbanların sayısı, sürüler yoğunluğundaki düşüş gibi kuş yaşamı üzerindeki tüm etkiler hala tam olarak bilinmemektedir. Aşağıdaki konularda daha ayrıntılı araştırma yapılmalıdır.

- Göç yolları üzerindeki rüzgar türbinleri
- Büyük rüzgar türbinlerinin etkisi (1 MW ve yukarısı)
- Kuşların yoğun olarak beslendiği, türediği veya dinlendiği bölgelerdeki rüzgar türbinleri.

3.4.9. Dönen yapıların oluşturduğu elektromagnetik girişim

Büyük çıkıntılı bir yapı özellikle önemli miktarda metal içeriyorsa radyo, TV yayınları, iletişim linkleri gibi elektromagnetik sinyallere girişim nedenidir. Rüzgar enerji dönüşüm sistemlerinin dönen kanatları radyo, televizyon, uydu servisleri, radarlar gibi elektromagnetik iletişim cihazlarının kullanımında girişime neden olabilir. Rüzgar türbini tarafından oluşturulan etkinin farkı istenmeyen girişim sinyalinin periyodik değişimidir.

Rüzgar türbininin dönen kanatları tarafından üretilen en önemli girişim etkisi genlik modüleli girişim sinyalidir fakat aynı zamanda Doppler etkisi olarak da bilinen gecikme etkisi de vardır.

Rüzgar türbinlerinin radyo yayınlarına yaptığı elektromanyetik girişiminde birçok parametre etkilidir. Radyo yayınlarının girişine hassasiyetini etkileyen başlıca parametreler; hassas radyo sisteminin frekansı, anten özellikleri, rüzgar enerji sistemine göre olan konumları ve modülasyon şeklidir. Rüzgar türbin parametreleri ise; makinanın türü (yatay ya da dikey eksenli olması) dönme hızı, kanatların çapı ve sayısı, biçimleri, yapıldıkları malzemenin elektromanyetik özellikleri, kulenin tipi ve yüksekliğidir. Bunun dışında kanatları elektrik malzemedan yapılmış makinalarda metal parçaların biçimi ve yeri önem taşır (örneğin yıldırım paratonerleri). Rüzgar türbinleri, TV, havaalanı iletişim sistemleri (VOR, ILS, LORAN), uçak radar sistemleri, deniz iletişim sistemleri (SOLAS), mikrodalga linklerinde elektromagnetik girişime neden olabilir.

30 Metreden büyük rüzgar enerji dönüşüm sistemlerinin, bu sistemlere yakın bölgelerdeki TV alıcılarında görüntü bozulmasına neden olan yansıyan girişim sinyalleri ürettiği bulunmuştur. Bu tip girişim televizyon ekranında karlanma ve girişim televizyon ekranında karlanma ve gri

yatay bantların düşey hareketine neden olur. İlave yansıtıcıların kurulması ile bu sorunların çözümü mümkündür. Şu anda teleteks yayınları TV yayın sinyalleri ile birleştirilmektedir. Hollanda'da bu sinyallerin bozunuma karşı daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Havaalanı yakınlarına (pistten 5 km uzaklığa) rüzgar türbini yerleştirilmesi gerektiğinde ILS yayına etkilerini değerlendirmek gereklidir. Danimarka'da Kopenhag Uluslararası Havaalanı yakınında küçük bir rüzgar tarlası vardır. Şu ana kadar girişim problemi ile karşılaşmamıştır.

Şu anda uluslararası antlaşmalar ve Federal Havacılık Ajansının yönetmelikleri bir VOR istasyonuna 1 km mesafede rüzgar türbini yerleştirilmesine izin vermektedir. Mesafe türbin büyüdükçe artmaktadır.

Danimarka PTT'si frekans kaymalı anahtarlama modülasyonu ile 7.4 GHz-8 Mbit/sn veri aralığında çalışan mikrodalga linklerinde önemli girişim sorunları belirdi. Belirlenen hatalar linkler için geçerli olan uluslararası sınırların üzerindeydi. Örneğin mikrodalga linklerinde Hollanda PTT'si minimum 65 dB büyüklüğünde bir girişim taşıyıcısını gerekli görür.

Elektromanyetik spektrum insanlığın en sınırlı ve değerli kaynaklarından biridir, çok sayıda radyo yayınının girişime uğramayarak başarılı bir şekilde çalışması bu kaynağın yıllardan beri dikkatle yönetilip kullanılmasından kaynaklanmıştır. Bununla birlikte rüzgar türbini kullanan bir topluluğun bu türbinin mevcut elektromanyetik çevreye uyumla yerleştirilmesi konusunda rehberliğe ihtiyacı olduğu bilinmektedir. Özellikle hem türbinler hem de radyo tesislerinin kurulması için elverişli olan tepelik yerlerde sorun ortaya çıkmaktadır.

4. RÜZGAR ENERJİSİ UYGULAMALARI

Rüzgar enerjisi kullanımının dünyadaki örneklerine baktığımızda iki kısımda incelenmesi gerektiğini görüyoruz. Küçük türbinler olarak adlandırabileceğimiz, kişisel kullanıma yönelik sistemler ve büyük türbinler adını alan endüstriyel kullanıma yönelik sistemler.

Büyük türbinler, rüzgar çiftliği olarak adlandırılan diziler halinde kurulur. Bir rüzgar çiftliğinin toplam gücü 1-150 MW arasındadır. Tek bir türbinin gücü 50 kW'tan 2 MW'a kadar olabilir. Ancak günümüzde ekonomik şartlar açısından 500 kW'tan küçük türbinler pek fazla kullanılmamaktadır.

Büyük türbinler yatırım amaçlı olarak kurulurlar. Üretilen enerji şebekeye verilir. Bu yüzden yatırımdan önce yapılması gerekli olan bazı çalışmalar vardır. Öncelikle bölgenin rüzgar açısından durumunun belirlenmesi gerekir. Yapılan ayrıntılı ve en az bir yıl sürecek teknik rüzgar ölçümleriyle, rüzgar hızı ortalamaları, günlük, mevsimlik ve yıllık dağılımlar ile yaklaşık rüzgar enerjisi değerleri belirlenir. Bunun ardından yapılacak olan fizibilite çalışmaları sonucunda, kurulacak olan santralin büyüklüğü, türbinlerin yerleri ve güçleri, üretilen enerjinin maliyeti gibi sonuçlara ulaşılır. Bu çalışmalarda, bölgesel elektrik kurumlarıyla ve devletle yapılacak olan anlaşmalar, alınacak özel izinler, çevre halkının yaklaşımı, bölgedeki konvansiyonel elektriğin maliyeti, yıllık harcama miktarı, arazinin fiziksel yapısı, finansman ve kredi politikası gibi parametreler önemli rol oynar.

Büyük türbinlerden elde edilen elektriğin maliyeti yukarıda da sayılan birçok parametreye bağlıdır. İyi rüzgar sahalarında ortalama şartlarda, rüzgardan elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti 5 cent/kWsaat değerlerine kadar düşmektedir. Termik, hidroelektrik vs. konvansiyonel kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin maliyetinin bu değerden yüksek olması ve yıllık harcamanın 100 000 kWsaati aşması durumunda rüzgar enerjisi üretimi ekonomik bir çözüm olarak düşünülebilir. Ancak bunun için bölgedeki rüzgar potansiyelinin uygun olması gerekir. Büyük türbinlerin üretime başlaması için gereken rüzgar hızları bir yaklaşım olarak değerlendirildiğinde, bölgedeki ortalama rüzgar hızının 5-7 m/s (18-25 km/saat) civarında olması gerektiği söylenebilir. Tabi ki bu kesin bir sonuç değildir. Yatırımın ekonomik olup olmadığının belirlenmesi için tüm yıla yayılan bir dağılımın çıkarılması şarttır. Büyük türbinlerden oluşan rüzgar çiftliklerinin yatırım maliyeti kabaca bir yaklaşımla 1000 \$/kW'dır. Yıllık bakım masrafı ise yatırımın %1-1,5'i olarak gerçekleşir. Bu şartlar altında kurulacak türbinlerden elde edilen elektrik enerjisi, şebekeye; maliyeti düşük, çevreyi kirliletmeyen, güvenli ve yenilenebilir bir kaynaktan üretilmiş olarak verilir.

Küçük Türbinler, genellikle şebekenin olmadığı ya da ulaştırmanın ekonomik olmadığı, ya da sorunlu olduğu yerlerde uygulanır. Şehir dışı yerleşimler, çiftlik evleri, telekomünikasyon aktarıcıları, radyo ve orman kuleleri, askeri tesisler, demiryolu sinyalizasyonu, balık çiftlikleri, seralar, maden ocakları, deniz vasıtaları ve bazı fabrikalarda küçük türbinler oldukça uygun kullanım alanları bulmaktadır. Üretilen enerjinin depolanmasıyla güvenilir enerji sağlanır. Küçük türbinlerin güç değerleri, 0,05-20 kW arasındadır. En fazla 4 adet hareketli parçadan oluşan bu tip türbinler bakımsız ya da çok az bakımlı olarak dizayn edilmişlerdir. İşletme giderleri neredeyse yoktur. Her türlü çevre şartlarına dayanabilecek şekilde dizayn edilirler. Otomatik kontrol mekanizmaları, sistemi aşırı şarjdan koruyan kontrol sistemleri vardır ve ayrıca çok yüksek rüzgar hızlarında otomatik korunmalı dizayn edilmişlerdir.

Şebekeye elektrik enerjisinin verildiği büyük türbinlerin aksine, küçük türbinlerde bu sistem uygulanamaz. Akü şarjı esasına göre çalışan küçük türbinlerle, üretilen enerji, ihtiyaca kalınmıştır. Avrupa Topluluğu tarafından öngörülen, gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin toplam üretime oranı olan %2'lik değere ulaşılması için hızlı bir şekilde çalışmaların ilerletilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde henüz çok yeni ve tanınmamış bir kaynak olan rüzgar enerjisinin tanıtımı ve yaygınlaştırılması için konuyla ilgili tüm kişi, kuruluş ve örgütler ile medyaya ve devlete de büyük iş düşüyor. Özellikle yerli kaynak, malzeme, teknik bilgi ve işgücü kullanılarak üretilecek türbinler, iç pazarda olduğu kadar dış pazarlarda da rekabet edebilecek düzeyde olacaktır. Yakın gelecekte bu tip çalışmaların artmasıyla, büyük yerleşim birimlerinin elektriğini sağlayan, büyük türbinlerden oluşan rüzgar çiftliklerinin kurulması, Türkiye'nin enerji darboğazından kendi çabalarıyla kurtulup enerji ihraç eden bir ülke konumuna gelmesine yardımcı olacaktır.

4.1. Bağımsız Çalışan Akü Şarj Eden Sistemler

Akü şarj eden sistemler, genellikle şebekeden uzak bölgelerde kullanılmaktadır. Şehir dışı yerleşimler, çiftlik evleri, telekomünikasyon aktarıcıları, radyo ve orman kuleleri, askeri tesisler, demiryolu sinyalizasyonu, balık çiftlikleri, seralar, maden ocakları, deniz vasıtaları ve bazı fabrikalarda, aydınlatma, meteoroloji istasyonları, bilimsel ve diğer araştırma istasyonlarında elektrik ihtiyacını karşılar.

Rüzgarla akü şarj eden bir sistem başlıca aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

- a. AC çıkışlı Rüzgar Türbini ve 6-18 mt. yüksekliğindeki kulesi
- b. Elektronik kontrol ünitesi
- c. Aşırı şarjdan koruyan direnç
- d. Akü bankası
- e. Alternatif akım ile çalışan cihazlar için evireç
- f. Özel doğru akım cihazları.

a. Standart Rüzgar Türbinleri 20 Watt-10 kW güçleri arasındadır. Daha yüksek güçler için iki veya daha fazla 10 kW'lık türbin paralel bağlanabilmektedir. Rüzgar türbinleri 12, 24, 48 ve 120 VDC doğru akım gerilimlerinde üretilmektedir.

b. Elektronik kontrol ünitesi, AC çıkışı istenilen doğru akım voltajına çevirmek için kullanılmaktadır. 500 Watt'a kadar olan modellerde ünite pervane içerisinde, daha büyük olan modellerde ayrı bir elektronik ünite olarak bulunmaktadır.

c. Voltaj kontrolü aküleri aşırı şarjdan korumaktadır. Aküler tam olarak dolduysa (2.30 V/hücre) ve sadece çok az bir yük varsa, rüzgar türbininden gelen fazla enerji, yük direncine aktarılır. Bu direnç hava ısıtan bir dirençtir, istenirse aynı değerlere sahip olan su ısıtıcısı da konabilir.

d. Gerekli olan akü bankası sistemin kurulduğu yerin şartlarına bağlıdır. Akülerin uzun ömrünü sağlamak için şarj akımı, akü kapasitesinin %10'undan fazla olmamalıdır. Örneğin: 600 Ah bir akü bankası 60 A'in üzerinde bir akımla şarj edilmemelidir. Ayrıca kapasitenin %40'ının altına inecek kadar da aküler boşaltılmamalıdır. (1.75 V/hücre). Akü kapasitesinin %60'ının kullanılacağı düşünülürse, 2 kW saatlik günlük harcamayı örnek alırsak; 24 VDC akü grubu için $2000 \text{ Watt.saat} / 24 \text{ V} = 80 \text{ Ah}$ demektir. Buna göre, günlük akü kapasitesi $80/0.6 = 140 \text{ Ah}$.

e. Alternatif akım (AC) yükler için yeterli kapasitede bir evireçe gerek vardır. Piyasada mevcut olan evireçler genel olarak 12, 24, 48, 96 ya da 120 VDC girişlidir. Evireğin gücü devamlı ihtiyaç duyulacak maksimum güç kadar olmalıdır. Evireç kendi maksimum gücünün 2 katı kadar anlık güçleri karşılayabilmelidir. Çünkü elektrik motoru gibi bazı yükler kalkışlarda kendi anılan güçlerinin 3-4 katı kadar yük çekerler. En basit evireçler trapez dalga

ile çalışırlar. Aşağı yukarı bütün ev aletleri bu elektrikle çalışır. Fakat bazı özel durumlarda, örneğin ölçme aletlerinde tam sinüs akımına ihtiyaç duyulmaktadır.

f. Doğru akımla çalışan cihazların rüzgar enerjisi ile birlikte kullanılması, çevirici kayıplarının hiç olmaması ya da çok az olmasından dolayı en verimli kullanım şeklidir. Bu tip tesislere en yaygın örnekler:

* Telsiz vericileri (12 ya da 24 VDC) göre seçilen akü bankasına şark edilerek kullanılır. Güçleri 50 W ile 20 kW arasındadır. Bu güç değerleri, türbinin maksimum hızda dönmesi durumundaki gücü gösterir. Daha düşük hızlarda ise türbin elektrik üretmeyi daha düşük bir güçte sürdürür. Akü bankasının yeterli seviyede seçilmesi durumunda depolanmış enerji ihtiyaç duyulan güçte aküden çekilebilir.

Rüzgar türbini jeneratörünün çıkışına bağlanan elektronik şarj kontrol ünitesi ile AC çıkışı, DC'ye çevrilerek aküler şarj edilir. 500W'dan küçük türbinlerde bu ünite türbinin içine monte edilmiş olarak bulunur. Elektronik şarj kontrol ünitesi aküleri aşırı şarjdan korur. Bunun için akülerin tam dolu olması durumunda rüzgar hala esmeye ve türbini döndürmeye devam ediyorsa, türbinden gelen fazla enerji yük direncine aktarılır. Bu direnç hava ısıtan bir dirençtir. İsteğe bağlı olarak aynı değerlerde su ısıtan dirençler de kullanılabilir.

Gerekli olan akü bankası sistemin kurulduğu yerin şartlarına bağlıdır. Akülerin uzun ömürlü olmaları için şarj akımı, akü kapasitesinin %10'undan fazla olmamalıdır. Örneğin 600 Ah bir akü bankası 60 A'in üzerinde bir akımla şarj edilmemelidir. Ayrıca, kapasitenin %40'ının altına inecek kadar da aküler boşaltılmamalıdır. (1.75 V/hücre). Akü bankasının büyüklüğü, rüzgarsız geçecek 3-5 güne yetecek kadar olmalıdır. Bunun için günlük harcama miktarının iyi belirlenmesi ve seçimin buna göre yapılması gerekir. Daha az enerji harcayan cihazlar, örneğin elektronik dengeli ampuller kullanılarak güç ihtiyacının azaltılıp azaltılamayacağı değerlendirilmelidir.

Alternatif akım (AC) yükler için uygun kapasitede bir evireçe gerek vardır. Piyasada mevcut olan evireçler genel olarak, 12, 24, 48, 96 ya da 120 VDC girişlidir. Evireçin gücü devamlı ihtiyaç duyulacak maksimum güç kadar olmalıdır. Evireç kendi maksimum gücünün 2-3 katı kadar anlı güçleri karşılayabilmelidir. En ucuz evireçler trapez dalga ile çalışırlar. Aşağı yukarı bütün ev aletleri bu dalga biçiminde elektrikle çalışır. Fakat bazı özel durumlarda, örneğin ölçme aletlerinde ve hassas ev aletlerinde tam sinüs akıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Doğru akımla çalışan cihazlar kullanmak daha verimlidir. Genel olarak, 12 veya 24 VDC ile çalışan ev aletleri bulunmaktadır. Fakat hem 220 VDC ile çalışanlara göre daha pahalıdırlar, hem de seçenek azdır.

Küçük rüzgar türbinleri, çeşitli nedenlerle dizel sistemlerle birlikte kullanılabilirler. Mevcut bir dizel jeneratör varsa, yakıt sarfiyatını azaltmak için böyle bir çözüme gidilebilir. Ya da rüzgar türbini ana ihtiyacı karşılamak için kullanılabilir; dizel jeneratör de arada bir devreye sokularak daha yüksek güç ihtiyaçlarında ya da düşük rüzgar zamanlarında sisteme destek olmak amacıyla kullanılabilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgar çiftliklerinin toplam kurulu gücü 1700 MW dolaylarındadır. Yıllık üretim miktarı ise 3 milyar kW saat kadardır. İyi rüzgar sahalarının bulunduğu Hollanda, Danimarka, Almanya gibi ülkelerde de rüzgar enerjisi konusunda önemli atılımlar yapılmış, üretim ve kurulu güç açısından bu ülkeler dünya çapında öncü konumuna gelmişlerdir. Ülkemizin rüzgar potansiyelleri göz önüne alındığında elimizdeki sınırsız ve dünya çapında oldukça iyi durumda olan rezervleri kullanamadığımızı görüyoruz. Özellikle kıyı bölgelerimiz olmak üzere rüzgar ve arazi bakımından oldukça iyi bir durumda olan Türkiye'de ne yazık ki bugüne kadar rüzgar üzerinde yapılan çalışmalar çok düşük seviyede kalmış, böylece çok üstün bir teknoloji gerektirmeyen bir enerji kaynağından yıllardır mahrum kalmıştır.

- GSM aktarıcıları (24 VDC)
- Telekom aktarıcıları (48 VDC)
- Motorlu taşıtlar (12 ya da 24 VDC)
- Deniz vasıtaları (12 ya da 24 VDC)
- Uyarı ışıkları (12 VDC)
- 12 ya da 24 VDC ile çalışan elektrikli aletler vs.

Önemli Not: Rüzgarla akü şarj eden bir sistem tasarlarken, her zaman çekilecek güç göz önüne alınmalıdır. Daha az enerji harcayan cihazlar; örneğin, elektronik dengeli ampüller, kullanılarak güç ihtiyacı azaltılabilir mi, düşünülmelidir.

4.2. Rüzgar Türbini ve Dizel Sistemleri

Rüzgar türbini, evireç ve küçük akü bankası ile bir dizel jeneratörü beraber çalışabilir.

Rüzgar ve Dizel sistemleri en iyi aşağıdaki yollarla kullanılabilir.

I. Eğer mevcut bir dizel jeneratör varsa yakıt sarfiyatını azaltmak için kullanılabilir.

II. Rüzgar türbini ana ihtiyacı karşılamak veya çok düşük rüzgar zamanlarında rüzgar türbinine destek olmak için kullanılabilir.

I. Dünya üzerindeki pek çok elektrikten uzak bölgede dizel jeneratörlerden yararlanılmaktadır. kW saat başına elektrik fiyatı, o bölgedeki yakıt fiyatına, jeneratörün bakım masraflarına ve dizel jeneratörün verimliliğine bağlıdır. Dizel jeneratörün ilk yatırım masrafları azdır ve dizel teknolojisi dünya çapında iyi bilinen bir teknolojidir.

II. Eğer kullanım yerindeki elektrik ihtiyacı zaman zaman çok yüksek güçlere çıkıyorsa ve bu olay günde toplam 1-2 saat için oluyorsa, ortalama genel ihtiyacı rüzgar türbini karşılar, arada bir olan yüksek ihtiyaç dizel jeneratörle karşılanabilir. Akü voltajını 220 V alternatif akıma çeviren evirecin maksimum gücü aşıldığı zaman dizel jeneratör devreye sokulur. Çekilen yük evirecin gücü içerisine girdiği zaman, belli bir süre sonra dizel jeneratör devreden çıkarılır. Jeneratörün verimini artırmak için çalıştığı süre içerisinde aküleri şarj ederek rüzgar jeneratörüne destek olur. Akü yedekli rüzgar türbini + dizel jeneratör sistemi aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır.

- a. Rüzgar Türbini
- b. Dizel jeneratör seti
- c. Doğrultucu
- d. kontrol ünitesi + direnç
- e. Akü bankası
- f. Evireç
- g. Dizel jeneratörün otomatik açma/kapama sistemi

a. Standart Rüzgar Türbinleri 20 Watt – 10 kW güçleri arasındadır. Daha yüksek güçler için iki veya daha fazla 10 kW'lık türbin paralel bağlanabilmektedir. Rüzgar türbinleri 12, 24, 48 ve 120 VDC doğru akım gerilimlerinde üretilmektedir.

b. En fazla ihtiyacınıza göre uygun bir dizel jeneratör seçilir.

c. Doğrultucu, dizel jeneratörden gelen alternatif akımı doğru akıma çevirir ve fazla gücü aküleri şarj etmek için kullanır.

d. Gerekli olan akü bankası sistemin kurulduğu yerin şartlarına bağlıdır. Akülerin uzun ömrünü sağlamak için şarj akımı, akü kapasitesinin %10'undan fazla olmamalıdır. Örneğin: 600 Ah bir akü bankası 60 A'in üzerinde bir akımla şarj edilmemelidir. Ayrıca kapasitenin %40'ının altına inecek kadar da aküler boşaltılmamalıdır (1.75 V/hücre). Akü kapasitesinin %60'ının kullanılacağı düşünülürse, 2 kW saatlik günlük harcamayı örnek alırsak; 24 VDC akü grubu için $2000 \text{ Watt.saat}/24\text{V}=80 \text{ Ah}$ demektir. Buna göre, günlük akü kapasitesi $80/0.6 = 140 \text{ Ah}$.

e. Alternatif akım (AC) yükler için yeterli kapasitede bir evirece gerek vardır. Piyasada mevcut olan evireçler genel olarak 12, 24, 48, 96 ya da 120 VDC girişlidir. Evirecin gücü devamlı ihtiyaç duyulacak maksimum güç kadar olmalıdır. Evireç kendi maksimum gücünün 2 katı kadar anlık güçleri karşılayabilmelidir. Çünkü elektrik motoru gibi bazı yükler kalkışlarda kendi anılan güçlerinin 3-4 katı kadar yük çekerler. En basit evireçler trapez dalga ile çalışırlar. Aşağı yukarı bütün ev aletleri bu elektrikle çalışır. Fakat bazı özel durumlarda, örneğin ölçme aletlerinde tam sinüs akımına ihtiyaç duyulmaktadır.

f. Doğru akımla çalışan cihazların rüzgar enerjisi ile birlikte kullanılması, çevirici kayıplarının hiç olmaması ya da çok az olmasından dolayı en verimli kullanım şeklidir. Bu tip tesislere en yaygın örnekler:

- Telsiz vericileri (12 ya da 24 VDC)
- GSM aktarıcıları (24 VDC)
- Telekom aktarıcıları (48 VDC)
- Motorlu taşıtlar (12 ya da 24 VDC)
- Deniz vasıtaları (12 ya da 24 VDC)
- Uyarı ışıkları (12 VDC)
- 12 ya da 24 VDC ile çalışan elektrikli aletler vs.

4.3. Denizüstü Rüzgar Santralleri

Rüzgar enerjisi bakımından deniz alanları karasal alanlara göre daha büyük zenginlik göstermektedir. Avrupa Birliği kapsamında bir çalışma ile kıyıdan uzaklığa ve su derinliğine bağlı olarak denizüstü rüzgar türbini kurulma olasılığına göre potansiyel belirleme çalışması yapılmıştır. Bu hesaplamada 100 m rotor çaplı türbinleri kullanılacağı varsayılmıştır. Kıyıdan 10 km. açıklıkta ve 10 m. su derinliği olan alanlardaki potansiyel 750 TWh/yıl iken, kıyıdan uzaklığı 30 km ve su derinliği 40 m olan alanlar göz önüne alındığında 3500 TWh/yıl düzeyine çıkmaktadır. Oysa Avrupa Birliği'nin elektrik tüketimi 1727 TW/yıl kadardır. Dikkate değer bu potansiyel 1990-1995 yılları arasında saptanmıştır. 1994 yılında Akdeniz ve diğer Avrupa Denizlerinde Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi (OWEMES) Avrupa Semineri Roma'da yapılmıştır. Denizüstü WECS'lerin önemi giderek artmaktadır.

Denizüstü rüzgar enerjisi ile ilgili ilk çalışmalar 1970'li yılların sonuna doğru Danimarka, Hollanda, İsveç, İngiltere ve ABD'de başlamıştır. 1980'li yılların başında bu çalışmalar Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) bünyesinde OWECS programı kapsamında yürütülmüştür. İlk denizüstü proje, 1990 yılında İsveç'de kıyıdan 0.25 km açıklıkta 220 kW'lık tek bir Windword türbini yerleştirilerek gerçekleştiren Nordersund tesisidir.

İlk denizüstü rüzgar çiftliği ise Danimarka Lolland adası yakınında kurulmuş olan Vindeby Rüzgar Çiftliği olup, 11x450 kW'lık türbin içeren 5 MW'lık bu çiftlik 1991 yılının ortalarında işletmeye alınmıştır. Vindeby pilot denizüstü rüzgar çiftliği Danimarka Enerji Bakanlığı'nın 100 MW'lık programının bir parçasıdır. 45 MW'lık bölümü Vindeby'i inşa eden ELKRAFT firmasına verilmiştir. Vindeby çiftliğinde kullanılan türbinler dünya piyasasında satılan Danimarka malı Bonus marka türbinlerdir. Her bir türbin güçlendirilmiş beton duba tipi temel üzerine yerleştirilmiştir. Duba temeller Onsevig limanında kuru dok alanında yapıldıktan sonra yerlerine yüzdürülerek götürülmüşlerdir. Konik biçimindeki temellerin çapları üstte 5 m, altta 14 m'dir. Denizdeki konumuna göre yükseklikleri 5.5 m ile 8.2 m arasında değişmektedir. En büyük temeller 550 ton olup içlerine 500 tonluk çakıl ve kum yerleştirildiği için toplam kütle 1050 tona ulaşmıştır. Dubalar deniz tabanına bağlıdır. Denizüstü yerleşimde deniz yüzeyinden yukarıdaki kanadın ucuna olan yükseklik 55 m olmuştur.

Vindeby rüzgar çiftliğinin türbinleri kıyı şeridinden 1.5 km uzaklıkta iki sıra olarak dizilmişlerdir. İki sıra arasında yine 1.5 km açıklık vardır. Bir başka deyişle, türbinler kıyı şeridinden 1.5-3 km uzaklıktadır. Sıralardan birinde beş ve diğerinde altı türbin yer almaktadır. Danimarka Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre çiftliğin yapım maliyeti yaklaşık

83 milyon DKK (14.5 milyon \$) düzeyindedir (2930 \$/kW). Yatırımın yüksekliğinde türbinin oturacağı temel açısından gereken deniz içi beton yapı etkili olmuştur.

Bonus 450 türbinlerinin rotor çapı 35 m olup, süpürme alanı 962 m²'dir. Özgül üretim gücü 470W/m²' dir. Rotor üç kanatlıdır. Kanatlar polyester ile güçlendirilmiş fibreglass malzemeden yapılmıştır. Rüzgarın rotor gelişi önden olup, ileri rüzgarlı (upwind) tipi türbindir. Rotor göbeğinin taban platformundan yüksekliği 37.5 m'dir. Kule tek parçalı çelik borudan yapılmıştır ve tekneye çıkmak için içten merdivenlidir. Kule ve diğer donanımlar nemli koşullara karşı koruyucu bir sistemle boyanmıştır.

Türbin 5 m/s rüzgar hızında yararlı güç üretmeye başlamakta, 14-18 m/s arasında gücü 450 kW'a ulaşmaktadır. Türbinin frenlendiği kritik rüzgar hızı 28m/s'dir. Kanat ucu hızı 67m/s'dir Kanat açıları sabit konumludur. Rotorun hızı sabit ve dakikadaki dönü sayısı 35 d/d'dır. Türbinin hidrolik aktiviteli hava frenleri ve mekanik freni vardır. Türbin jeneratörü 450 kW'lık asenkron jeneratör olup, devir sayısı 1500 d/d, frekansı 50 Hz ve çıkış gerilimi 690 Volt'tur. Rotor ile jeneratör arasındaki dişli kutusu 3 (2+1) kademeli kombine planet ve paralel tiptedir. Herbir türbinin ortalama üretim kapasitesi 733 MWh/yıl düzeyindedir. Türbinlerde üretilen elektrik denizaltı kablosu ile şebekeye aktarılmaktadır. Vindeby Rüzgar Çiftliğinin yıllık üretimi 10.6 milyon kWh olup, 3000 konutun gereksinimini karşılamaya yeterli olduğu belirtilmektedir.

İngiltere'de denizüstü rüzgar santralleri üzerinde ele alınmış iki önemli proje olduğu bilinmektedir. İngilizler denizüstü tesisler için öncelikle orta güçlü makinalar üzerinde durduklarını belirtmekle birlikte, 50 den 120 m'ye dek rotor çapı olan türbinler dizayn etmişlerdir. İngiltere'nin doğu kıyısında Inner Dowsing alanında ve 5 km açıklıkta uygun site yeri belirlenmiştir. Burada kuracakları çiftliğe ait pilot tesis ile ilgili bir demonstrasyon projesine 3.5–4 milyon sterlin (5.4-6.1 milyon \$) bütçe ayrılmıştır. İngilizler üç ayaklı kafes biçiminde kule ile deniz yüzeyinden 45 m yüksekliğe 60 m rotor çaplı ve 1.4 MW güçlü bir türbin projesini gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar. Pilot ünitenin bu yıl tamamlanması beklenmektedir. Toplam 9 türbin ile nominal gücü 1.26 MW olan bir denizüstü rüzgar çiftliği kurmayı hedeflemişlerdir. Yukarıda bu yana tanıtıla geline İsviçre, Danimarka ve İngiltere'nin dışında denizüstü rüzgar tesisleri konusunda Hollanda ve İtalya'nın da detaylı çalışmaları ve projeleri olduğu bilinmektedir.

Avrupa Birliği'nin yeni ve yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine yönelik olarak uyguladığı Thermie ve Joule programlarının sonucu olarak, 2005 yılında Avrupa'da kurulu rüzgar gücü 12 000 MW'a ulaşması hedeflenmiştir. Şimdi bu hedefin aşılması bekleniyor. Bu rüzgar santrallerinin bir bölümü deniz üstünde kurulacaktır. Örneğin Danimarka, gelecek 30 yılda denizüstü rüzgar santrallerinin kurulu gücünü 4000 MW'ın üzerine çıkarmayı hedeflemektedir. Danimarka 2005 yılında denizüstünde 500 türbin kurmayı ve denizüstü kurulu gücünün 750 MW'a çıkarmayı planlamıştır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği, kurulu rüzgar gücünün 2030 yılında Avrupa'da 100 000 MW'a çıkacağını ve bunun içinde denizüstü payının %25'den az olmayacağını tahmin ediyordu. Şimdi bu hedef 2030 yılına çekilmiş bulunmaktadır.

Rüzgar türbinlerinin ünite güçleri arttırılırken, son beş yıl içerisinde fiyatları da düşürülmüştür. Karada kurulan WECS'lerin 1995 yılı fiyatları Avrupa'da 1400 S/kW'a kadar çıkabilmekteyse de, ABD'de 750 S/kW düzeyine dek düşürülen tipler vardır. Bugün için dünya rüzgar türbini pazarı 1000 MW/yıl düzeyinin üzerine çıkmıştır. Dünya türbin pazarı 2000 MW/yıl düzeyine ulaştığında, birim kurulu güç maliyetinin 750 S/kW'ın altına düşmesi beklendiğinden rekabet daha artacaktır. Ancak, denizüstü rüzgar türbinleri kara tipi türbinlere göre 1.5-2.5 kat pahalıya kurulabilmektedir.

Geliştirilen yeni bir proje entegre denizüstü rüzgar santralleri ve deniz dalga santralleri projesidir. Bu konudaki bilimsel ve teknik çalışmalar, kombine rüzgar-dalga santrallerinin daha uygun olacağını ortaya koymuştur. Deniz dalgası da rüzgar kökenli bir birinci enerji olup, aynı anda pik değerlere ulaşmaktadırlar. Kombine rüzgar-dalga sistemi ile elektrik üretimi konusunda İngiltere'de yapılan bir çalışmada birim enerji maliyeti 6-9 sent/kWh arasında olmuşken, Güney Kore'de yapılan benzer bir çalışmada enerji maliyeti 11-18 sent/kWh arasında saptanmıştır. Sistemlerin geliştirilmesi ile maliyetin hızla düşmesi beklenmektedir.

4.3.1. Türkiye'de denizüstü rüzgar santrali önerisi

Denizüstü Rüzgar Santralleri, bir iç deniz olan Marmara dışında kıyıları 8210 km'yi bulan Türkiye açısından çok önemlidir. Türkiye'de rüzgar enerjisi zengin yörelerin başında Marmara'nın yanı sıra Ege kıyıları, Karadeniz (özellikle Sinop) kıyıları, Akdeniz (özellikle İskenderun kıyıları) gelmektedir. Ege Denizi'ndeki çeşitli Yunan adalarında kurulmuş ve çalışmakta olan rüzgar türbinleri vardır. Karadeniz'de deniz dibi suyundan hidrojen

üretiminde kullanılmak üzere Rus ve Bulgar ortak projesi olan rüzgar santralleri üzerinde durulduğu bilinmektedir.

Avrupa Topluluğu için hazırlanmış rüzgar atlasından Ege Denizi'nin 10 m yükseklikteki rüzgar hızının 7-8 m/s arasında olduğu ve bunun Türkiye kıyılarına kadar geçerliliğini koruduğu görülmektedir. Ege Denizi'nde karasularımız ile ülkemize ait ada, adacık, kayalıklar ve Anadolu'nun ayrılmaz parçası olan kıta sahanlığımız üzerinde gelecekte denizüstü rüzgar santralleri kurulması olanaklıdır. Dünyadaki gelişmelere koşut olarak ilk pilot denizüstü rüzgar santralimiz Ege'de bugüne kadar değerlendirmedeğimize için, komşumuzun hak iddia etmeye kalkıştığı Kardak Kayalıkları (İkizce Adaları) üzerinde kurulabilir. Kardak kayalıkları yüzer beton dok sorununu ortadan kaldırdığından, böyle bir santralin kurulması için ideal yerdir. Bodrum Turgut Reis (Karatoprak) mücavir alanı içinde kayıtlı bulunan İkizce Adaları 1000 m²'lik yüzey alanı ile denizüstü rüzgar santralleri için doğal temel görevi yapmaya, uygundurlar. Yörede 50 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgar gücü yoğunluğu 180 W/m²'nin üzerinde olup, maksimum güç bunun 3 katına ulaşmaktadır. Ortalama güce göre brüt rüzgar enerjisi potansiyeli de 1600 kWh/m² yıl kadardır.

Türkiye'nin ilk pilot deniz rüzgar santrali olabilecek Kardak-WECS, nominal 1.5 MW güçte olmak üzere ve tam donanımları dışarıdan ithal edilme koşulu ile en çok 2.25 milyon \$'lık bir yatırım gerektirir. Buna karşın, paket teknoloji alımı yerine parça teknoloji transferi ve yerli üretim ile bu maliyetin 1 milyon \$'a düşürülmesi olanaklıdır. İthale yönelinmesi koşulunda tüm türbin tiplerine açık bir ihaleye çıkarılmalıdır. Yerli mühendislik gücümüzden ve teknolojik olanaklarımızdan yararlanılarak, gerekli ölçüde yabancı işbirliği de yapılarak pilot tesisin gerçekleştirilmesi koşulunda, iki ya da üç kanatlı propeller rotorlu, kanat konumları sabit, beton kuleli, ileri rüzgar (up-wind) tipinde, sabit rotor hızlı ve asenkron jeneratörlü bir türbin üzerinde durulması uygun olur. 1.5 MW güçlü Pilot Kardak Rüzgar Santrali ile yılda 25 milyon kWh'in üzerinde elektrik üretilerek, ulusal şebekemize yeni bir kaynak sokulabileceği gibi, bugün için sık sık elektrik kesintisi uygulanan Turgut Reis yöresine alternatif bir olanak da sağlanabilir.

4.3.2. Denizüstü rüzgar santrallerinin Türkiye için önemi

Rüzgar potansiyeli ile ilgili ön çalışmalara göre, Türkiye'nin kısa dönemde rüzgar kurulu gücünü 6.000 MW düzeyine çıkarmaya uygun potansiyeli olduğu bilinmektedir. Bu

potansiyelin uzun dönemde 20 000 MW'a tırmanması olasıdır. Ülkemize ait deniz alanlarındaki potansiyelin ise 60 000 MW düzeylerine ulaşması beklenebilir.

Denizüstü Rüzgar Santralleri, bir iç deniz olan Marmara dışında kıyıları 8210 km'yi bulan Türkiye açısından çok önemlidir. Türkiye'de rüzgar enerjisi yönünden zengin yörelerin başında Marmara'nın yanı sıra Ege kıyıları, Karadeniz (özellikle Sinop) kıyıları, Akdeniz (özellikle İskenderun kıyıları) gelmektedir. Karadeniz'de deniz dibi suyundan hidrojen üretiminde kullanılmak üzere Rus ve Bulgar ortak projesi olan rüzgar santralleri üzerinde durulduğu bilinmektedir. Avrupa Topluluğu için hazırlanmış rüzgar atlasından Ege Denizi'nin 10 m yükseklikteki rüzgar hızının 7-8 m/s arasında olduğu ve bunun Türkiye kıyılarına kadar geçerliliğini koruduğu görülmektedir. Ege Denizi'nde karasularımız ile ülkemize ait ada, adacık, kayalıklar ve Anadolu'nun ayrılmaz parçası olan kıta sahanlığımız üzerinde gelecekte denizüstü rüzgar santralleri kurulması olanaklıdır.

Türkiye'de kara tipi rüzgar santrali kurmak için özel sektör tarafından yapılmış 30 girişim vardır ve kurulmak istenen rüzgar çiftliklerinin güçleri 1.62 MW ile 186 MW arasında değişmektedir. Bu santral tekliflerinin toplam gücü ilk etapta 700 MW'ı aşmış olup, kısa dönemde 850 MW'a çıkarılması, orta dönemde 700 MW daha güç eklenmesi önerilmiştir.

Ancak, denizüstü rüzgar santrali kurulması için yapılan teklif yoktur. Oysa, Ege'nin bazı sığ sahillerinde, örneğin Foça, Urla deniz alanlarında bu tür santrallerin karadakine göre 1.5 katı yatırımla kurulması olanaklıdır. Ayrıca, Ege'de kıta sahanlığı üzerindeki kayalıklarda, kayalık doğal zemini oluşturmak üzere, karadakinden az bir fiyat farkı ile denizüstü rüzgar santralleri kurulabilir. Bu santrallerden yapılabilecek daha fazla üretimle, santralin karadakine göre kendisini daha kısa sürede amorti etmesi söz konusudur. Bununla beraber, teknoloji kazanımı açısından önemli olduğu için devlet desteği ile ve paket projeler kapsamında özel sektörün denizüstü rüzgar santrallerine yatırım yapması özendirilmelidir.

4.4. Rüzgar Tarlaları

Bu kavram, güç şebekesine elektrik üreten RED sistemlerini belirtmek için kullanılır. Çeşitli yayınlarda "rüzgar çiftliği" veya "rüzgar parkı" şeklinde de tanımlanmaktadır.

Rüzgar enerji sistemlerinde elde edilen güç üretimi kesikli ve birim çıkış gücü konvansiyonel güç tesislerine göre düşüktür. Bu sorunlara ve sistemdeki diğer problemlere çözüm getirebilmek için “rüzgar tarlası” kavramı geliştirilmiştir.

Bir rüzgar tarlası projesi, meteoroloji grubu, RED sistem tasarımcıları, üreticiler, yerel yönetim, yöre halkı ve planlama grubu arasında büyük bir işbirliğini gerektirir.

Rüzgar sistemlerinde kullanılan senkron generatörlerin, şebeke ile bağlantısı ayrıntılı olarak incelenmiş ve büyük bir teknik sorun görülmemiştir. İndüksiyon generatörüne sahip rüzgar türbinleri hacim olarak küçüktür. Ancak, şebekeye güç aktarımı sırasında %5’in üzerinde voltaj oynama riski bulunur. Bununla birlikte, rüzgar tarlasında merkezi şebeke kontrolü sağlandığı için, bu sorun kolayca çözülebilir.

RED sistemlerinin geniş bir alan üzerine yayılması ile enerji çıkış kararlılığında bazı iyileştirmeler sağlanır. Ancak, sabit bir güç elde etmek için, çıkış gücü yüksek türbinlerin en iyi şekilde tasarlanması gerekir. Rüzgar tarlasındaki türbinlerin işletilmesinden elde edilen deneyimler, kanat açısı ve diğer işletim özelliklerini optimize etmek için kullanılmalıdır.

Rüzgar enerjisinin depolanması, iletim hattı olan yerlerde ekonomik değildir. Kurşun asit bataryalar aşırı pahalıdır. Bunun yanısıra, volan gibi diğer parçaların geliştirilmesi ve test edilmesi gerekir.

Rüzgar tarlalarında enerji çıkışı büyüktür ve bu enerjinin anında kullanılması her zaman mümkün değildir. Bu nedenle elde edilen enerjiyi hidroelektrik tesislerden yararlanarak depolamak daha ekonomik olacaktır. Burada yapılacak olan işlem ya suyun tasarruf edilmesi veya hidrogeneratörden aşağı akan suyun yeniden yukarı pompalanmasıdır.

5. RÜZGAR TÜRBİN-JENERATÖR SİSTEMLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

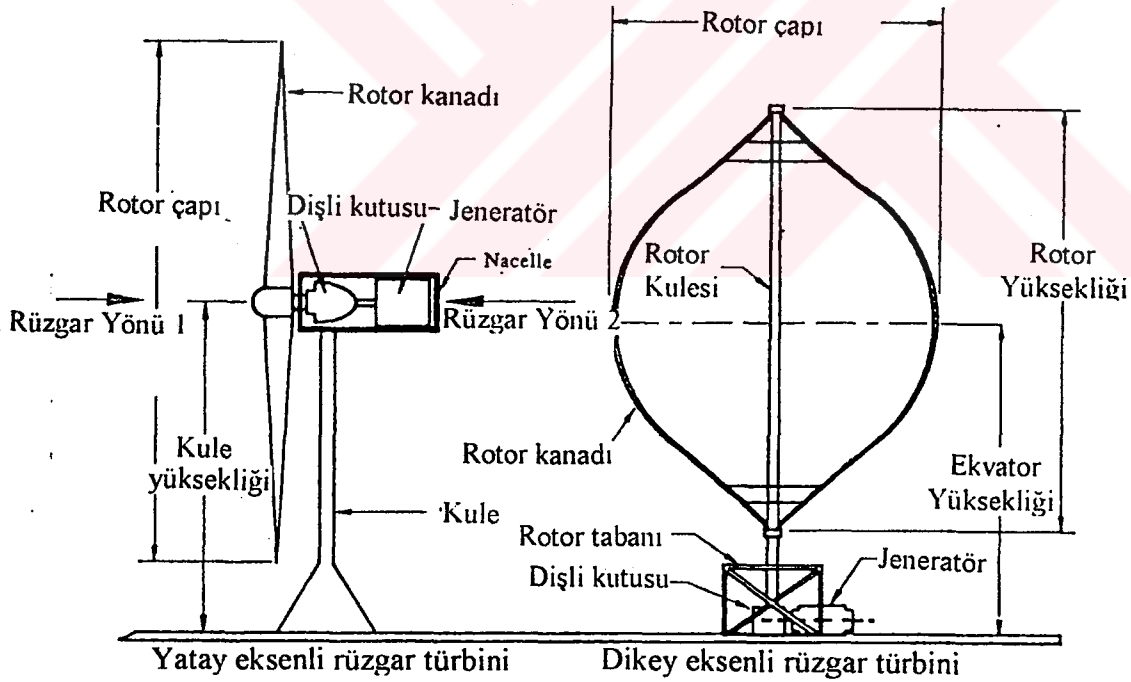
5.1. Türbin Tipleri

Günümüzde bir kısmı ticari amaçlı olan değişik özellikte ve türde rüzgar türbinleri bulunmaktadır. Rüzgar türbin tipleri ve kullanım yerleri Tablo 5.1’te verilmiştir. Rüzgar türbinleri dönme eksenlerine göre üç sınıfa ayrılır.

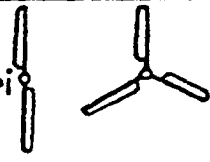
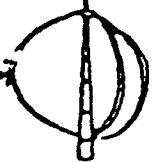
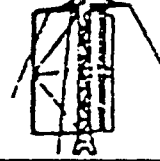
5.1.1. Yatay eksenli türbinler

Dönme eksenleri rüzgar yönüne paralel ve kanatlar rüzgar yönüne diktir. Ticari türbinler genellikle yatay eksenlidir. Rotor, rüzgarı en iyi alacak şekilde döner bir tabla üzerine yerleştirilmiştir.

Yatay eksenli türbinlerin çoğu rüzgarı önden alacak şekilde (upwind) tasarımlanır. Rüzgarı arkadan alan (downwind) türbinlerin ise, yaygın bir kullanım alanları yoktur.



Şekil 5.1: Rüzgar türbin dizaynları

Rotor Tipleri	λ^{**}	C_p^*	RPM	Terk Kullanım Yeri		
PERYANE TİPİ 	6 10	0.42	Yüksek	Alçak	Elektrik üretimi	
DARRIEUS TİPİ 	5 6	0.40	Yüksek	Alçak	Elektrik üretimi	
CYCLOGIRO TİPİ 	3 4	0.45	Orta	Orta	Elektrik üretimi veya su pompalama	
ÇOKKANATLI TİP 	3 4	0.35	Orta	Orta	Elektrik üretimi veya su pompalama	
YELKEN KANAT TİPİ 	4	0.35	Orta	Orta	Elektrik üretimi veya su pompalama	
FAN TİPİ 	1	0.30	Alçak	Alçak	Su pompalama	
SAVONIUS TİPİ 	1	0.15	Alçak	Yüksek	Su pompalama	
HOLLANDA TİPİ 	2 3	0.17	Alçak	Yüksek	Su pompalama veya değirmen	

* C_p = Güç katsayısı

** λ = Kanat uç hızı / Rüzgar hızı oranı

Tablo 5.1. Kullanılmakta olan rüzgar türbin tipleri ve bunların kullanım yerleri

5.1.2. Düşey eksenli türbinler

Düşey eksenli türbinlerde, kanatların içbükey ve dışbükey yüzeyleri arasındaki çekme kuvveti farkı nedeniyle dönme hareketi oluşur. Aynı ilke Savonius rotorlarda daha özel bir şekilde kullanılır. Bu rotorda güç katsayısı 0,15'den daha azdır. Bu nedenle güç üretiminde tercih edilmezler.

Bu türbinlerin dönme eksenleri düşey ve rüzgara diktir. Kanat kirişleri dönme eksenine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yüksek verimleri nedeniyle düşey eksenli Darious tipi türbinlere son yıllarda olan ilgi artmıştır.

5.1.3. Eğik eksenli türbinler

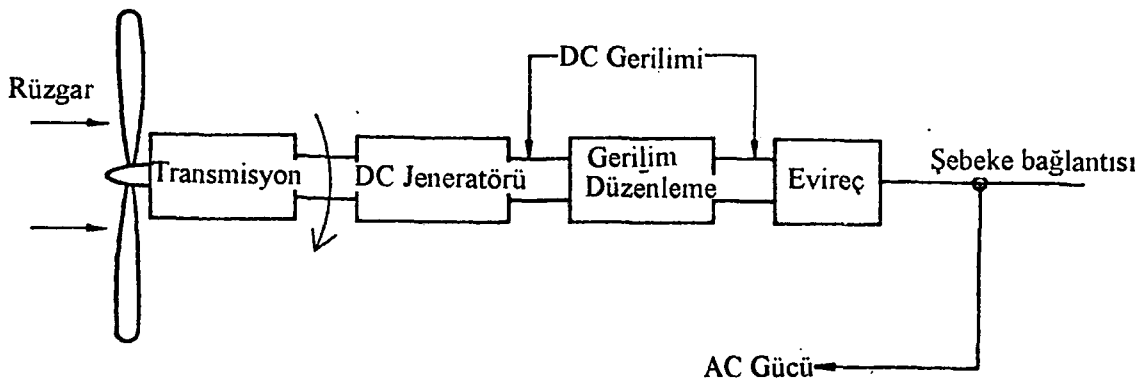
Dönme eksenleri, düşeyle rüzgar yönünde bir açı yapan türbinlerdir. Ayrıca, kanatlar ve dönme eksenini arasında da belirli bir açı bulunmaktadır. Yaygın bir kullanım alanı yoktur.

5.2. Jeneratör Tipleri

Jeneratör, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir makinedir. Genel olarak tüm jeneratörler iki ana parçadan oluşurlar. Rotor ve stator. Stator tarafından bir manyetik alan oluşturulur. Rüzgar enerjisi üreten sistemlerde genelde üç tip jeneratör kullanılır. Bunlar; DC jeneratörü, senkron alternatör ve indüksiyon jeneratörüdür.

5.2.1. DC jeneratörü

DC jeneratöründe oluşan gerilim hem hızla ve hem de akışla orantılıdır. DC'yi AC'ye çevirmek için bir dönüştürücüye ihtiyaç vardır. (2:1 oranında giriş aralığı olan)



Şekil 5.2: DC jeneratör kullanan rüzgar enerjisi üretim sistemi.

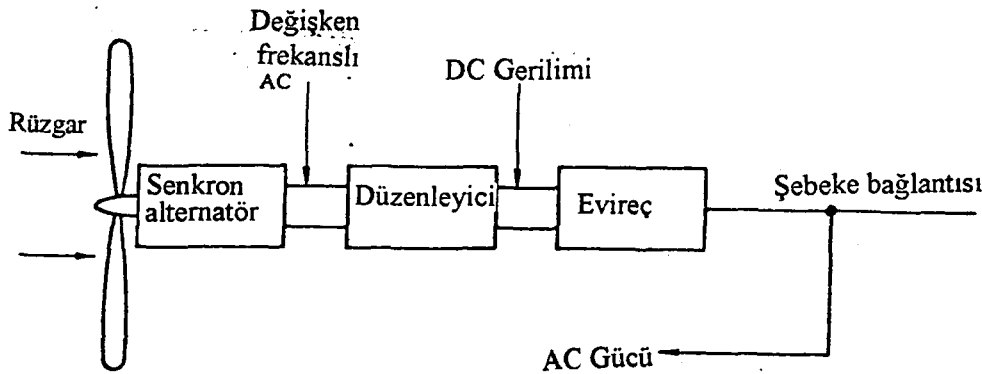
Bu, 120 Voltluk bir AC değiştiricisinin 50-100 V'luk bir giriş aralığında çalışmasına imkan tanımaktadır. Rüzgar hızı geniş bir aralıkta değişim gösterdiği düşünülürse, düzenleme yapmak için bir takım uygulamaların yapılması gereklidir. Jeneratör hızının düzenlenmesi, DC geriliminin özelleştirilmiş bir aralıkta sağlanması imkan tanıyacaktır. Hız düzenlemesi genel olarak kanatların hatvelerinin ayarlanması ile elde edilir.

Aktarma dişlileri sayesinde kanadın devir sayısı 50-100 dev/dak'tan 1000-2000 d/d'ya yani jeneratörün ihtiyaç duyduğu seviyeye getirilir. Genel verim, kanatların cinsine, transmisyon, jeneratöre, düzenleyici devresi ve değiştiriciye bağlıdır.

5.2.2. Senkron alternatör

Senkron alternatör, AC gerilimi üretir. Bu gerilimin frekansı, rotorun hızının ve de kutup sayısının bir fonksiyonudur. Hız düzenlemesi ile bile, alternatörü direkt olarak şebekeye bağlanmasını sağlayan fazla ve frekansta bir değişiklik olacaktır. Alternatör ıkışı rektifiye edilir ve DC'ye dönüştürölür. Bu DC, daha sonra hat frekans çıkışı direkt olarak şebekeye bağlanan senkron değiştiriciye doğru beslenir.

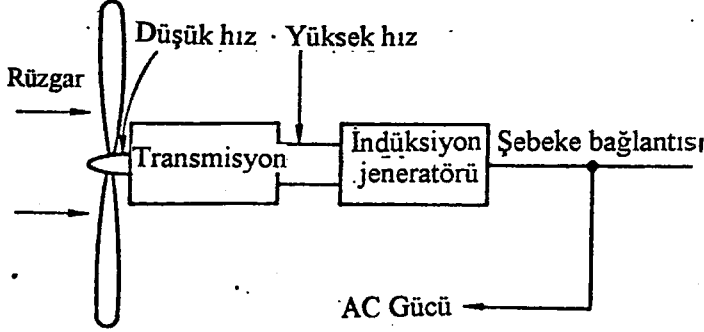
Bu dizayn, alternatörün doğrudan rüzgar türbinine bağlanmasını sağlar. Böylece, dişli kutusuna olan gereksinim de ortadan kalkmış olur. Dişli kutusu masrafı ve verimi düşürmesi gözönüne alındığında ki bu durumda rüzgar santrali enerji üretim sistemlerinin verimi kanatlara, alternatöre, rektifiye ve değiştiriciye bağlıdır.



Şekil 5.3: Senkron alternatör kullanan rüzgar enerjisi üretim sistemleri.

5.2.3. İndüksiyon jeneratörü

İndüksiyon jeneratörü, asenkron jeneratör olarak da bilinir. Makinayı tahrik etmek için aynı bir reaktif güç kaynağı vardır. Ayrıca da senkron hızdan daha hızlı çalıştırılmalıdır. Verim, kanat tipine, dişli kutusuna ve jeneratöre bağlıdır.



Şekil 5.4: İndüksiyon jeneratör kullanan rüzgar enerjisi üretim sistemleri

5.3. Rüzgar Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler

5.3.1. Modern rüzgar türbin teknolojisi

Modern rüzgar türbinlerine baktığımızda dört önemli hususu belirtmek gerekmektedir. Makinanın gücünün kontrolü durdurmalı (stall) veya kanat hareketli (pitch) yapılabilmektedir. Rotorun dönüş hızı sabit veya değişken olabilmektedir. Makinede dişli kutusu bulunabilir veya bulunmayabilir. Ayrıca mekanik frenler vardır. Bu hususlar arasında en belirleyici olan hız denetiminin değişken mi yoksak sabit mi olacağıdır.

Değişken veya sabit hızın her biri için “pitch” veya “stall” ile yani hareket etme veya durdurmalı denetim seçenekleri bulunmaktadır. Bu ise 2 değişken ve 2 tane sabit hız olduğunu gösterir. Sabit hızda kanat açısı değiştirme ve durdurma en bilinen, Danimarka’daki bütün rüzgar türbini imalatçılarınca kullanılan teknolojidir. Sadece Vestas sabit hız “pitch” kontrolünü kullanmaktadır. Son zamanlarda frenleme için “pitch” kullanımına başlanmıştır. Bu delikli kanadın benzeri bir işlevi yerine getirmektedir. Değişken hız seçenekleri modern rüzgar türbini tarihinde daha az popülerdir, fakat git gide önem kazanmaktadır. Küçük Alman şirketleri tarafından geliştirilen yeni rüzgar türbinlerinde değişken hız kullanılmaktadır. 1.5 MW kapasiteli rüzgar türbini değişken hızla çalışmaktadır. Seçeneklerin en zoru “stall” kontrollü değişken hızdır.

5.3.2. Durdurma ve hareket kontrolü

“Stall” ve “pitch”, yani durdurma ve hareket kontrolü nedir? Sabit ve değişken hız kontrolü nedir? Rüzgar türbin kanadının kesidi bir uçak kanadının kesitine benzemektedir. Hava akışının kesite oranla açısı kanadın aerodinamik güçlerini tayin etmektedir. Kanadın biçimini uygun bir şekilde ayarlamak suretiyle bütün türbinin yükü ve gücü yüksek rüzgar hızlarında bile kontrol altında tutulabilmektedir. Kanatlar rüzgar yönü ne olursa olsun kendi durumunu muhafaza etmektedir. Rüzgar hızı arttığı zaman farklı açılar meydana gelmekte ve çok büyük ergonomik güçler oluşturmaktadır. Türbinin gücü böylece sınırlanmaktadır. Bu sistemin güzelliği buradan kaynaklanmakta ve kanatların pozisyonunu değiştirecek bir cihaza gereksinim olmamaktadır. Kolay ve sağlamdır. Ama bazı dezavantajları da vardır. Bu güç kendi başına çok istikrarlı değildir. Türbine gelen güç yüksek rüzgar hızlarında önemli bir şekilde değişebilmektedir.

5.3.3. Rotor hızı sabit veya değişken

Sabit hızlı türbinler doğrudan doğruya şebekeye bağlanmaktadır. Elektrik sistemleri kontrol imkanları yoktur. Reaktif güç kontrol edilememektedir. Bütün rüzgar çalkantıları, doğrudan doğruya türbin tarafından algılanmaktadır. Fakat öte yandan çok kolay ve sağlam bir sistemdir. Değişken hızda elektrik sistemleriyle etkileşim ve denetim kolaylaşmaktadır. AC'den DC'ye tekrar DC'den AC'ye dönüş bir rüzgar türbini ile şebeke arasında olmaktadır. Herhangi bir sapma, gerilim ve frekans değişiklikleri kontrol edilebilmektedir. Güç elektroniği de reaktif gücü vb. kontrol edebilmektedir. Mekanik açıdan ise burada türbulansın neden olduğu yük farkları kontrol edilebilmektedir. Dolayısıyla türbin üzerinde yükler sabit kalabilmektedir.

Tablo 5.2. Kavramların karşılaştırılması

	Değişken hız		Sabit hız	
	Hareketli	Durdurmalı	Hareketli	Durdurmalı
Performans	+	0	0	+
Yük ve dinamik	++	--	-	+
Güç kalitesi	++		+	+
Zayıf şebekeler	+		-	-
Bakım	+		+	+
Fiyat/performans	+		+	+

Tablo 5.2’de kavramların bir karşılaştırılmasını görüyorsunuz. Karşılaştırmanın kriterleri performans, makinenin performansı, yük ve dinamik, makinenin davranışı, güç kalitesi, türbin performansı, frekans ve gerilimin değişken olabileceği şebekelerde türbinin performansı bakım ve tamir ve ayrıca fiyat performans oranıdır. Bu kavramın zorluğu bu kanatların harekete geçmesindeki zorluktur. Sabit hız makineleri için harekete geçmek yüklerde bir artışa sebep olabilir. İki geçerli seçeneğin birinden değişken hız, hareketli denetim diğerinde sabit hız, durdurmalı denetim bulunmaktadır. Sabit hız durdurmalı seçeneğin gerçekten etkileyici bir geçmişi vardır. Genellikle bütün Danimarka rüzgar türbinleri ve pek çok başkaları bu kavramı kullanmaktadırlar. Bu da iyi bir fiyat performans oranına yol açmaktadır.

Dişli kutusu ve frenin çıkarılması bakım kolaylığı sağlamaktadır. Tabii türbinde ne kadar az eleman bulunursa o kadar az problem çıkar. Prensip olarak bir doğrudan tahrikle rüzgar türbini mümkündür. Ancak bütün böyle doğrudan tahrikli jeneratör uygulayan tüm üreticiler hemen değişken hızla işletmeye geçmektedirler. Çünkü doğrudan tahrik de güç elektroniğine ihtiyaç göstermektedir.

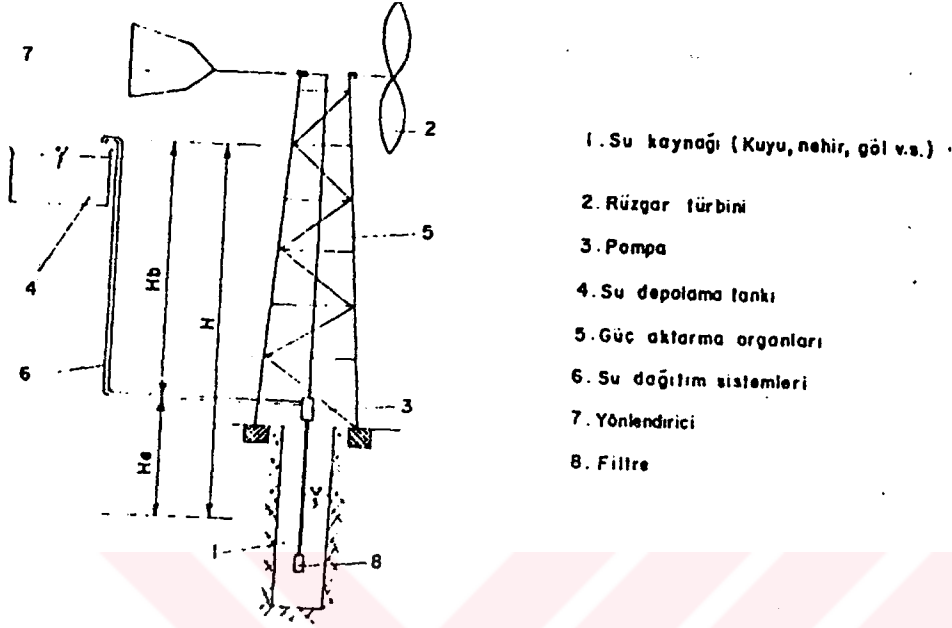
En bilinen teknoloji sabit hızlı durdurmalı türbindir ve bunun başlıca dezavantajı bu kavramın kuvvetli ve istikrarlı elektrik şebekeleri için tasarlanmış olmasıdır. Şebeke çok kuvvetli olmadığı zaman ve yüksek güç kalitesine ihtiyaç olduğu zaman değişken hızlı türbinler daha iyi durumdadırlar. Bu teknolojinin dezavantajı ise sabit hızlı teknoloji kadar çok yerleşmiş olmamasıdır.

5.3.4. Hollanda’daki gelişme

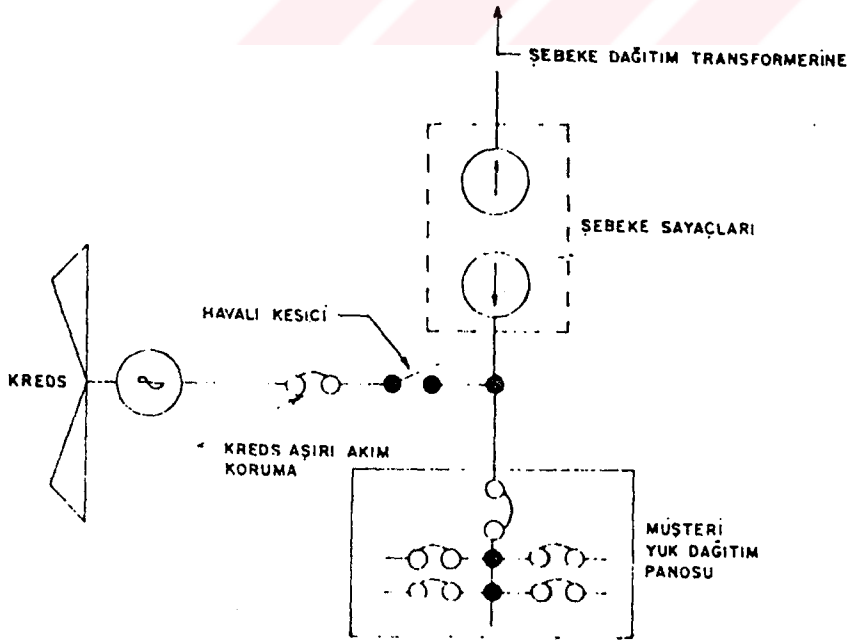
Hollanda’nın Lagerwey firmasının sahibi öğrenciliği sırasında yaşadığı fırtınanın verdiği hasarlardan tanıdığı rüzgarın gücünü işe koşmayı kararlaştırmış ve 1979 yılında ilk türbinini satmıştır. İlk zamanlarda çapı 15 metre olan rotorlar kullanılmıştır. 4-5 yıl önce 600 kW’lık bir makine sadece 37 metrelik bir rotor çapı olarak alıyorlardı. Rotor çapı bazen 44, bazen 46, hatta 47 m’ye kadar büyüyenleri var.

Lagerwey şirketi kurulduğu andan itibaren özellikle değişken hızlı “pitching” i olan türbinleri tercih etmiştir. 80 ve 250 kW’lık makinelerin yeni özellikleri vardır. Kanatlar bir menteşe gibidir. Bir hareket özgürlüğü vardır. Kanat pozisyonunun geriye doğru konuluşu amaçlı olarak yapılmıştır. Bunun temelindeki teknik kavram rüzgarın bu kanatları geri itmesidir.

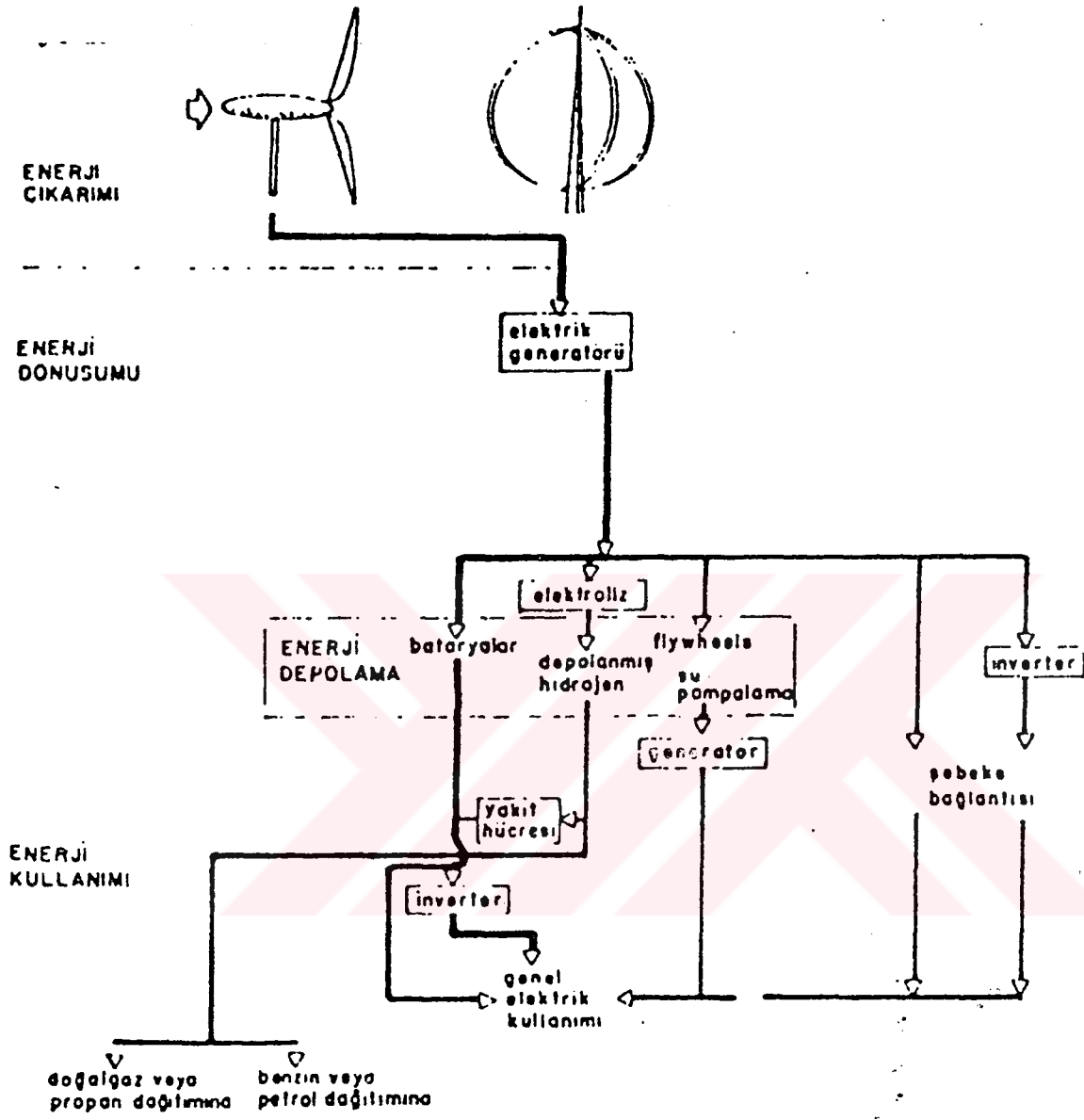
Fakat bu güçlerden dolayı tekrar ileri doğru döndürüyorlar. Yani belirli bir denge mevcut. Bu güçler o denge içerisinde emiliyor. Normal çalışma koşulları altında hiçbir sabit montaj noktası yoktur.



Şekil 5.5: Çok kanatlı rüzgar su pompaj sistemi



Şekil 5.6: Küçük rüzgar enerji dönüşüm sistemleri için şebeke dağıtım bağlantı şeması



Şekil 5.7: Rüzgar enerjisi elektriksel sistem uygulama örnekleri

6. RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

6.1. Dünya’da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Diğer enerji kaynaklarına alternatif teşkil etmeden önce o kaynağın potansiyeli belirlenmelidir. Türkiye’de bu çalışmalar başlatılmış olup son zamanlarda hız verilmiştir. Rüzgar haritası çalışmaları halen devam etmektedir. Yapılan ölçümlere göre bir çok yer tespit edilmiş olup bu yerlerde özel firmalar tarafından projelendirilmiş rüzgar tarlaları mevcuttur. Bunlar genellikle Ege kıyılarında yoğunlaşmıştır. EİE tarafından çeşitli gözlem istasyonlarında rüzgar hızı verileri saptanmaktadır. Bu veriler doğrultusunda Şekil 6.6’daki bölgelere ayrılmış rüzgar haritası ortaya çıkmıştır. Bunun gibi daha detaylı haritaların çizilmesi ile beraber çok daha uygun projeler ortaya çıkacaktır. Şekil 6.6’da görüldüğü üzere en fizibl bölge 1 ile gösterilen Batı Ege-Çanakkale-Muğla civarları ve Hatay’dır. Diğer bölgeler de harita üzerinde önem sırasına göre numaralandırılmıştır.

Dünya geneline bakacak olur isek, Tablo 6.2’de görüldüğü gibi Almanya, Amerika ve Danimarka kurulu rüzgar gücü bakımından ilk 3 sırayı paylaşmaktadırlar. İspanya ise bu listede hızla yukarılara doğru tırmanmaktadır. Türkiye ise 9 MW’lık kurulu rüzgar gücü ile son sıralarda yer almaktadır. Ancak proje aşamasındaki santrallerin kurulması ile beraber hızla liste başlarına doğru tırmanacağı açıktır.

Yine Şekil 6.1’de görüldüğü üzere dünya genelindeki rüzgar hızları yere göre oldukça farklılıklar göstermektedir. Siyah ile gösterilen yerler en iyi rüzgar alan yerlerdir.

Kıtaların rüzgar paylarına bakacak olur isek Şekil 6.3’de Avrupa ve Amerika’nın başı çektiği görülmektedir.

Bizi daha fazla ilgilendirmesi bakımından Avrupa’ yı ele alacak olursak Şekil 6.4’de tüm Avrupa’nın rüzgar gücü potansiyeli incelenmiştir. Burada henüz AB üyesi olmaması bakımından Türkiye üzerinde pek durulmamıştır. Sadece adalarda yüksek rüzgar potansiyeli olduğu gösterilmiştir. Gene bir diğer Avrupa haritasında ana rüzgarlar ve bunların yönleri de harita üzerinde gösterilmiştir. Bunu da Şekil 6.2’de görmekteyiz.

Türkiye’de EİE’nin yürüttüğü rüzgar hızı belirleme çalışmalarına göre en yüksek rüzgar hızları Hatay, Çeşme, Gökçeada, Bozcaada’dır. Şekil 6.8’de bütün EİE ölçüm bölgelerinde elde edilen yıllık ortalama rüzgar hız verileri verilmiştir. Bu grafikten de anlaşıldığı gibi Ege

ve Karadeniz kıyılarındaki rüzgar hızları oldukça yeterli hızlardır. Zaten bu yüzdendir ki kurulması planlanan rüzgar tarlalarının bir çoğu öncelikle Ege olmak üzere bu bölgeler için düşünülmüştür.

6.2. Avrupa’da Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Geçtiğimiz altı yıl boyunca Avrupa’da kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi yılda %40 oranında artmıştır. Bugün Avrupa’daki rüzgar enerjisi projeleri 5 milyon civarında insanın yerel gereksinimlerini karşılayacak yeterlilikte elektrik üretmektedir.

Tablo 6.1. Avrupa’da rüzgar enerjisi

Ülke	Eylül 1999sonu Kapasite (MW)	2003 için öngörülen kapasite (MW)
Danimarka	1606	2645
Finlandiya	32	218
Fransa	22	621
Almanya	3817	6774
Yunanistan	79	265
İrlanda	73	344
İtalya	227	872
Hollanda	405	1179
Portekiz	60	221
İspanya	1180	5580
İsveç	197	896
İngiltere	350	1313
Diğer Ülkeler	91	905
Toplam	8139	21833

Rüzgar enerjisi endüstrisi Avrupa için 2010 yılına kadar 40 000 MW rüzgar enerji kapasitesi kurmak üzere bir hedef koymuştur. Bu hedefe ulaşılmasıyla yaklaşık 50 milyon insana elektrik sağlanacaktır. “2010 da 40 000 MW” kampanyası, Avrupa Komisyonu’nun “AB’deki Yenilenebilir Enerji Kaynakları için Beyaz Rapor”u tarafından da desteklenmektedir. Bu raporda yapılan değerlendirme bu hedeflere erişilebileceğini göstermektedir.

20 türbinden oluşan tipik bir rüzgar çiftliği yaklaşık 1 km²’lik alana kurulabilmektedir. Diğer güç istasyonlarına nazaran rüzgar çiftliği, bulunduğu alanın sadece %1’ini kullanır. Tarım alanlarıyla çiftçilik faaliyetleri türbinlerin hemen altında yapılabilir.

ÜLKE	1999 Mart (MW)	1998 sonu (MW)	1997 sonu (MW)	Nüfus 1996 (Milyon)	Kurulu Kapasite (Watt/şehir)	Alan (km ²)	Kurulu Kapasite (kW/km ²)	Brüt Milli Hasıla 1996(bn.S)	Kurulu Kapasite (MW/bn.S)
Almanya	3.068	2.875	2.081	81,91	37,46	357.021	8,5943	2.364,60	1,3
Amerika	1.856	1.820	1.673	265,28	7	9.809.155	0,1892	7.433,50	0,25
Danimarka	1.560	1.448	1.148	5,26	296,54	43.094	36,1959	168,90	9,24
Hindistan	1.004	968	940	945,12	1,06	3.287.263	0,3056	357,80	2,81
İspanya	834	707	512	39,26	21,24	504.782	1,6522	563,20	1,48
Hollanda	369	361	319	15,52	23,78	41.865	8,814	402,60	0,92
İngiltere	341	333	319	58,78	5,81	242,9	1,4055	1.152,10	0,3
Çin	233	214	166	1221,72	0,19	9.572.395	0,0243	906,10	0,26
İtalya	223	180	103	57,38	3,88	301.323	0,7395	1.140,50	0,2
İsveç	187	174	122	8,84	21,14	449.964	0,4153	227,30	0,82
Kanada	82	82	25	29,96	2,74	9.958.319	0,0082	569,90	0,14
İrlanda	73	73	53	3,63	20,11	70.273	1,03888	62,00	1,18
Yunanistan	63	63	29	10,47	6,02	131.957	0,4774	120,00	0,53
Portekiz	60	60	38	9,93	0,37	92.345	0,6497	100,90	0,59
Japonya	47	47	18	125,76	3,97	377.819	0,1244	5.149,19	0,01
Avusturya	32	32	20	8,06	7,55	83.858	0,3816	226,50	0,14
Kostarika	26	26	20	3,44	0,12	51.060	0,5092	9,08	2,86
Brezilya	20	20	3	161,36	0,33	8.547.404	0,0023	709,59	0,03
Fransa	19	19	10	58,37	3,52	543.965	0,0349	1.533,60	0,01
Finlandiya	18	18	12	5,12	0,93	338.144	0,0532	119,10	0,15
Avustralya	17	17	11	18,31	0,37	7.682.300	0,0022	367,80	0,05
Arjantin	13	13	9	35,22	1,18	2.780.400	0,0047	295,13	0,04
Belçika	12	12	7	10,16	0,18	30.528	0,3931	268,60	0,04
İran	11	11	11	62,51	21,95	1.648.000	0,0067	49,70	0,22
Lüksemburg	9	9	2	0,41	2,05	2.586	3,4803	16,88	0,53
Norveç	9	9	4	4,38	0,14	323.758	0,0278	151,20	0,06
Türkiye	9	9	0	62,7	0,68	779.452	0,0115	177,50	0,05
Çek Cumhuriyeti	7	7	7	10,31	0,18	78.866	0,0888	48,86	0,14
Polonya	7	7	2	38,62	1,05	312.685	0,0224	124,68	0,06
İsrail	6	6	6	5,69	0,08	21.946	0,2734	90,31	0,07
Mısır	5	5	5	59,27	1,39	1.002.000	0,005	64,28	0,08
Yeni Zelanda	5	5	4	3,6	0,1	270.534	0,0185	51,66	0,1
Rusya	5	5	5	147,74	0,03	17.054.400	0,0003	356,03	0,01
Ukrayna	5	5	5	50,72	0,42	603.700	0,0015	60,90	0,08
Meksika	3	3	2	91,83		1.958.201	0,0727	304,60	0,01
İsviçre	3	3	3	7,07		41.284		313,70	0,01
TOPLAM	10.242	9.603	7.694						

Tablo 6.2. Dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü

Türbin çalışma hayatlarının sonuna geldiklerinde kolayca sökülebilmekte ve bulundukları alan eskiden kullanıldığı hale dönüştürülebilmektedir. Türbinlerin sökülmesinin maliyeti genelde türbinlerin arta kalan parçaların parasal değeri ile karşılanabilmektedir.

6.2.1. Rüzgar enerjisinin ekonomikliğı

Rüzgardan elektrik üretimi yeni bir endüstridir. Rüzgar gücünün çevresel yararları gözönüne alınmadan bile bazı ülkelerde rüzgar enerjisi daha şimdiden fosil ve nükleer güç ile rekabet edebilmektedir. Geleneksel güç santrallerinden elde edilen elektriğin maliyeti genelde çevresel etkileri (asit yağmurları, petrol sızıntılarının temizlenmesi, iklim değişikliğinin etkileri) tümüyle hesaba katmamaktadır.

Rüzgar enerjisi üretimi maliyetin azalması ve verimliliğin artması şeklinde iyileşmeye devam etmektedir. Rüzgar enerjisinden elde edilen elektriğin maliyeti kWh başına 5-8 ECU olup bu maliyetin 4 ECU'ya kadar düşmesi beklenmektedir. Rüzgar enerjisi projelerinin tesis edilmesi kolay olup bakımı da ucuzdur. Arazi sahibi çiftçilere ödenen kira bedelleri kırsal alanlarda önemli bir ek gelir sağlamaktadır. İnşaat çalışmaları çoğu kez yöredeki işgücünü seferber eden yerel şirketlerce gerçekleştirilmekte ve bakım işleri için uzun dönemli iş olanakları yaratmaktadır. Rüzgar enerjisi hızlı büyüyen, dünya çapında bir endüstridir. Dünya çapında yaklaşık 60 imalatçı bulunmaktadır ve bunun çoğu Avrupalı'dır.

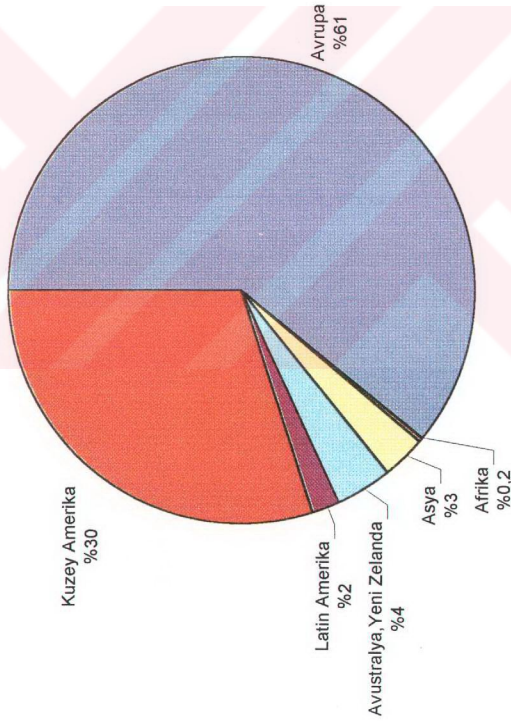
Avrupa Bankalarının en az 10 tanesi ve kamu hizmet şirketlerinin en az 20 tanesi rüzgar enerjisine yatırım yapmaktadır. Danimarka'da 100 000'den fazla birey kişisel yatırımlarını rüzgar enerjisine yapmaktadır.

Rüzgar endüstrisi aynı zamanda önemli bir işverendir. Danimarka Rüzgar Türbinleri İmalatçıları Birliği tarafından yapılan son bir çalışma Danimarka rüzgar endüstrisinin 8500 Danimarkalıya iş sağladığını ve 4000 kişiye de Danimarka dışında çalışma imkanı verdiğini göstermektedir. Danimarka Rüzgar Endüstrisi şu an balıkçılık endüstrisinden daha fazla işçi çalıştırmaktadır. Avrupa'da rüzgar endüstrisinin yarattığı toplam iş sayısının 20.000' i aştığı tahmin edilmektedir.

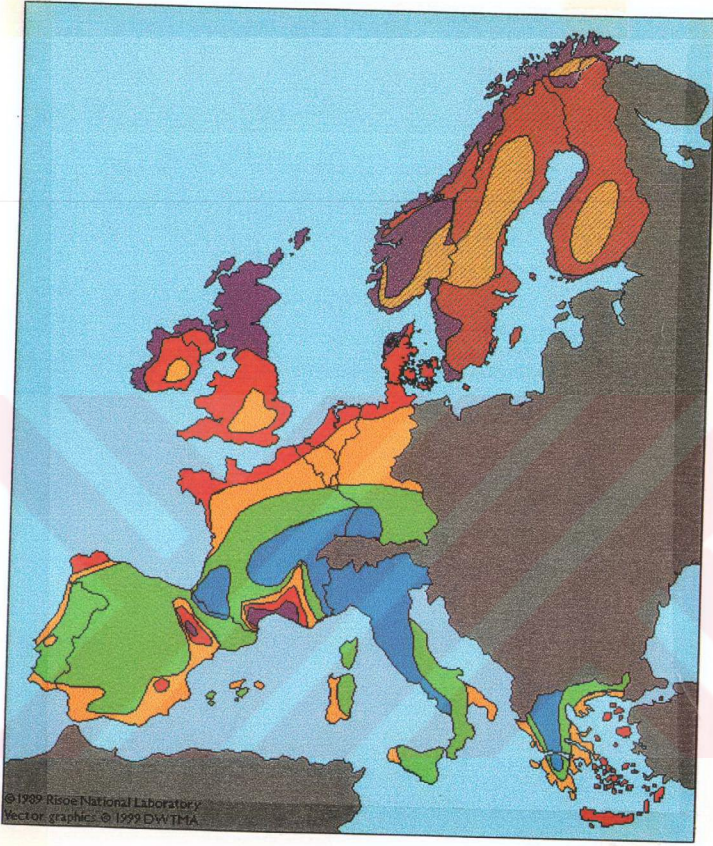
6.2.2. Elektrik üretim maliyetini oluşturan faktörler

- Yatırım maliyeti – güç santrallerinin inşaatı ve şebekeye bağlanması
- İşletme maliyetleri – tesisin işletilmesi, yakıtının sağlanması ve bakımı
- Finansmanı – yatırımcı ve bankalara geri ödeme maliyeti

KITALARIN RÜZGAR PAYLARI

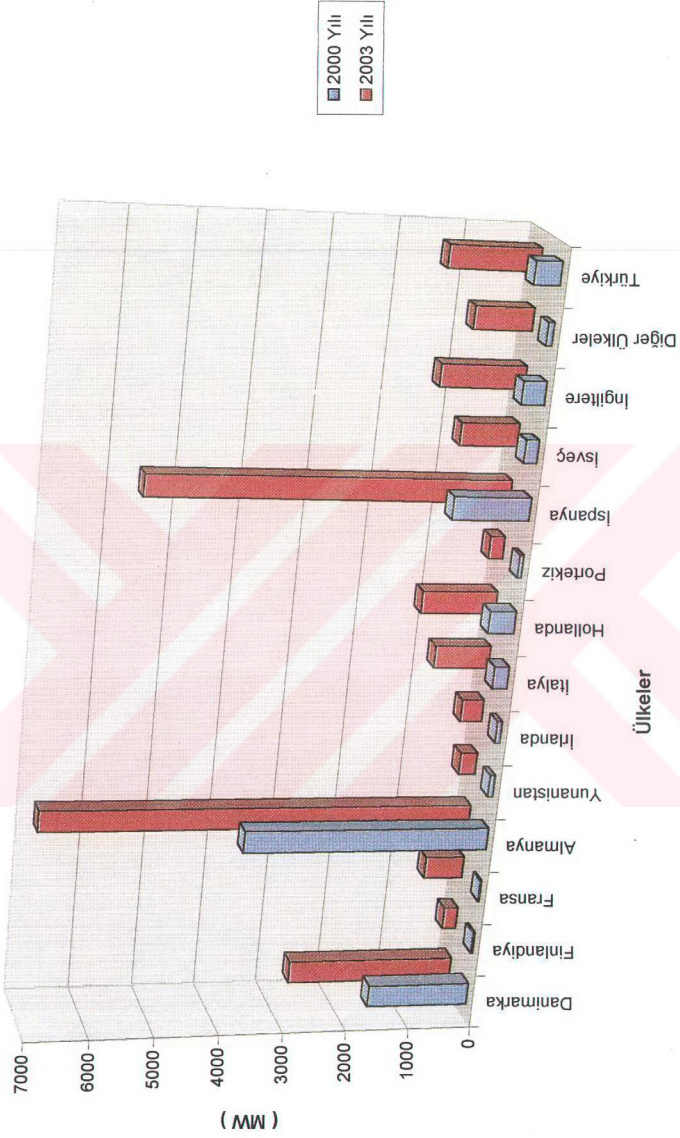


Şekil 6.3: Kıtaların rüzgar payları



Şekil 6.4: Avrupa rüzgar potansiyelleri haritası

Avrupa'da Rüzgar Enerjisi 2000-2003



Şekil 6.5: 2000-2003 yılları arasında Avrupa'da rüzgar enerjisi değerleri

Rüzgar türbinleri için yakıt maliyeti yoktur ve rüzgar bedavadır. Projenin maliyeti ödendikten sonra sadece işletme ve bakım maliyetleri söz konusudur. Yatırım maliyeti toplam maliyetin %75 ile %90'ını oluşturmaktadır.

Türbin maliyeti kW güç başına halen 600-900 ECU'dur. Projenin hazırlanması ve tesis etme maliyetleri kW başına 200-250 ECU daha eklemektedir. Bu rüzgar türbinlerinin toplam maliyetini kW kurulu kapasite başına 1000 ECU'ya ulaştırmaktadır.

Rüzgar enerjisi geliştirmeni işletme maliyeti üretilen kWh elektrik başına yaklaşık 1-2 ECU mertebesinde. Bu maliyet arazi kirası, bakım ve sigorta primlerini kapsamaktadır.

6.2.3. Rüzgar gücünün küresel durumu

Rüzgar gücü yenilenebilir enerji teknolojilerinin en ileri ve ticari olarak mevcut olanıdır. Tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenme olasılığı olmayan bir güç sağlamaktadır. Son yıllarda dünyanın en hızlı büyüyen enerji kaynağı olmuştur.

1998 sonuna gelindiğinde dünya çapındaki hemen hemen 50 ülkede 10.000 MW'dan fazla elektrik üreten rüzgar türbinleri çalışmaktadır. Son altı yılda rüzgar türbinlerinin satışlarındaki ortalama yıllık büyüme %40 civarında gerçekleşmiştir. Rüzgar enerjisi endüstrisi 600 kW büyüklüğünde orta boy makinelerin seri üretimini sürdürmekte ve megawatt büyüklüğündeki 100 adet tasarımın prototiplerini üretmiş bulunmaktadır. Mevcut kurulu kapasitedeki artış (500-600 kW' tan 1.5 MW'a 3 kat) çarpıcıdır ve 1990'dan bu yana çok hızlı bir gelişme gerçekleşmiştir. Büyük ünitelerin ortaya çıkışı, endüstrinin büyük deniz üstü uygulamalara hazırlandığından dolayı, zamanında gerçekleşmiştir.

Son yıllarda rüzgar enerjisinin en başarılı pazarları, özellikle Danimarka, Almanya ve İspanya olmak üzere Avrupa ülkeleridir. Arasında Hindistan, Çin ve Güney Amerika'nın da bulunduğu bazı gelişmekte ülkelerin yanı sıra Amerika Birleşik Devletlerinde de bu teknolojinin kullanımında bir sıçrama görülmektedir. Rüzgar enerjisi bir dizi farklı ekonomi ve coğrafi yapıda başarılı olmaktadır.

Rüzgar enerjisi aynı zamanda en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Rüzgarlı yörelerde yeni geleneksel fosil yakıt ve nükleer üretimi ile daha şimdiden tümüyle rekabet edebilmektedir. Teknoloji geliştikçe ve arazilerden en iyi şekilde yararlanıldığında maliyetleri de azalmaya başlamaktadır.

Çevresel üstünlükleri tanındıkça, birçok ülke hükümet destekli girişimler ile rüzgar enerjisinin gelişimini desteklemeye başlamışlardır. Bu desteklerin hedefi pazarın hareketlendirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, konvansiyonel yakıtların örneğin devlet subvansiyonları yoluyla sağlandıkları hakça olmayan üstünlüklerinin etkisinin azaltılmasıdır. Farklı ülkelerde bir dizi Pazar hareketlendirme mekanizmaları kullanılmıştır.

Araştırma ve geliştirme girişimlerinin desteklenmesi ve elektrik şebekesine rüzgar güç üreticileri için hakça erişim sağlanması teknolojinin sürekli başarısı için önemli unsurlardır.

6.2.4. Rüzgar kaynakları ve elektrik talebi

Bir dizi bilimsel değerlendirme dünyadaki rüzgar kaynaklarının son derece büyük ve 6 kıtaya yayılmış olduğunu göstermiştir. Bu gün dünyadaki mevcut toplam teknik olarak işe koşulabilir rüzgar kaynağı yılda 53.000 Terawatt saattir ve bu dünyanın 1998'deki toplam elektrik tüketiminin yaklaşık 4 katıdır.

Dünyadaki rüzgar kaynakları hiçbir zaman elektrik üretimi için rüzgar gücü kullanımını sınırlayan bir faktör olmayacaktır. 2020 yılına kadar dünya elektriğinin %10'unu rüzgar gücüyle sağlansa bile rüzgar potansiyelinin çoğu hala kullanılamamış olacaktır.

Avrupa yoğun bir rüzgar kaynağına sahip olduğu için şanslıdır. Avrupa'da, gelecek yüzyılın ilk yıllarında gerçekleşmesi beklenen, deniz üstü alanların geliştirilmesi elektrik talebinin karşılanmasında ek potansiyel sağlayacaktır. Teorik olarak rüzgar enerjisi tüm Avrupa'nın elektrik ihtiyacını sağlayabilecektir. Teknik kısıtlamalar nedeniyle rüzgar enerjisinin Avrupa'nın elektrik talebinin %20'sinin karşılamak üzere kullanılması anlamlıdır. Pek çok Avrupa ülkesindeki çalışmalar, elektrik şebekesinin işleyip ve yapısında herhangi bir değişiklik yapmadan, elektrik talebinin %10-20'sinin rüzgar türbinleri ile karşılanabileceğini göstermiştir. Avrupa'da karada ve deniz üzerindeki kombine rüzgar potansiyeli 2020 yılı için öngörülen elektrik talebinin %20'sinden fazlasını karşılamaya yetecektir. Özellikle deniz üstü projeler için iyileştirilmiş teknoloji ve daha ucuza mal olan temeller bu yüzdeyi önemli ölçüde artıracaktır.

Uluslararası Enerji Ajansı dünyanın 2020 yılına kadar elektrik tüketimini iki misli artıracığını öngörmektedir. Elektriğe olan gelecekteki talep artışı, 20 yılda dünyanın elektrik talebinin %10'unu karşılamayı hedefleyen, rüzgar gücünün yılda 2500-3000 Terawatt saatlik elektrik enerjisi üretmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Bugünkü beklenti rüzgar gücünün 1998 ve 2003 yılları arasında yıllık %20 oranında büyümesi ve bu süre sonunda dünyadaki kurulu kapasitenin 33.400 MW'a erişmesidir.

%10'luk hedefe ulaşabilmek için 2004 ile 2010 arasında yıllık %30'luk bir yıllık büyüme kaydedilerek toplam kurulu güç 181.000 MW'a ulaşmalıdır.

2010 yılından itibaren rüzgar gücünün %20'lik büyüme oranları gerçekleştiğinde, 2020 yılı dünya elektrik enerji talebinin %10.85'i rüzgar enerjisinden sağlanabilecektir. 2040 yılında ise rüzgar gücü dünya elektriğinin %20'sini üretebilir duruma gelecektir.

Rüzgar çiftliklerinin gelişimi Avrupa Birliğinin planlama gereksinimlerini beklemekte ve Avrupa Rüzgar Endüstrisi "Rüzgar Türbinlerinin Sorumlu Gelişimi için En İyi Uygulamalar Rehberini" hazırlamıştır.

Rüzgar gücündeki büyüme dünya çapında gerçekleşecektir, fakat en hızlı gelişmenin Avrupa, Kuzey Amerika ve Çin'de olması bekleniyor.

Analiz için temel alınan parametreler:

- 1990'dan bugüne tarihsel veriler ve bugün pazarda yeralan dünyanın öncü şirketlerinden gelen bilgiler
- Dünyanın farklı bölgelerinde işe koşulabilir rüzgar potansiyeli ve elektrik tüketim seviyeleri ve bölgesel pazara giriş sınırlamalarının tutucu öngörümüleri
- "İlerleme oranları"nın incelenmesi ve teknolojiadaki iyileştirmeler, rüzgar enerji endüstrisinin bu hızlı oranlarda genişleme becerisine sahip olduğunu göstermektedir. Rüzgar türbinlerinin güç çıktısı ve verimliliği sürekli bir gelişme göstermiştir. Bu eğilimin sürmesi beklenmektedir.

6.2.5. Yatırım ve maliyet

Dünyanın elektriğinin %10'unun rüzgar enerjisinden elde edilmesinin yıllık yatırım gereksinimleri 1999'da 3 milyar dolar olacak ve 2020 yılında 78 milyar dolara ulaşacaktır. Bu değerler 1990'lı yıllarda ortalama yıl başına 170-200 milyar dolar olan toplam süresel enerji yatırımlarının bir dilimidir. Tabii ki bu dilim rüzgar gücü elektrik sektörünün önemli bir kısmını oluşturduğunda göreceli olarak artacaktır.

Rüzgar gücü ekonomisi ağırlığını koymaktadır. Rüzgar türbinlerinin inşaat ve işletme maliyetleri daha şimdiden önemli ölçüde azalmıştır. Danimarka'da rüzgar enerjisi maliyetleri 1981 ile 1995 yılları arasında 2/3 oranında düşmüştür. Rüzgar gücü elektrik maliyetleri

bugünkü 4.7 sent/kWh değerinden daha da azalacak ve 2013 yılına kadar (14 yıl sonra) 3 sent/kWh seviyesinin altına düşecektir. 2020 yılında üretilen birim elektrik başına maliyetler 2.5 sente kadar gerileyecektir. Bu durum rüzgar enerjisini, büyük ölçekli hidrolik dahil olmak üzere, günümüzün tüm yeni üretim teknolojileri ile rekabet edebilir hale getirecektir.

Avrupa Birliği'nde termik santrallerin elektrik üretim maliyetleri büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Nükleer ve kömür endüstrileri için hükümet desteği, gerçek üretim maliyetlerinin görünenden daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Rüzgar enerjisi fiyatıyla termik kaynaklardan elektrik elde etmenin fiyatının doğrudan karşılaştırılması, çoğu kez yenilenebilir elektrik üretim teknolojilerinin, merkezi santrallere göre, tüketicinin talebini daha yakın mesafeden karşıladığı gerçeğini göz ardı etmektedir.

6.2.6. Rüzgar enerjisini geliştirmenin kısa dönemli üstünlükleri

Ortalama bir sahada modern bir rüzgar türbini üç dört ay içerisinde imalatında kullanılan miktarda enerjiyi üretebilmektedir. Rüzgar çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir. Rüzgar türbinlerinin geri kazanılabilirlik oranı artmakta ve böylece hurda makinelerden daha çok enerji kurtarılabilmektedir.

20 türbinden oluşan tipik bir rüzgar çiftliği yaklaşık 1 km kare alan kaplar ama bu alanın sadece %1'ini kullanmaktadır. Geri kalan alanlar çiftlik için yada doğal alan olarak kullanılabilir. Bunun gibi bir proje 6500 ila 10000 arasında evin elektrik gereksinimini karşılayabilmektedir.

Rüzgar türbinleri karayolu trafiği, trenler, uçaklar ya da inşaat faaliyetleriyle karşılaştırıldığında rüzgar türbinleri çok düşük seviyede gürültü üretirler. Rüzgar çiftliğinin hemen yakınındaki bir ev, bir şelaleye 50-100 mt. uzaklıktaki bir evden daha az gürültü duyar. Rüzgar çiftliklerine en yakın evlerin dışında gürültü 50-100 metre bu tipik bir oturma odasının gürültülü atmosferinin hemen yandaki kütüphane ya da dinlenme salonu gibi sessiz sakin bir yerden duyulması gibi bir sestir.

6.2.7. Rüzgar enerjisinin gelişimi

Rüzgar enerjisinin desteklenmesinin farklı biçimleri mevcuttur. Bunların arasında en çok kullanılanlar

- Ulusal "ARGE" programlarının genel kamu finansmanı
- Rüzgar türbinlerinin tesisine doğrudan yatırım sübvansiyonları

- İngiliz NFFO (Fosil Dışı Yakıt Zorunluluğu) benzeri ihale süreçleri
- Kamu şebekesine verilen elektriğin karşılığında sabit bir fiyat ödenmesi

Avrupa’da sabit fiyat ödeme yöntemi dinamik pazar geliştirilmesinde, endüstrinin gelişerek iş kapasitesi yaratmasında en başarılı yöntem olarak bulunmuştur. Almanya ve Danimarka’da da sabit bedel ödeme çok başarılı olmuştur.

Tablo 6.3.EİKT-Avrupa ülkelerinde rüzgar için yöre ve teknik potansiyeli özeti

EİKT-Avrupa	Toplam yüzölçüm 1000 km ²	Potansiyel rüzgar sınıfı>3 1000 km ²	Yöre potansiyeli Km ²	Teknik Potansiyel	
				GW	TWh/yr
Avusturya	84	40	200	2	3
Belçika	31	7	280	2	5
Danimarka	43	43	1720	14	29
Finlandiya	337	17	440	4	7
Fransa	547	216	5080	42	85
Almanya	357	39	1400	12	24
İngiltere	244	171	6840	57	114
Yunanistan	132	73	2640	22	44
İzlanda	103	103	2080	17	34
İrlanda	70	67	2680	22	44
İtalya	301	194	4160	35	69
Lüksemburg	3	0	0	0	0
Hollanda	41	10	400	3	7
Norveç	324	217	4560	38	76
Portekiz	92	31	880	7	15
İspanya	505	200	5160	43	86
İsveç	450	119	2440	20	41
İsviçre	41	21	80	1	1
Türkiye	781	418	9960	83	166

Van Wijk, A.J.M.; Coelingh, J.P. (1993), OECD Ülkelerinde Rüzgar Enerjisi Potansiyeli. 93091. Utrecht, Hollanda: Utrecht Üniversitesi; 35 s.

6.3. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Türkiye’de son yıllarda gittikçe artan enerji darboğazı, üretimin sabit kalması ya da çok az artması, tüketiminin ise çok büyük bir hızla artması karşısında, gelecekte de büyüyecek bir sorun olarak karşımızda duruyor. Bu durum karşısında ülkemizin doğal kaynaklarından yararlanarak alternatif enerji sistemlerinin uygulanması, soruna genel ve kesin olmayan, ancak gelecek için umut verici bir çözüm olması nedeniyle gün geçtikçe artan bir önem kazanıyor. Bu enerji kaynaklarından rüzgar, ülkemizde de çok iyi değerlere sahip olması, sınırsız, temiz, çevreyi kirletmeyen bir enerji kaynağı olması dolayısıyla öne çıkıyor.

6.3.1. Türkiye’de acil olarak rüzgar enerjisine neden ihtiyaç vardır?

Rüzgar güç sistemleri acilen yeni kapasite kurmaya gerek duyan gelişmekte olan ülkelerin gereksinimleri için birebirdir. Temel elektrik altyapısı ve gücün taşınması için şebeke yatırımları gerektiren büyük güç santralleri ile karşılaştırıldığında, göreceli olarak daha ucuz ve hızlı bir şekilde devreye sokulabilirler. Rüzgar enerjisi fosil yakıtlar tarafından üretilmek durumunda olan gücün miktarını azaltmak üzere mevcut elektrik sistemlerine entegre edilebilir. Bu zehirli gazların emisyonunu durduracaktır.

6.3.2. Türkiye’deki rüzgar enerjisi kaynakları

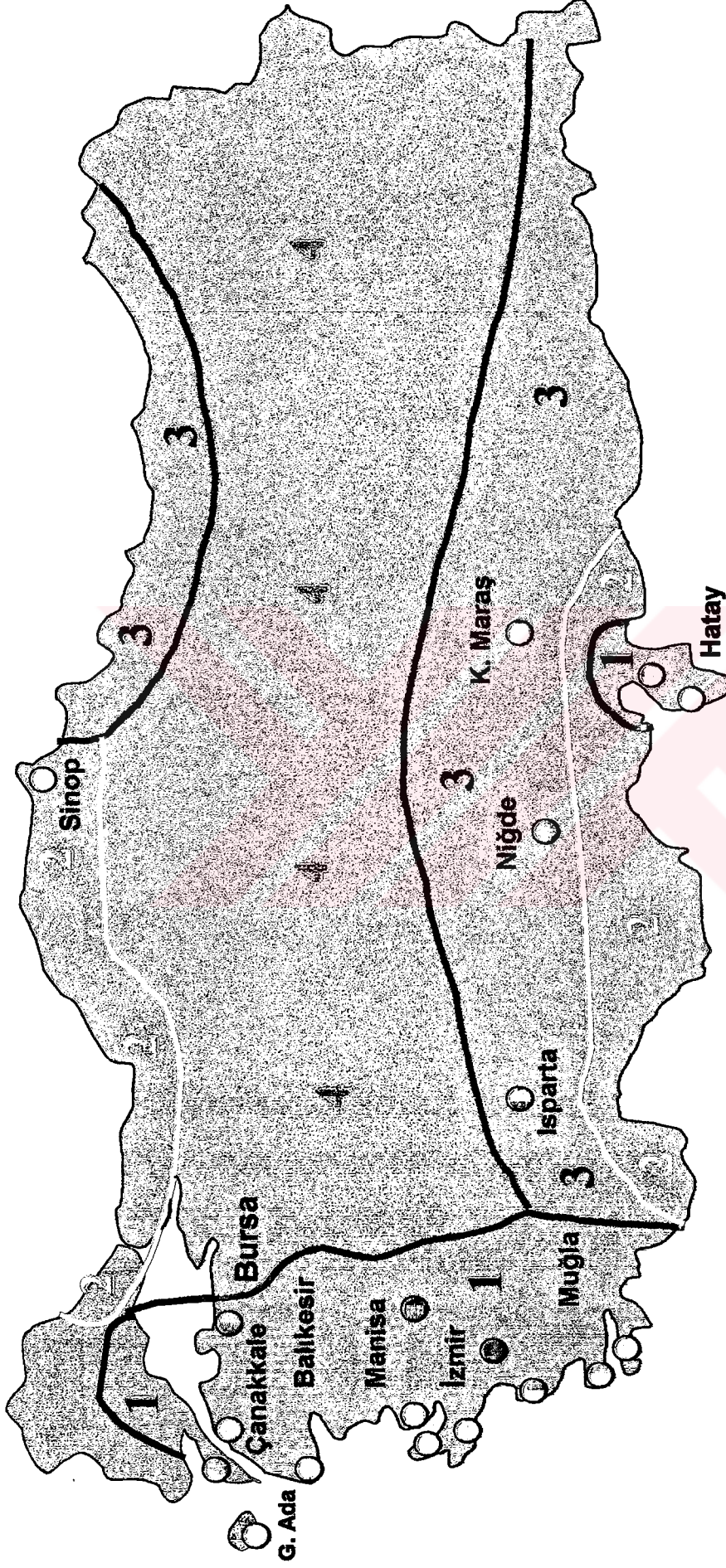
Türkiye’deki rüzgar enerjisi kaynakları teorik olarak Türkiye’nin elektriğinin tamamını karşılayabilecek yeterliliktedir. Fakat rüzgar enerjisinin sisteme girişinin tutarlı bir biçiminde gerçekleşmesini kolaylaştırmak üzere gerekli altyapı tasarımlanmalıdır. EİKT Avrupa Ülkelerinde Rüzgar Enerji Potansiyelinin bir özeti aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi Türkiye Avrupa’da rüzgar enerjisi potansiyeli en ümit verici olan ülkedir.

Türkiye’nin teknik potansiyeli 83.000 MW’ dir. Bu, Türkiye’nin biran önce kullanması gereken önemli bir rüzgar enerjisi potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Türkiye’nin Anadolu ve Rumeli kısımlarına dengeli bir dağılımla seçilen 20 meteorolojik istasyon çevresinde Türkiye Rüzgar Atlası çalışmaları Dr. Tanay Sıdkı Uyar ve çalışma arkadaşları tarafından 1989 yılında tamamlanmıştır. Bu çalışma meteoroloji istasyonlarında toplanan verilerin rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla yapılacak çalışmalarda kullanılabilecek düzeyde temsili olmadığını kanıtlamıştır.

RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYEL ALANLARI

57



EİEl Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları

1. Ekonomik Olarak Fizibil Bölge

2. Üretim Verici Bölge

3. Rüzgarlı Bölge

4. Geliştirilmemiş Bölge

Şekil 6.6: Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel alanları haritası

Türkiye Rüzgar Enerji Birliği TÜREB'in kuruluşundan sonra yatırımcılar, akademisyenler, imalatçılar ve diğerleri Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimini desteklemek üzere bir araya geldiler.

1996 yılında da ETKB'nin Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanıma ilişkin politikası pek iyimser değildir. Resmi açıklamalar Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimine çok şans tanımıyorlardı.

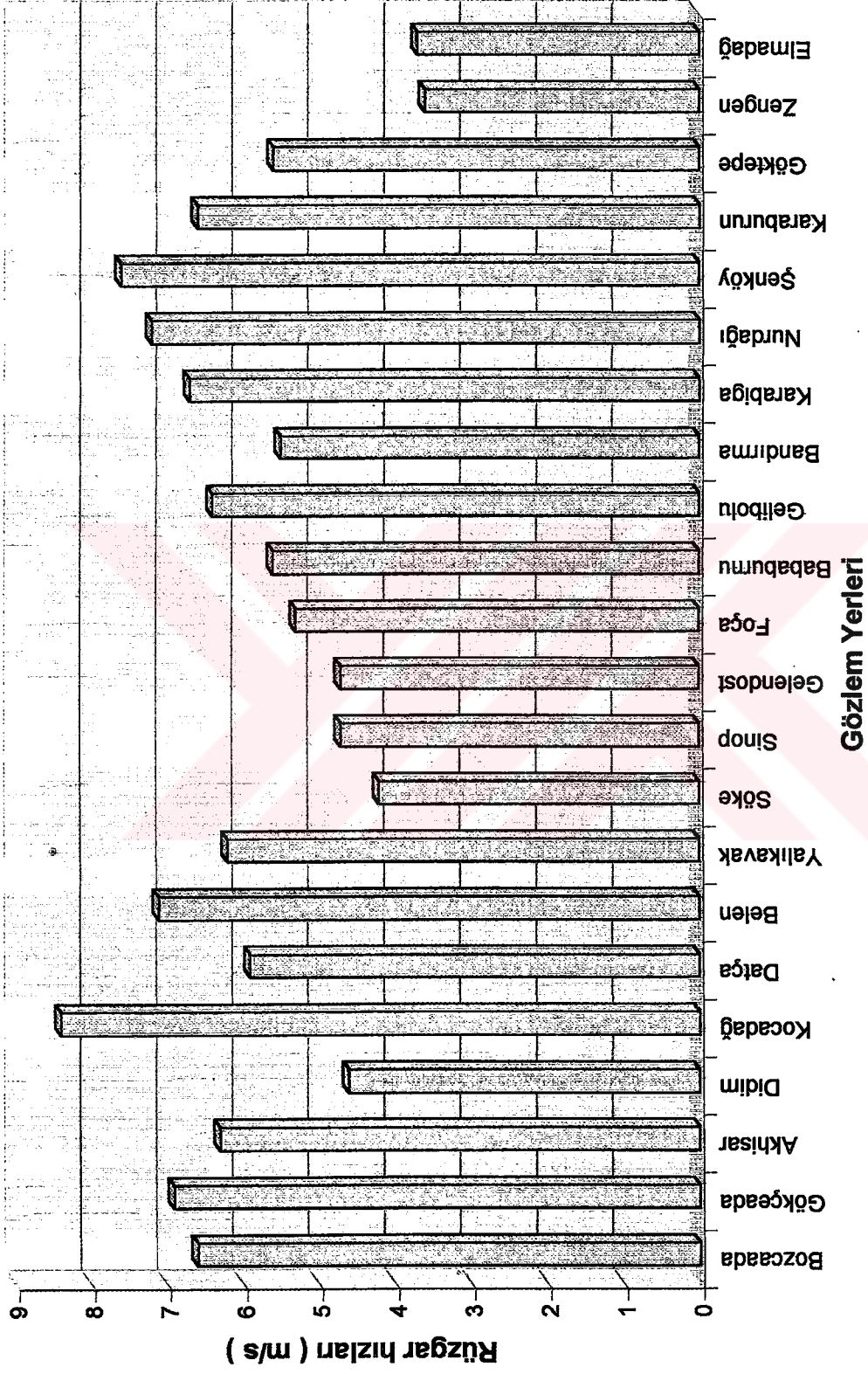
Son üç yıldır, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği'nin çabaları ve ETKB ile Elektrik İşleri Etüd İdaresinin (EİEİ) TUREB Çalışmalarına katılımı sonrası Türkiye'deki rüzgar enerjisi potansiyeli kabul görmeye başlamıştır.

6.3.3. Türkiye'de rüzgar enerjisi gelişimi ve mevcut durum

Gelişmeler rüzgardan elektrik üretiminin cazibesini ortaya koymaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye'de çok büyük bir rüzgar potansiyeli olmasına rağmen A.B.D. ve Avrupa'daki bu hızlı gelişmeye uyararak uydurulamamış, son 1-2 yıldan beri özel sektör yatırımları ve Enerji bakanlığı yetkililerinin konuya hassasiyetle eğilmesi sonucu Türkiye'de rüzgar elektrik santralleri yatırımları başlamıştır. İlk defa 1998 yılında Çeşme Germiyan'da 1500 kW'lık Otoproduktör statüsünde bir rüzgar santrali kurulmuştur. Bunu takiben Çeşme Alaçatı'da Yap İşlet Devret modeli ile 7.2 MW'lık 12 adet türbinden oluşan ikinci bir rüzgar santrali işletmeye alınmıştır ve ulusal şebekeye elektrik vermeye devam etmektedir. Ayrıca toplam 600 MW'lık rüzgar santrali kurulması konusunda 10-15 firmanın Enerji Bakanlığına müracaatları yapılmış olup, etüt ve fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Rüzgar santrali kurulması konusunda 10-15 firmanın Enerji Bakanlığına müracaatları yapılmış olup, etüt ve fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Rüzgar santrali kurulması için seçilen İzmir Çeşme yöresi, Marmara ve Çanakkale civarı, Akhisar yöresi, Hatay ve İskenderun yöreleridir. Bu bölgeler rüzgar potansiyelinin en fazla olduğu yörelerdir. Ayrıca bütün Ege kıyısı, Marmara bölgesi, batı ve orta Karadeniz bölgesi de rüzgar enerjisi için uygun bölgelerdir. Şu anda Türkiye'de rüzgar elektrik santrallerinin daha da fazla yaygınlaşmasının önünde önemli bir altyapı sorunu vardır.

Bu sorun rüzgar potansiyeli olan yörelerdeki elektrik şebekelerinin, kurulacak bu güçleri taşıyacak kapasiteye henüz erişmemiş olmasıdır. Devletin bu konuda rüzgar enerjisi yatırımlarına paralel olarak şebeke kapasitelerini artırması gerekmektedir. Bu sorun yeri kurulacak veya kurulmakta olan hidroelektrik ve şebeke bağlantılı doğalgaz santralleri içinde geçerlidir. Elektrik üretim ve dağıtımının özelleştirildiği ve elektrik üretiminin yaygınlaştığı ve teşvik gördüğü bu dönemde devlete düşen en büyük görev, mevcut hat kapasitelerinin artırılması için gerekli önlemleri zamanında almasıdır.

EİE GÖZLEM İSTASYONLARININ YILLIK ORTALAMA RÜZGAR HIZLARI



Şekil 6.8: Çeşitli gözlem yerlerine göre EİE yıllık ortalama rüzgar hızları değerleri

Bugüne kadar ETKB tarafından değerlendirilen 39 adet Rüzgar Çiftliği projesi bulunmaktadır. Bu projelerin toplam kapasitesi 1370 ila 1440 MW'dir. Bu 39 projenin, 215 MW'lık kapasiteye sahip 8 tanesinin yatırımcılarla yapılan görüşmeleri sonuçlandırılmıştır.

ETKB'nin 9 Eylül 1999'da açtığı YİD Modeli ile Rüzgar Güç Santralleri Yaptırılması konusundaki resmi ihale gündemdeki toplam proje sayısını 55'e çıkartmıştır. Böylece Türkiye'de gerçekleşme aşamasına girmiş rüzgar güç santrallerinin toplam kurulu gücü 1700 MW'a ulaşmıştır.

Rüzgardan üretilen elektriğe, kirlenici emisyonlar olmadan üretilen elektriğin çevresel yararlarını yansıtan, hakça bir bedel ödenmesi ve iyi organize olmuş bir kurumsal alt yapı ve rüzgar enerjisinin planlama yönetmeliklerinin hazırlanması durumunda, Türkiye'de rüzgar enerjisi kurulu gücünün gelişiminde kolayca aşağıdaki hedeflere ulaşılacaktır.

Tablo 6.4. Türkiye rüzgar enerjisi için mümkün hedefler

Yıl	Kurulu Kapasite (MW)
2000	400
2003	1400
2005	5.000
2010	10.000
2020	20.000

Tablo 6.5. Türkiye rüzgar endüstrisi tarafından yaratılacak iş sayısı

Yıl	Kurulu Kapasite (MW) YEKAB-Hedefi	Yaratılan İş Adam Yıl
2000	400	8.000
2003	1.400	28.000
2005	5.000	100.000
2010	10.000	200.000
2020	20.000	400.000

Tablo 6.6'de ETKB'nin gelecek yıllar için öngördüğü kurulu güç kapasitesi içinde rüzgar enerjisi kullanımıyla oluşturulabilecek üretim kapasitesi payları verilmiştir.

Tablo 6.6. Rüzgar enerjisi kullanımıyla oluşturulabilecek üretim kapasitesi payları

ETKB’NİN ÖNGÖRÜMÜ	ELEKTRİK	KAPASİTE	YEKAB Kurulu Güç Hedefleri Esas Alınarak
Yıl		Kurulu Kapasite	Toplam kurulu kapasitenin %’si olarak rüzgar payı
2000		30000	1.33
2010		65000	15.38
2020		110000	18.18

Türkiye 2020 yılında kurmayı hedeflediği toplam elektrik enerjisi üretim kapasitesinin %18’i kadar rüzgar güç santral kapasitesini mevcut altyapıda radikal değişiklikler yapmadan tesis edebilecektir. Bu hedefe ulaşılabilmesi için

- Türkiye’de rüzgar gücü tesisi için uzun vadeli hedefler konmalıdır.
- Halen yenilenebilir enerji kaynakları ve enerjinin etkin kullanımını cezalandıran kömür, akaryakıt ve doğal gazla sağlanan teşvikler ve sübvansiyonlar kaldırılmalıdır.
- Enerji sektörüne ilişkin kararlar alınırken fosil ve nükleer güç santrallerinin neden olduğu toplumsal maliyetler ekonomik fizibilite çalışmalarında hesaba katılmalıdır.

Tablo 6.7. Türkiye’de kurulma hazırlıkları sürdürülen rüzgar güç santralleri

Projenin Adı	Başvuran Firma	Yeri	Gücü
Çeşme Alaçatı Rüzgar Santrali	ARES A.Ş.	İzmir-Çeşme Alaçatı	7.2 MW
Kocadağ Santrali	AS MAKİNSAN	İzmir-Çeşme Kocadağ	50.4 MW
Çanakkale Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Çanakkale	30 MW
Bozcaada Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	Çanakkale Bozcaada	10.2 MW
Mazıdağı Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	İzmir-Çeşme Alaçatı	39 MW
İntepe Rüzgar Santrali	INTERWIND	Çanakkale-İntepe	30 MW
Datça Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	Datça-Muğla	28.8 MW
Datça Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	Muğla-Datça	12.54 MW
Yalıkavak Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	Muğla-Bodrum Yalıkavak	7.92 MW
Bandırma Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	Balıkesir-Bandırma	15 MW
Çeşme Rüzgar Santrali	PROKON	İzmir-Çeşme	12 MW
Akhisar Rüzgar Santrali	AK-EN İNŞAAT	Manisa-Akhisar	12 MW
Akhisar Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	Manisa-Akhisar	30 MW
Beyoba Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	Manisa-Akhisar (Beyoba)	7.92 MW
Karaburun Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	İzmir-Karaburun	22.5 MW
Hacıömerli Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	İzmir-Hacıömerli	45. MW
Kocadağ Rüzgar Santrali	MAGE A.Ş.	İzmir-Çeşme (KOCADAĞ)	26.25 MW
Gökçeada Rüzgar Santrali	SİRELKO	Çanakkale-Gökçeada	5 MW
Yaylaköy Rüzgar Santrali	MAGE A.Ş.	İzmir-Karaburun	15 MW
Lapseki Rüzgar Santrali	ATLANTİS TİCARET	Çanakkale-Lapseki	15 MW
Şenköy Rüzgar Santrali	AKFIRAT A.Ş.	Hatay-Şenköy	12 MW
Belen Rüzgar Santrali	TEKNİK TİCARET	Belen-Hatay	20-30 MW
Kumkale Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	Çanakkale-Kumkale	12.6 MW
Mazıdağı-2 Rüzgar Santrali	DEMİNER HOLDİNG	İzmir-Çeşme	90 MW
Mazıdağı-3 Rüzgar Santrali	YAPISAN LTD.	İzmir-Çeşme	39.6 MW
Kapıdağ Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Erdek-Balıkesir	20-35 MW
Karabiga Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Karabiga-Çanakkale	15-50 MW
Yellice Belen Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Yellice-Belen Karaburun	70-100 MW
Zeytinbğa Rüzgar Santrali	Deryalar LTD.	Bursa-Zeytinbağ	30-60 MW
ÇERES (Çeşme) Rüzgar Santrali	INTERWIND LTD.	Çeşme	18-25.5 MW
Taştepe Rüzgar Santrali	FORA A.Ş.	Taştepe-Bandırma	37.8 MW
Kocaali Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Tekirdağ-Şarköy	31.2 MW
Topdağ Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Sinop	33 MW

Paşalimanı Rüzgar Santrali	AS MAKİNSAN	Kapıdağ-Marmara	9 MW
Seyitli Rüzgar Santrali	DERİN LTD.	Aliğa	51 MW
Güzelyer Rüzgar Santrali	ENDA Üretim A.Ş.	Çeşme	50.4 MW
Yenişakran Rüzgar Santrali	YAPISAN İNŞAAT	Aliğa-Bahçedere	54 MW
Ekinli Rüzgar Santrali	DERYALAR LTD.	Karacabey-Bandırma	39.6 MW

6.3.4. RES projelerinin dağılımları

Enerji arzının sağlanmasında konvansiyonel kaynaklar yanında yeni ve yenilenebilir kaynaklardan da yararlanılması ve yakıt çeşitliliğinin sağlanması olarak belirlenen Bakanlık politikası doğrultusunda başta rüzgar enerjisi olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının YİD modeli kapsamında değerlendirilmesine önem verilmektedir.

Tablo 6.8.Rüzgar enerjisi projeleri (Olumlu DPT görüşü alan ve Danıştay'a gönderilecek)

Proje Adı	Yakıt Tipi	Kurulu Gücü (MW)
Çeşme-Kocadağ RES	RÜZGAR	50.4
Çanakkale-Karacaören RES	RÜZGAR	30
Çeşme-Mazıdağı RES	RÜZGAR	39
Datça RES	RÜZGAR	28.8
Çanakkale-İntepe RES	RÜZGAR	30
Bandırma RES	RÜZGAR	15
Çanakkale-Bozcaada RES	RÜZGAR	10.2
TOPLAM	RÜZGAR	203.4

*12 MW KURULU GÜÇTE İZMİR-ÇEŞME PROJESİ İÇİN DPT GÖRÜŞÜ BEKLENMEKTEDİR.

Tablo 6.9.Rüzgar enerjisi projeleri (Devamı)

PROJELER	ADET	KURULU GÜCÜ (MW)
Fizibilite Raporu Değerlendirme Çalışmaları Devam Eden	7	233
Revize Fizibilite Raporları Beklenen	3	47
Fizibilite Raporu Beklenen	5	122
Ön Başvuru Aşamasında Olan (Böl.Fiz.Raporu İstenen)	15	580-680
Ön Başvuru Aşamasında Olan (Böl. Fiz. Raporu İçin Makam Onayı Alınacak Olan)	4	295
TOPLAM	34	1277-1377

Tablo 6.10. Rüzgar enerjisi projelerinin illere göre dağılımı

YER	ADET
İzmir	16
Çanakkale	7
Manisa-Akhisar-Soma	4
Muğla	2
Hatay	2
Balıkesir	7
Sinop	1
Tekirdağ	1
Bursa	2
TOPLAM	42



7. RÜZGAR ENERJİSİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİNİN EKONOMİK DURUMU

7.1. Tanıtım

Ekonomik değerlendirme, yalnızca elektrik şebekesine bağlı, çalışma koşulları bilinen büyük rüzgar türbinleri için yapılmaktadır. Bu değerlendirme sonucunda rüzgar türbin tesisinin ekonomik olup olmadığı görülür. Küçük ve orta güçteki tesisler böyle bir değerlendirme için uygun değildir.

RED sistemlerinin ekonomik değerlendirilmesi yapılırken gözönüne alınacak unsurlar 5 sınıfta incelenebilir.

- I. Rüzgar kaynağının özellikleri
- II. Yük karakteristikleri
- III. Sistem performansı
- IV. Sistemin toplam maliyeti
- V. Ekonomik çevre

- Rakip enerji maliyeti
- Finans terimleri
- Genel enflasyon yüzdesi
- İstenen geri ödeme oranı
- Vergi oranları
- Vergi teşvikleri
- Kullanıcı türü
- Tesis yılı

7.2. Ekonomik Değerlendirme

Ekonomik analizde, sistemin fayda ve maliyeti, “ömür boyu maliyet hesabı” yöntemine göre yapılır. Kullanılan zaman periyodu, rüzgar türbin generatörün tahmini ömrüne eşittir. Sistemin fiyatı, maliyetin ilk ve en önemli elemanıdır. Bunun yanı sıra aşağıdaki öğeler de maliyeti etkiler.

- Arazi maliyeti
- Alt yapı harcamaları
- Kule ve temelin maliyeti
- RED sistemlerinin maliyeti

- Karma sistemler için tamamlayıcı ekipman maliyeti
- Bağlantı ekipman maliyeti
- Depolama sistemi maliyeti
- Nakil ve taşıma maliyeti
- Montaj maliyeti
- Vergiler

Diğer ilgili maliyetler ise ayrıca belirlenmelidir. Bunlar;

- Sigorta
- Arazi vergisi
- İşletim ve bakım maliyeti
- Rakip yakıt maliyeti
- Şebeke üretimli elektriğin maliyeti
- Kredi faizi

Farklı alternatifler arasında kıyaslama yapılırken, hangi ekonomik kavramın seçileceği konusunda karar verilmesi gerekir. Çoğunlukla, “şimdiki değer” olarak adlandırılan bir yöntem kullanılır. Bu yöntemde, enflasyon oranı indirgeme işlemine katılır ve birçok yıla yayılmış olan yatırımların şimdiki değer cinsinden net maliyeti hesaplanmış olur.

Değişik kaynaklarla rüzgar arasında karşılaştırma yapılırken, elde güvenilir rakamların bulunmaması bir dezavantajdır. İngiltere’de elektrik endüstrisinin özelleştirilmesi ile farklı kaynaklardan elde edilen elektriğin maliyeti yeni bir boyut kazanmıştır. Bu ülkede, termik santrallerden elde edilen elektriğin maliyeti yaklaşık olarak 0,06 ECU/kWh’dır. Günümüzde, rüzgar tarlalarından üretilen elektrik çok az bir miktar daha pahalıdır. Bununla birlikte, dış maliyetler göz önüne alınırsa (bu yaklaşık 0,03 ECU/kWh olarak belirtilebilir), denge rüzgar enerjisi lehine dönecektir. Gelecek on yıl içinde fosil yakıtlardan sağlanan elektriğin maliyetinin düzenli olarak artacağı buna karşılık, rüzgar enerji maliyetinin %20 veya %25 oranında azalacağı beklenmektedir.

7.3. Rüzgar Enerjisi Genel Durum

20. yy. ikinci yarısından sonra Avrupa’da yaygın bir şekilde rüzgar türbinleri aracılığıyla elektrik üretimi için araştırmalar yapılmıştır. Danimarka bugün mevcut elektrik enerjisinin %8,5’luk kısmını rüzgardan üretmektedir. Rüzgar türbini üreten firmalar AR-GE ve pazar

edinme konularında büyük çalışmalar yapmaktadırlar. Günümüzde rüzgar türbinleri büyük bir pazar oluşturmuş olup sertifikalı olarak dünyanın büyük marketlerinde alıcı beklemektedir.

Rüzgar enerjisi dönüştürme sistemleri 50 Watt ile 2-3 MW arasında elektrik veya mekanik gücü sağlayabilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin büyük çoğunluğu 3 kanatlıdır. 20-65 metrelik kanat çapları ve 30-70 metre yükseklikteki kuleleriyle elektrik şebekesine bağlanmaktadır.

1996 yılında dünya çapında kurulan rüzgar türbini kapasitesi, yaklaşık 1200 MW civarındaydı. Büyük çoğunluğu Avrupa'da işletilen rüzgar türbin kapasitesi 1997 yılı sonunda 4794 MW, dünyada 7636 MW'a ulaşmış olup 1 MW yaklaşık 1 milyon \$'a mal olmaktadır.

1990 yılında rüzgardan elde edilen 1 kWh elektrik enerjisinin maliyeti 0.04-0.135 \$ iken, 2020 yılında bu rakamların 0.028-0.085 \$'a düşürülebileceği tahmin edilmektedir.

Tablo 7.1. Avrupa'da rüzgar enerjisinin kWh alış fiyatları.

ÜLKE	ECU	US \$
İtalya	0.091	0.1026
Almanya	0.090	0.1015
Danimarka	0.077	0.0868
İngiltere	0.051-0.076	0.0575-0.0857
İspanya	0.050-0.075	0.056-0.0845
Hollanda	0.074	0.0834

7.4. Şebeke Bağlantılı Uygulamalar

Bunlar merkezi bir yerde çok sayıda tesis edilmiş türbinlerdir. 1990'da dünyada rüzgar santrali kurulu gücü 2.160 MW iken, 1993'de 2500 MW'a, 1994'de 3.738 MW'a 1995'de 4.843 MW'a, 1996'da 6100 MW'a ve 1997 yılı sonunda ise 7636 MW'a yükselmiş bulunmaktadır. Bu türbinlerin tipik büyüklükleri 100-750 kW'dır.

Tablo 7.2. Ülkelerin toplam kurulu güçleri, toplam kurulu rüzgar güçleri ve rüzgar gücü

Ülke	Toplam Kurulu Güç (MW)	Kurulu Rüzgar Gücü (MW)	Rüzgar Gücü Oranı (%)
ABD	*	1590	**
Almanya	115.000	1.545	1.343
Danimarka	10.068	857	8.512
Hindistan	*	816	**
Hollanda	18.900	299	1.582
İngiltere	68.065	270	0.397
İspanya	46.282	249	0.538
İsveç	34.608	105	0.303

7.5. Ekonomik Durum

Rüzgarlı bir bölgedeki rüzgar enerjisinin maliyeti, kömür, nükleer ve doğal gaz santralleriyle karşılaştırıldığı zaman, ortaya aşağıdaki sonuçlar çıkmaktadır.

Tablo 7.3.Elektrik üretimi maliyeti (cent/kWh)

	Sermaye	Yakıt	Bakım&Onarım	Toplam	Dış mas.	Toplam maliyet
Rüzgar	3.0-3.8	0	0.8-1.0	3.8-4.8	0.04	3.8-4.8
Kömür	1.7-2.4	1.6	1.0	4.3-5.0	2.0	6.3-7.0
Nükleer	2.9-5.5	0.4	0.7	4.0-6.6	2.0	6.0-8.6
Doğalgaz	0.7-1.3	1.3	0.3	2.3-2.9	0.75	3.0-3.6

Rüzgar enerjisinin günümüze kadar olan gelişimi şu şekilde karakterize edilebilir:

- Ticari rüzgar türbinlerinin boyutu 22-55 kW'dan yaklaşık 1000 kW'a kadar artmıştır.
- Rüzgar türbinlerinin emre amadeliği 1981'de %60 iken bu süre günümüzde %95-98'e varan bir gelişim göstermiştir.
- Elektrik şirketlerinin planlama işlemlerine rüzgar enerjisinin de dahil edilmesi onaylanmış ve rüzgara bir kapasite kredisi tahsis edilmiştir.
- En uygun yer seçimi için daha iyi yöntemler geliştirilmiştir.
- Mükemmel Avrupa türbinleri için işletme ve bakım maliyeti 0.005 \$/kWh'dır. Avrupa komitesi işletme ve bakım maliyetini, yaklaşık 0.01 \$/kWh olarak vermektedir.

7.6. Toplam Üretim Maliyeti

Genel olarak iyi bir rüzgar tarlasında toplam üretim maliyetinin 0.05-0.10 \$/kWh olacağı sonucu çıkarılabilir. Toplam üretim maliyetini en çok etkileyen rüzgar hızı ve iç karlılık oranı tahminleridir. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'nin bir çalışmasında bu iki önemli değişkenin fonksiyonu olarak üretim maliyetine ait durum Tablo 7.4'de görülmektedir.

Tablo 7.4.Kule seviyesindeki rüzgar hızı ve 20 yıllık bir borçlanmada gerekli iç karlılık

Tesis yeri rüzgar durumu	Rüzgar hızı m/s	Yatırım maliyeti \$/kW	Gerekli İç Karlılık Oranları			
			%5	%8	%10	%15
Orta	6.5	1035	0.070	0.085	0.095	0.124
İyi	7.5	1150	0.058	0.069	0.077	0.101
Çok iyi	8.5	1265	0.039	0.047	0.053	0.069

7.7. Rüzgar Enerjisinin Durumu ve Gelişmeler

Dünya rüzgar gücü kapasitesi 7600 MW'ı geçmektedir. Rüzgardan güç üretiminin büyüme hızı herhangi bir elektrik teknolojisinden daha hızlıdır.

Rüzgar türbinlerinin boyutları artmaktadır. 600 kW'lıklar şu anda yaygındır. Danimarka'da satılan türbinlerin ortalama gücü 1995'de 374 kW'dan 1996'da 495 kW'a çıkmıştır.

Rüzgar enerjisinin geleceği; teknolojik gelişme, mali araçlar; Hükümetin politika oluşturma girişimleri, en uygun arazilerin seçimi, enerji sistemine bağlantının en uygun şekilde yapılması, çevreye dost diğer enerji teknolojileri ile rekabet vb. etmenlere bağlıdır.

7.8. Gizli Maliyetler

Elektrik fiyatları elektrik üretiminin sağlığa ve çevreye verdiği zararlara bağlı olan ve bizim gizli maliyetler olarak adlandırdığımız maliyeti kapsamamaktadır. Bu maliyetler, elektriğin üretiminden veya tüketiciden kaynaklanmaz ve bu nedenle de elektrik fiyatları tespit edilirken hesaba katılmazlar. Gizli maliyetleri tam ve doğru olarak hesaplamak zordur, bu da şu anki statükonun korunması için bir neden olarak kullanılmakta ancak bunun tatmin edici bir neden olmadığı her geçen gün daha çok kişi tarafından kabul görmektedir.

Her ne kadar gizli maliyetlerin genel tanımı yapılırken, bunların üretim ve tüketim sürecinde yer alan tarafların aktiviteleriyle oluşmadığı şeklinde kabul görmüş bir kanı varsa da, maliyet sınırlarının belirlenmesi konusunda yaygın ve farklı görüşler söz konusudur. Örneğin petrol stoklarının stratejik nedenlerle korunma gerekliliği nedeniyle depolama, ekstra nakliye ve güvenliğin sağlanmasının, petrol fiyatlarını ortalama üçte bir oranında arttırdığı şeklinde bir iddia söz konusudur. Bu nedenle bu gölge maliyeti, petrolün gizli maliyeti olarak değerlendirmek gerekmektedir.

7.9. Maliyet Sınıflandırması

Gizli maliyetleri veya bunların bazı unsurlarını değer olarak hesaplamak zordur ancak yine de bu maliyetler bir gerçektir. Eğer nükleer santraller kurulduktan sonra gerekli temizliğin gerçekleştirilmesi için yapılan muazzam harcama hesaba katılır ise bu santrallerin de maliyetlerinin asıl değeri ortaya konulmuş olur.

Daha kolay anlaşılması için maliyetler üç genel kategoride ele alınabilir.

- Enerji endüstrisinin sübvansiyonla desteklenmesi ve araştırma geliştirme masrafları.
- CO₂ dışındaki gazların yayılmasıyla sağlığa ve çevreye verilecek olan zararın maliyeti.
- CO₂'nin yayılmasına bağlı olarak global ısınma maliyeti.

7.10. Rüzgar Enerjisinin Değeri

Rüzgar enerjisi ile termal kaynaklardan üretilen elektriğin fiyatları direk olarak karşılaştırılırken, birçok durumda, geri dönüşümlü elektrik enerjisi üretim teknolojisini tüketici tarafından merkezi üretime nazaran daha fazla rağbet gördüğü görmezlikten gelinmektedir. Büyük termal üretim alanlarından elde edilen elektriğin fiyatı, şebekeden geçmesi nedeniyle yükseldiğinden, rüzgar enerjisi ile elde edilen elektrik tercih edilmektedir. Bu yükselen değerle dengelenen voltaj, düşük voltajla bağlı olan tüketicilere yüksek ücretlerle yansımaktadır.

Bu tip küçük ölçekli üretim “yaygın” olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tip üretimin yapıldığı tesis ise “yaygınlaştırılmış üretim” olarak adlandırılmakta ve azaltılmış şebeke kaybı, üretim alanına uzak bölgelere ulaşmadaki dengeleyici rolü ve ana iletim hattına sağladığı erteleme gibi avantajları nedeniyle her geçen gün daha fazla ilgi görmektedir. Bu avantajlar hesaba katıldığında, enerjinin değerinin “üretim fazlalığının” yüksek olduğu tartışılmaktadır.

7.11. Rüzgar Teknolojisinin Durumu ve Ekonomisi

Rüzgar enerjisinin günümüze kadar olan gelişimi şu şekilde karakterize edilebilir:

- 1980’lerden günümüze kadar rüzgardan üretilen elektriğin maliyetinde 3-4 katlık düşüş olmuştur. Şu anki maliyet: 0.05-0.065 ECU/kWh’dır.
- Ticari rüzgar türbinlerinin boyutu 22-55 kW’dan yaklaşık 750 kW’a kadar artmıştır.
- Rüzgar türbinlerinin emre amadeliği 1981’de %60 iken bu süre günümüzde %95-98’e varan bir gelişim göstermiştir.
- Elektrik şirketlerinin planlama işlemlerine rüzgar enerjisinin de dahil edilmesi onaylanmış ve rüzgara bir kapasite kredisi tahsis edilmiştir.
- En uygun yer seçimi için daha iyi yöntemler geliştirilmiştir.

PAZAR

Rüzgar gücü için üç ayrı pazar vardır.

1. Sanayileşmiş ülkeler için şebeke bağlantılı
2. Gelişmekte olan ülkeler için şebeke bağlantılı
3. Bağımsız sistemler

Pazarın gelişimi aşağıdaki hususlarla sağlanabilir:

- Rüzgar tarlasının sermaye maliyetinin
- Doğrudan subvanse edilmesi
- Üretilecek güç için ön ödemeler
- Şebeke bağlantıyı yönlendirme
- Rüzgar tarla yatırımcılarına vergi kolaylıkları sağlanması

Başarı için bu pazarın girişimcileri aşağıdaki konularda desteklenmelidir:

- Rüzgar türbin tesis ve tasarımı için uyumlu standartlar oluşturulması
- Rüzgar tarlalarının yer seçiminde yönergeleri içeren fiziksel planlama stratejilerinin geliştirilmesi

TEKNİK SONUÇLAR

1980'lerin başından beri rüzgar türbin kavramı araştırılmakta olup önemli ilerlemeler sağlanmıştır. En çok kullanılan tür yatay eksenli türbinlerdir. Çoğu makine üç kanatlıdır ve güç ya fren (stall) ya da aktif kanat eğimi (pitch) ile düzenlenmektedir.

Bu kavrama rakip olan bir yaklaşım ise yükü dolayısıyla ağırlığı azaltmak için oynar başlık (hinge) ve esnekliğin kullanıldığı iki kanatlı türbinlerdir.

Günümüzde ticari rüzgar türbinleri 100-750 kW büyüklükleri arasındadır. Boyutu arttırırken en önemli etken aynı uzaklıktan 1 MW ile 100 kW'lık türbinleri hemen hemen aynı görsel etkiyi yapmasıdır. Üst sınır, büyük türbinler taşınırken ve montajı yapılırken ortaya çıkan lojistik problemler tarafından belirlenebilir.

Genellikle enerji maliyetinin makinanın ağırlığını düşürerek veya boyutlarını arttırarak elde edilebileceğine inanılmaktadır. Ancak Kuzey Avrupa'da tarıma açık alanlarda (yüzey

pürüzlülüğü=1) kW/h başına üretilen enerji maliyetinin, tarama alanının m^2 'si başına ağırlığın bir fonksiyonu ya da generatör kapasitesinin bir fonksiyonu olarak çizildiğinde ortaya net bir sonuç çıkmaz. Ekonomi, ağırlık ve boyuttan daha fazla başka kriterlerin bir fonksiyonudur ve daha büyük makinaların gelişimi enerji maliyetinden çok diğer kriterlere dayanmalıdır.

PERSPEKTİFLER

Avrupa'da rüzgar enerjisinin geleceği aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

(a) Teknolojik gelişme; (b) Mali araçlar; (c) Hükümetin politika oluşturma girişimleri; (d) En uygun arazilerin seçimi; (e) Enerji sistemine bağlantının en uygun şekilde yapılması; (f) Çevreye dost diğer enerji teknolojileri ile rekabet.

TEKNOLOJİ

2000 yılına kadar rüzgar teknolojisindeki gelişmelerin, boyutlarındaki hızlı büyüme ve radikal tasarım yeniliklerinden çok 300-1000 kW aralığındaki türbinlerin bazı özelliklerinin optimize edilmesi şeklinde karakterize edileceği beklenmektedir. Gelişmeler, yüksek güvenilirlik, daha etkin maliyet ve daha az çevresel etki (gürültü) ile sonuçlanacaktır.

FİNANSMAN SAĞLAMA

Rüzgar enerji sistemleri ilk yatırım maliyeti hariç temiz ve bedava enerji kaynağı olan ağır tesis yatırımlarıdır. Rüzgar enerjisi için çok geniş kabul ve çok büyük bir potansiyel olmakla birlikte finans kaynakları sınırlıdır. Ulusal teşvikler Danimarka'da 1979-89 yılları arasında olduğu gibi özel sektörün yatırımlarına yol açabilir.

Bununla birlikte gelişmekte olan ülkeler için uzun yıllardan beri süregelen ana finans kaynağı daha Dünya Bankası, çeşitli ulusal gelişim ajansları ve diğer yardım organizasyonları gibi uluslararası yardım ve finans kurumlarıdır.

POLİTİKA

Verilen herhangi bir durumda rüzgar enerjisinin kullanılıp kullanılmayacağını karar vermek için kullanılan ekonomik kriter, enerji üretiminin ikincil maliyetlerini kapsamaz. Bu tür maliyetler kirliliğin yol açtığı sosyal maliyetleri (sağlığa verilen zararın yanı sıra altyapı

malzemelerine olan zarar) ve politik maliyetleri (kırsal alanların nüfusunun azalması ve yakıt bağımlılığı) içerir. Bu nedenle kesin bir kriter bulunmadığı veya kararlaştırılmadığı zamanlardaki durumlarda olduğu gibi rüzgar enerjisinin kullanımına en azından başlangıçta politik olarak karar verilmelidir.

Bundan sonra rüzgar enerjisinin kullanımı, hedeflerin belirlenmesine ve politika olarak belirlenmiş hedefleri gerçekleştirmek için yapılacak faaliyetlerin işbirliği içinde yapılmasına bağlıdır. Danimarka Enerji Planı 2000 bu şekilde bir ulusal stratejiye örnek olarak verilebilir. Bu plana göre 2005 yılına kadar 1500 MW'lık türbin kapasitesi tesis edilecektir.

Uluslararası stratejiye bir örnek Avrupa Rüzgar Enerji Birliği strateji belgesidir. Bu belge EWEA tarafından yayımlanmıştır ve rüzgar enerji uygulamaları için bir Avrupa Stratejisi oluşturmaya yöneliktir. EWEA strateji belgesi bir seri somut eylemler koymaktadır. Bunlar uygulanırsa Avrupa 2000 yılına kadar rüzgar enerji kapasitesini 4000 MW'a çıkaracak, 2005 yılında ise 11500 MW'a ulaştıracaktır. Stratejinin uzun dönem hedefi 2030 yılına kadar Avrupa'nın enerji tüketiminin %10'unu rüzgar enerjisinden karşılamaktır.

YER SEÇİMİ

Rüzgar gücü için en uygun yerlerin seçimi yüksek rüzgar potansiyelli alanların belirlenmesi, her bir rüzgar türbininin doğru yerleştirme metotları, arazi kullanımının dengelenmesi ve son olarak güç dağıtım sistemini gerektirir. Bununla birlikte, rüzgar türbinleri kurmaya uygun yerlerin yalnız rüzgar kaynakları ile değil aynı zamanda emniyet, görsel etki, gürültü, vahşi yaşam ve doğal bitki örtüsüne etki, bölgesel ilgi anlayışı ve gelenekler gibi değişik faktörlere bağlı olan halkın kabulü ile de sınırlı olması beklenmektedir.

ENERJİ SİSTEMİ İLE BÜTÜNLEŞME

Rüzgar gücünün enerji sistemine bağlantı sırasında karşılaşılan problemlerin çözümleri 2000 yılına kadar bulunmuş olacaktır. Örneğin birkaç günlük rüzgar tahminleri yapılabildiği zaman elektrik şebekelerinin rüzgar türbinlerine verdiği kredi artacaktır.

Bununla birlikte rüzgar gücü, güç sistemi içinde teknik problem olmaksızın elektrik üretiminin %10-15'ini sağlayabilir genel kararına göre, şebekeye bağlantı 2000 yılına kadar muhtemelen kısıtlayıcı bir faktör olmayacaktır.

REKABET

Teknolojik gelişimimizin çevresel sonuçları hakkında oluşan ilgi ve yenilenebilir enerji gelecekte güçlü bir etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle rüzgar enerjisini diğer yenilenebilir kaynaklarla karşılaştırmak şu anki konvansiyonel güç kaynakları ile karşılaştırmaktan daha amaca uygun olacaktır.

EUREC ajansı tarafından yapılan yenilenebilir enerji çalışmasına göre 2000 yılı için aşağıdaki maliyet rakamları tahmin edilmektedir.

Rüzgar: 0.03 ECU/kWh,

Güneş Fotovoltaik: 0.3 ECU/kWh

Biyoyakıt: 0.05 ECU/kWh

Bu rakamlar konvansiyonel güç kaynakları için olan yaklaşık 0.04 ECU/kWh ile karşılaştırılabilir.



8. MALİYETLER

8.1. Gelecekteki Fiyat Eğilimleri

Rüzgar enerjisi sistemlerinin maliyetindeki düşüşe neden olan bir çok faktör vardır. Bunlardan bazıları;

- Büyük rüzgar türbinlerine olan talebin artması
- Altyapı maliyetlerinin azalması
- Hammadde maliyetlerinde olabilecek düşüşler

Avrupa Yenilenebilir Enerji Çalışmalarından (TERES II) (DG XVII) sağlanan verilere göre; rüzgar, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en ucuzlarından biridir. Termik kaynakların enerji fiyatları çok değişkendir.

Enerji Fiyatları: Bu, kuruluş maliyetlerine, rüzgar hızına ve anapara geri ödeme süresine de bağlıdır. Ana maliyetler ile işletme maliyetlerinin toplamı olup, genelde ECU/kWh veya ECU/MWh olarak gösterilir. Referans fiyatı terimi, standart prosedürlere göre hesaplanmış enerji fiyatını tanımlamak için kullanılır. (faiz oranları) Bu, ülkelere göre değişen (faiz ve geri ödeme süreleri yüzünden) “ulusal fiyatlar” tanımlamasından ayırt edilmelidir.

8.1.2. Fiyat hesaplama yöntemleri

Elektrik satış fiyatlarının belirlenmesindeki temel prosedürler, standartlarda yer almaktadır. Yapılacak ilk iş, yıllık anapara ödemesinin hesap edilmesidir ki; bu da projenin faiz oranına veya iskonto oranına ve geri ödemesine de bağlıdır. Yıllık anapara ödeme fraksiyonunu gösteren yıllık yük oranı kullanılır ki bunun da her yıl, istenen geri ödemeyi belirtilen zamanda elde edebilmek için edilmesi gereklidir.

Yıllık anapara yükü amortismanı ve yatırım yükünü içerir ve yıllık enerji çıktısı ile enerji fiyatının ana elemanını bulmak için bölünür. Rüzgar santralinin enerji çıkışı birincil olarak rüzgar rejimine, coğrafik konumuna ve rüzgar türbini performansına bağlıdır.

Mesela Danimarka’da şebeke kuvvetlendirme maliyetleri her zaman yatırımcıya yüklenmez. Benzer bir şekilde, diğer yerlerde de kamu her zaman genel giderlerini işletme maliyetlerine eklemeyiz.

İngiltere’de örneğin; rüzgar gelişmesi özel girişimlerle tüm maliyetler içinde olarak hesaplanır.

8.1.3. Tavsiye edilen alıştırmalar

Rüzgar enerjisi üretim maliyetlerinin hesabı, IEA tarafından standartlarla belirlenmiştir. Bu da, diğer yenilenebilir enerji kaynakları ve termik santral hesaplarında benzerlik gösterir.

Enerji fiyatı hesaplamalarında aşağıdaki faktörler rol oynar.

Maliyetler: Rüzgar santrali yapımında iki ana maliyet mevcuttur.

1. Kapital veya kuruluş maliyetleri genellikle kurulu güç başına maliyet olarak değerlendirilirler. (ECU/kW, \$/kW)

2. İşletme Maliyetleri: Büyüklüğe, kapasiteye ve enerji talebine bağlı olarak değişim gösterir.

- Planlama maliyetleri
- Santral ana maliyeti
- İnşaat maliyetleri
- İnşaat süresince faiz
- Arazi maliyetleri (ana maliyetin bir kısmı olarak veya da yıllık leasing ödemeleri olarak)
- Yakıt maliyeti (yenilebilir enerji için sıfır)
- İşletme maliyetleri (O & M), kiralara, vergiler ve sigorta dahil

IEA standartlarına göre, ana maliyetler santralin teknik ömrü üzerinden amortize edilir ve standartlardaki iskonto oranları kullanılır. Bu, bize karşılaştırmalar için yararlı veriler sağlar. Mevcut faiz oranları ve amortisman süreleri zaten belirli kuruluşlar tarafından kontrol edilir. Bu parametrelerin her biri daha detaylı olarak ele alınmalıdır.

Rüzgar hızındaki enerji maliyetlerine etki eden önemli bir faktör yıllık birim başına çıkan güçtür. Bu, basit olarak kuruluş maliyetlerinin yıllık verime bölünmesi ile elde edilir ve ECU/kWh olarak ifade edilir. Bu, kıyaslamalar için de yararlıdır.

8.1.4. Faiz oranları

Sektördeki firmalar devlet tarafından belirlenen iskonto oranlarını kullanırlar. Bu, AB’ de %5-%8 arasında değişim gösterir. Özel şirketler kendi oranlarını belirler. Pratikte, birçok proje

borç ve özsermaye karışımı bir yolla finanse edilirler. Tipik oran 80/20' dir. Eğer borçlanma faizi %6 ise, özsermaye dönüşü %25 ise örneğin; bu durumda eşdeğer iskonto oranı %10 olur. Örneklerimizde referans alınan enerji fiyatlarında iskonto oranları %5-10 gibidir.

8.1.5. Amortisman süresi

Amortisman süreleri de farklılık gösterir, ayrıca santral ömrü kadar olmak zorunda değildir. Bu, kamu sektörünün dışında pek kullanılmaz. IEA'nın tavsiyelerine göre; genelde 20 yıl kullanılan rüzgar türbini elektrik üretim sistemleri için.

8.1.6. Tipik faiz oranları ve geri ödeme süreleri

Tablo 8.1, Avrupa'da örnek verileri ve Şekil 8.1'de geri ödeme sürelerini, enerji fiyatlarını etkileyen faiz oranlarını gösterir. (Rüzgar ve kombine gaz türbin çevrim santralleri için). Bu tip bir santral için enerji fiyatları bu faktörlere pek bağlı değildir, enerji fiyatının esas elemanı düşük olduğu sürece. Şekil 8.1'de kullanılan veriler Tablo 8.2'de gösterilmiştir.

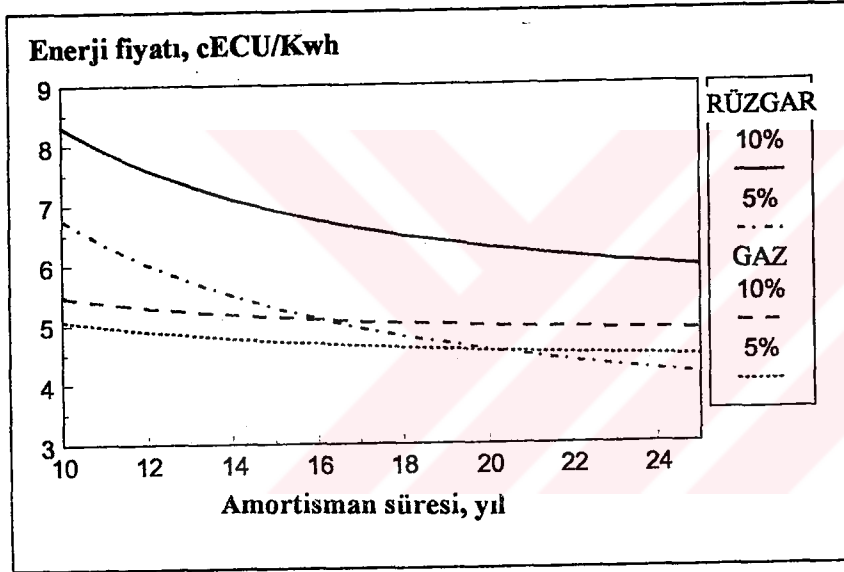
Tablo 8.1'deki veriler değişkendir. Özelleştirmeden önce İngiltere'de anapara, santralin ömrü üzerinden geri ödenirdi. Sonraları, anaparanın birçok projede 6 yıl içinde ödenmesi gerekmiştir. (NFFO II. Toplantısı) Daha sonra NFFO anlaşmaların 15 yıl üzerinden olmasını önermiştir. Ancak; bu, amortisman süresini tanımlamış olmaz. O zamanlar teknoloji kısmen yeniydi, bu yüzden banka borçları 10-12 yıllı sınırlıydı. Sonraki gelişmelerle bu süre genişlemiştir.

Tablo 8.1.Rüzgar santralleri için faiz oranları ve geri ödeme süreleri.

Yer	Faiz Oranı (Gerçek)	Geri Ödeme Süresi	Referans
Danimarka	7	20	4
Almanya	Değişken	10	4
Hollanda	5	-	4
Portekiz	10	-	4
İngiltere		15	-

Tablo 8.2.Faiz oranları ve geri ödeme sürelerinin etkilendiği santral verileri.

Teknoloji	RÜZGAR	GAZ
Kapital maliyeti, ECU/kW	1000	724
İnşaat süresi (yıl)	0,5	1
Yük faktörü, %	0,26	0,8
Yakıt maliyeti, CECU/kWh	0	3,3
İşletme ve bakım maliyeti, CECU/kWh	1	0,6



Şekil 8.1: Enerji fiyatları – faiz oranları ve geri ödeme sürelerinin etkisi.

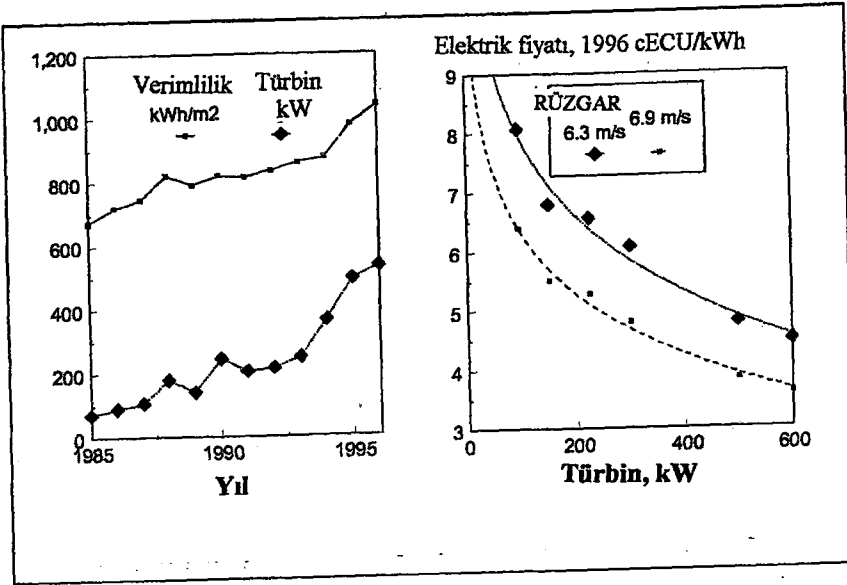
8.2. Tarihsel Özet

Son 15 yıl boyunca rüzgar santrali maliyetleri düzenli olarak azalmış ve bu azalma eğilimi devam etmektedir. Enerji fiyatlarındaki azalma aşağıdakilere bağlıdır;

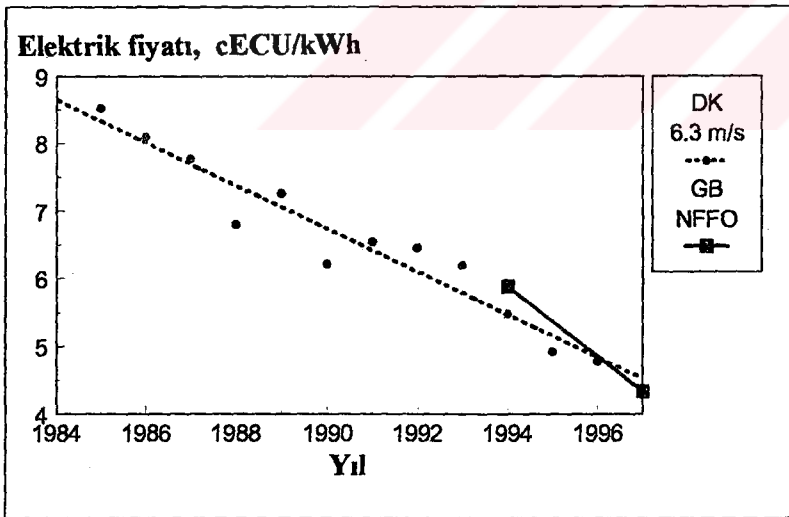
- Türbin fiyatlarının düşmesi
- Daha büyük türbin ve daha yüksek kulelerin kullanılması. (Böylelikle rotora ulaşan rüzgar hızı artmış olur.) 1980'ler civarında kurulan birçok makine 50 kW'lık iken şimdiki modern rüzgar çiftlikleri genelde 600-750 kW'lık makinalardan oluşmaktadır.
- Teknolojinin daha iyi tanınması ve üretim yöntemlerinin geliştirilmiş olması.
- Verimlilik ve uygulayabilirliğin gelişmesi.
- İşletme ve bakım maliyetlerinin azalması.

Fiyatlardaki bu hareketlenmeleri saptamak için birçok çalışmalar yapılmıştır. Sonuçlar farklılık göstermektedir. Çünkü; verilerin toplanmasındaki yöntemler farklıdır. Ama, hepsinin ortak noktası rüzgar türbini fiyatlarının 1981-1991 yılları arasında azaldığıdır. Fiyatlar da bu on yıl içinde yarı yarıya azalmıştır. Şekil 8.2'de, makine boyutları ve verimlilikteki artışlar gösterilmektedir. Örneğin; Danimarka'daki kurulu türbinler ortalama olarak 71 kW'dan 1985 yılından 1996'ya geldiğimiz zaman 523 kW'a yükselmiştir. Modern makinaların verimliliği 673 kWh/m²'den aynı zaman dilimi içinde 1037 kWh/m²'ye yükselmiştir. Aynı zamanda, türbin boyutları ve enerji fiyatları arasındaki ilişki de analiz edilmiştir.

95 kW' dan 600 kW boyutlarına gelince %44'lük bir azalma vardır. Bu da Şekil 8.3'te açık olarak görülmektedir. Son 10 yıl içinde Danimarka'daki rüzgar enerji fiyatlarındaki duruma bakacak olursak; 6,3 m/s hıza sahip bir bölgede %5 faiz oranlı, 20 yıl ömürlü bir santral için Şekil 8.4'de görüldüğü gibi senede %8'lik bir fiyat düşüşü vardır.



Şekil 8.2 ve 8.3: Danimarka rüzgar türbin boyutları, verimlilik ve enerji fiyatları.



Şekil 8.4: Enerji fiyat eğilimi

8.3. Santral Maliyetleri

8.3.1. Temel faktörler

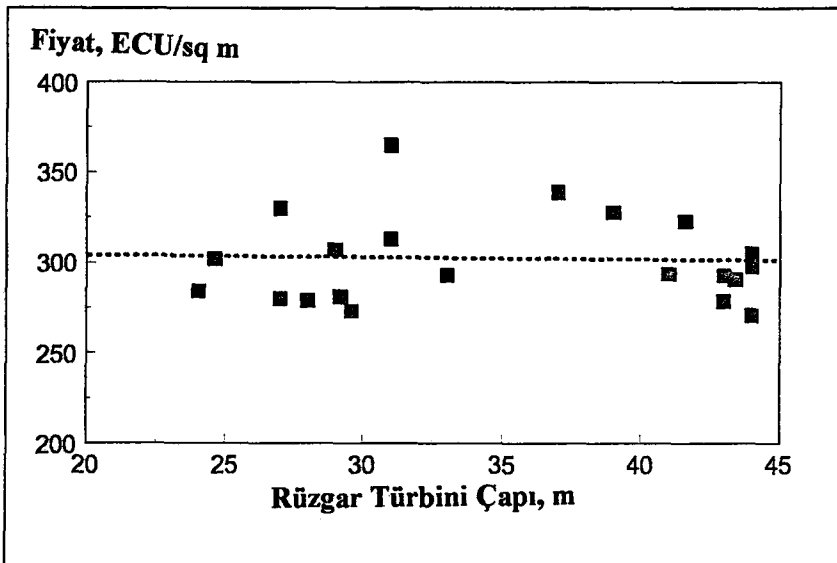
8.3.1.1. Kuruluş maliyetleri

- **Türbin Fiyatları:** Danimarka türbin fiyatları AB'nin fiyatlarını temsil eder. Şekil 8.5'te fiyat verileri gösterilmiştir. Birim süpürme alanı ile boyut arasında çok açık bir ilişki yoktur. 45 m çaplı türbinlerin fiyatı 300 ECU/m²'dir. En ekonomik boyut yıllarla beraber değişmiş olup, fiyat ve boyut arasındaki ilişki Ek A'da belirtilmiştir.
- **Santral Maliyetleri:** Yukarıda tartışıldığı gibi rüzgar türbin fiyatları boyutla beraber çok az değişim göstermektedir. Ancak, büyük makinaların gelişiminin istenmesinin bazı nedenleri vardır. Daha büyük güçteki makinaların kullanımı demek aynı toplam güç için daha az makine ihtiyacı demektir.

Santral maliyetleri, bazı faktörlerin etkisi altındadır. Bunlar;

- Türbin boyutu
- Türbin sayısı
- Tesis maliyetleri
- Elektrik bağlantı masrafları (şebekeye bağlama)
- Bağlantı yolları' dır.

Analitik çalışmalar göstermiştir ki; santral maliyetlerinin toplam enerji maliyetlerine etkisi 300 kW'lık bir türbini 1 MW'a çevirmekle %25 oranında azalma görülecektir. Ek A'da bu eğilimlere değinilmiştir.



Şekil 8.5: Danimarka'da türbin fiyatları.

Santral maliyetleri türbin maliyetlerine %15 ile %40 arasında bir katkı sağlar. Bu, türbin sayısına, türbin boyutuna ve rüzgar çiftliğinin konumuna bağlıdır. Tablo 8.3, santral maliyetlerini oluşturan faktörleri göstermektedir. Arazi alımı buna bir örnektir. İngiltere’de arazi sahiplerine kira ödenir. Eğer arazi sahibi aynı zamanda türbin sahibi ise bu kiradan bir tasarruf demektir.

Tablo 8.3.Rüzgar çiftliği santral maliyetleri.

Faktör	Maliyet, % türbin fiyatı
Tesis	5-11
Elektrik bağlantıları	5-11
Arazi	0-5,7
Planlama masrafları	1,5-3
Onaylar, izinler	3-8
Altyapı	2-4
İşletme	3-6
Diğer	2-4
Kablo bağlantıları	7,5-15
TOPLAM	15-40

8.3.1.2. Kuruluş maliyetleri ve rüzgar hızları

Kuruluş maliyetleri artan rüzgar hızları ile birlikte artma eğilimi gösterir. Bu da demektir ki; daha büyük rüzgar çiftliklerinde masraflarda artar. Rüzgar hızını örneğin 8 m/s’den 9 m/s’e çıktığında kule yüksekliğinde güçte en az %10’luk bir çıkış kazancı elde edilir. Bu bağlantıya etki eden bir başka etkende örneğin Almanya’daki gibi yüksek rüzgar hızı elde etmek için yüksek kuleler kullanılmalıdır. Ama maliyetlerde artar. Bu analizin amacı, 7 m/s üzerindeki yüksekliklerde rüzgar hızı 1 m/s arttığında maliyetler lineer olarak %8 olarak artar.

8.3.1.3. İşletme maliyetleri

İşletme maliyetleri ülkelere ve rüzgar çiftliklerine göre değişim gösterir. Yıllık toplamalara bazı elemanlar katılırsa, yüksek rüzgar hızına sahip olan rüzgar çiftliklerinde daha düşük maliyetler olabilir. Tablo 8.4, ana bileşenleri ve de kaynakları gösterir. Bazı maliyetler boyuta bağlıdır. Ana veriler 500-750 kW’a göre. Toplam maliyetler 25 ECU/kW yıl-200 kW için ve 15 ECU/kWyıl-500 kW içindir.

Tablo 8.4.500 kW türbinlerde işletme maliyetleri

	ECU/kWyıl	cECU/kWh
Servis Kontraktı	4-8	0,15-0,6
İdare	Değişken	0,1-0,3
Sigorta	4-7	0,15-0,5
Arazi kirası	0-4	0-0,4
Yerel faizler	0-5	0-0,2
Elektrik kullanımı	Standart	0,05-0,2
Reaktif güç	0,4 kV	0-0,1
TOPLAM	24 ECU/kWyıl	0,6-1,5

Reaktif gücü her işletme ve her makine kullanamaz. Arazi kirası ise, eğer girişimci kendi arazisi üzerine kurmuyorsa ilave bir masraf olacaktır. Belki de arazi masrafı ana masraflarda yer alabilir veya da elde edilen kardan arazi sahibine hisse verilebilir.

8.3.1.4. Rüzgar çiftliğinin büyüklüğü

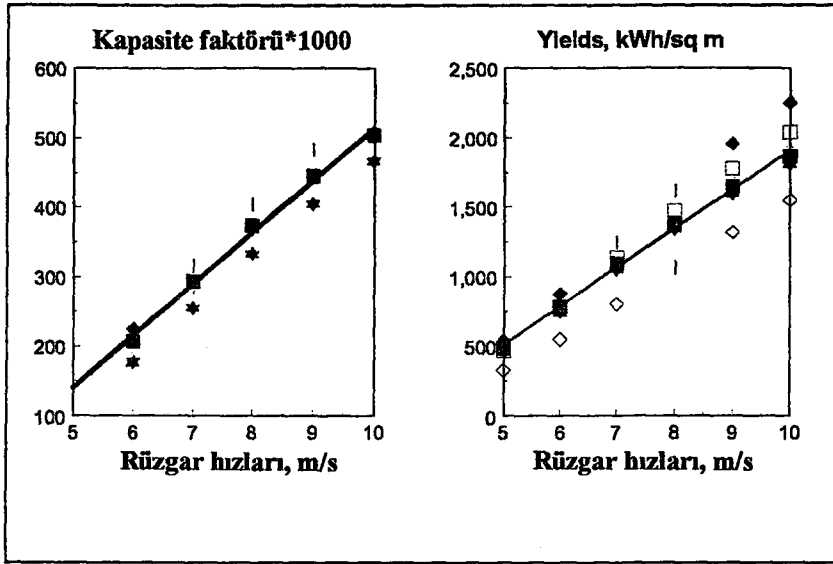
Rüzgar çiftliğinin boyutu maliyetleri etkilemektedir.

- Rüzgar türbini üreticilerini iskonto yapmaya zorlar.
- Birim başına maliyeti azaltmak, alt yapı masraflarının daha fazla makinaya dağılımını sağlamış olur.
- Bakım, onarım ekibinin daha etkili ve kullanışlı kullanımına imkan tanır.

8.4. Rüzgar Enerji Fiyatları

8.4.1. Rüzgar hızının etkisi

Rüzgar enerjisi fiyatları bölgenin rüzgar hızına bağlıdır. Bu durumda rüzgar hızı ile makine verimliliği arasında (kWh/m^2 ve kWh/kW olarak) bir ilişki ortaya çıkar. Modern türbinlerden elde edilen verilere göre kapasite faktörleri genelde 6 m/s'de 0,2 olup, 9 m/s'de 0,45'e yükselmektedir. Verimlilik ise genel olarak 6 m/s rüzgar hızında 750 kWh/m^2 olup, 9 m/s rüzgar hızında 1600 kWh/m^2 'ye kadar çıkmaktadır. Bu veriler Şekil 8.6 ve Şekil 8.7'de gösterilmektedir.



Şekil 8.6 ve 8.7: 500-750 kW'lık modern türbinler için kapasite faktörleri ve verimlilik.

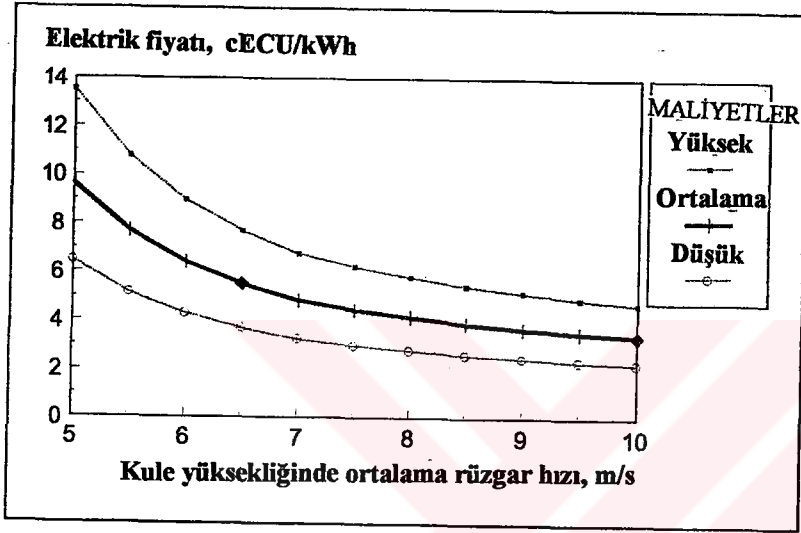
Avrupa Birliği boyunca rüzgar hızları büyük farklılık göstermektedir. En iyi rüzgar alan yerler, İrlanda, İngiltere ve Yunanistan'ın kuzey bölgeleri, İspanya'nın güneyi ve Kanarya Adaları'dır. Buralarda ortalama rüzgar hızı 8-10 m/s' dir. Batı Danimarka'da hız 8 m/s'dir. Kuzey Almanya sahillerinde de 7,5 m/s'dir. Türkiye'de ise özellikle Ege sahilleri ve yer yer de kıyı kesimlerindeki rüzgar hızı yüksektir.

8.4.2. Referans fiyatlar

Daha önce de belirtildiği gibi, rüzgar enerjisi fiyatları ulusal kuruluşlara bağlı olup IEA'nın tavsiye ettiği pratik hesaplama yöntemine göre referans değerler elde edilebilir. Faiz oranları ve diğer faktörler dikkate alınır ve düşük, ortalama ve yüksek indikatif fiyatlar da buna göre bulunur. Tahmini değerler Tablo 8.5'te sunulmuştur ve de 600-750 kW'lık türbinler için veriler verilmiştir. 7 m/s'in üzerindeki rüzgar hızlarında kurulum maliyetlerinin %8 oranında arttığı belirlenmiştir. Enerji üretimi kullanılabilirliği ve diğer kayıplar toplam enerjinin %10'unu oluşturmaktadır. Gerçek kayıplar daha az olabilir. Birçok türbinden kullanılabilirlik %98 ve üzeri sağlanabilir ama genelde garanti edilen seviye %95'tir. Normalde bu, yatırım kararlarının temel noktasıdır. Orta sınıf maliyetlere nüfuz eden enerji fiyatları 5 m/s için 9,6 cECU/kWh'tır. Bu değer 10 m/s'de 3,4 cECU/kWh'a iner. Bu veriler Şekil 8.8'de gösterilmiştir.

Tablo 8.5. Avrupa referans rüzgar enerjisi fiyatları.

Fiyat Parametresi	DÜŞÜK	ORTA	YÜKSEK
Kuruluş Maliyeti, ECU/kW, 7 m/s	700	850	1,000
Gerçek ?	5	7,5	10
İnşaat Süresi	0,5	0,5	0,5
Amortisman Süresi	20	20	20
Maliyetleri, sabit			
“ “, değişken, ECU/kWh yıl	12	18	24
CeCU/kWh	0,2	0,3	0,4



Şekil 8.8: Avrupa referans rüzgar enerji fiyatları.

8.4.3. Ulusal rüzgar enerjisi fiyatları

Elektrik fiyatını ilgili ve yetkili kuruluşlar kontrol ederler. Ancak, yenilenebilir enerji kaynakları özel bazı ücretlendirme mekanizmaları tarafından da desteklenebilirler. Örneğin; Alman rüzgar çiftliklerinin finansmanında gerçek efektif faiz oranı %6,5'dir. Amortisman süresi de 10 yıldır. Enerji fiyatlarının belirlenmesinde kullanılan parametreler bunlardır. DEWI, Alman Rüzgar Enerjisi Enstitüsü fiyatlar üzerinde etkilidir.

İngiliz NFFO birliğinin elindeki uzun sözleşmeler de fiyatları etkilemektedirler. Sözleşmeler 15 yıl üzerinden olmaktadır. Bütün gelişmeler özel şirketlerce yapılmakta olup, iskonto oranı benzersiz bir şekilde %7,5'dan düşüktür. İngiltere'deki rüzgar çiftliği fiyatları Tablo 8.5'te gösterilmiştir. Şekil 8.9'da ise, ortalama rüzgar hızına göre tahmini enerji fiyatları Alman değerleri ile kıyaslamalı olarak verilmiştir.

Ancak, dikkat edilecek bir hususta Almanya'daki rüzgar çiftliklerinin çok azının 7,5 m/s'nin üzerinde rüzgar hızına sahip olduğu buna karşılık İngiltere'de ise rüzgar çiftliklerinin çok azının 7,5 m/s'nin altında rüzgar hızına sahip olmasıdır.

8.5. Denizüstü Rüzgar Enerjisi

Denizüstü, birçok diğer yenilenebilir enerjiye göre daha ucuzdur. Ama karadakinine oranla daha maliyetlidir. Ancak dikkat edilecek bir husus vardır ki, bu da denizüstünde çevreye etki minimumdur. Bu da elektrik ihtiyacının yoğun olduğu yerlere yapılmasını destekler bir özelliktir.

Rüzgar hızları genel olarak denizüstünde karada olduğundan daha yüksektir. Örneğin, İngiltere'de karadaki rüzgar hızı 9 m/s olduğu yerde karadan 5 km açıkta güney sahillerinde 8÷8,5 m/s'dir. Denizüstü rüzgar gücü bu yüzden Danimarka ve Hollanda gibi rüzgarlı tepelerin olmadığı yerleşimlerde daha çok tercih edilir. Bu bölgelerde karadakinden 0,5÷1 m/s daha hızlı bir rüzgar esmektedir.

Günümüzde birçok denizüstü rüzgar çiftliği kurulmuştur. İşletme tecrübesi edindikçe maliyetleri azaltmak da mümkün olabilecektir.

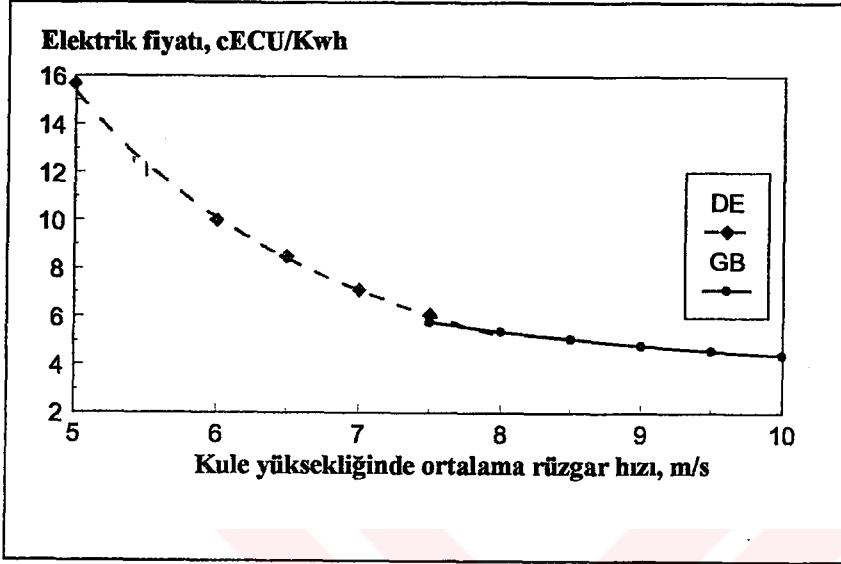
8.6. Karşılaştırmalı Yakıtlar ve Enerji Fiyatları

Kömür, gaz, petrol ve linyit gibi sıkça kullanılan yakıtlardan elektrik elde etme fiyatları dünya genelinde değişim gösterir. Herhangi bir kaynak için tek bir fiyat söylemek mümkün değildir. Yere bağlı olarak değişir.

Ve amortisman süreleri temel ve hidro santrallerden elde edilen elektrik fiyatının belirlenmesinde etken faktördür. Ancak; yakıt fiyatındaki değişimler ve santral maliyetleri de fiyat üzerinde etkilidir. Nükleer ve kömür üzerindeki devlet desteği de göstermektedir ki; gerçek üretim maliyetleri görünenden daha fazladır. Örneğin, Almanya'da kömürün fiyatı dünya pazarındakinin üç katından daha fazladır. Böylece gerçek üretim fiyatı kömür için 9 cECU/kWh'tır. Gereken 7400 milyon DM kömür endüstrisine vergilerle sağlanır. Bu, gizli veya dış maliyetlerin tipik bir örneğidir.

Büyük kombine çevrimli gaz türbini santralleri için ana maliyetler azalmaktadır. Bunun en büyük nedeni, gaza yapılan devlet destekleridir. Ancak; gaz fiyatları gene de artmaktadır.

Bütün kömür santralleri gelecekte egzost gazı desülfürizasyon santralleri ile donatılacaktır. Ayrıca buna ilaveten emisyon kontrolleri de santral maliyetlerini artıracaktır. “Temiz kömür” teknolojisinin keşfedilmesine rağmen üretim fiyatlarında yakın zaman içinde önemli bir değişim beklenmemektedir.



Şekil 8.9: Rüzgar enerjisi genel fiyatları

Tablo 8.6, rüzgar santrali kuruluş maliyetlerini ve Avrupa boyunca diğer verileri göstermektedir. Burada Danimarka, Almanya ve İngiltere'nin dışındaki ülkelerle ilgili bilgiler azdır. Bu yüzden ki; tablodaki veriler sadece birer örnektir.

Santral maliyetleri, rüzgar hızları ve enerji fiyatları genel olarak bahsedilen Danimarka, Alman ve İngiliz değerleri civarındaki benzer değerlerdir. Ancak rüzgar enerjisi için ödeme yöntemleri farklılık gösterir. (Örneğin Hollanda)

8.6.1. Rüzgar enerji santralleriyle termik santrallerin mukayesesi

Rüzgar yatırımlarının diğer termik yatırımlardan en büyük farkları;

1. Yatırımı pahalı,
2. kapasitesi düşük;
3. hammaddesi bedava olması gibi 3 temel fark vardır; 2 tane alehte bir tane lehte faktör.

Yatırım finans maliyetine bakıldığında: İlk kuruluş maliyeti termik santrallere göre %70 pahalı kapasite faktörü 3 misli az (%25-30 civarlarında) olduğundan; $1.7 \times 3 = 5.1$ defa daha fazla finans maliyeti mevcuttur.

Üstelik hammadde olmadığı içinde maliyet giderlerinin çok büyük kısmı amortisman ve faiz giderleri olduğu için teorik çözüm, yatırım maliyetini mümkün olduğu kadar aşağıya çekmektir.

Faiz oranları piyasanın faiz oranlarına bağlı olduğu için ikinci önemli birim olan yatırım tutarını aşağıya çekmek son derece önemlidir. Buda yerli üretimle mümkündür.

Tabii yatırımın en önemli unsuru istikrar ve güvendir, bu konuda Türkiye’de net bir politika uygulanması ve bunun deklare edilmesinde çok büyük faydalar vardır.

Enerji satış fiyatı mukayesesinde fiyat dışında kalan avantajlar:

Tabii ki en önemli konulardan biri de enerjidir. Hedef enerji üretirken yalnız girdi maliyetlerini değil gözle görülmeyen ve çevreyi kirletmenin maliyeti ya da diğer alternatif enerji kaynaklarının enerjiyi üretirken çevreye verdiği zarar ve bunu temizleme maliyetini de göz önüne almak ve bunu da hesaplara katmak gereklidir.

- 20 senelik YİD modellerinde gözden kaçan bir başka unsur da; mesela bir fuel oil santralinin 2-3 cent kW/h başına maliyetin 21. senede de süreceğidir. Ancak RES’lerde böyle bir maliyet yoktur. ABD’de RES maliyetleri; ömürleri 30 seneden hesaplanmaktadır.
- Eskalasyon; RES’lerde bu toplam maliyetin ancak %15’ine uygulanmakta, hammadde bedava olduğundan eskale edilmemektedir. Ancak fosil kökenli alternatif enerjilerde önceden kağıt üzerinde görülmeyen gizli bir maliyet vardır, bu ileride görülecektir, ancak geç olacaktır. (Hele petrol gibi 30 sene içinde stokların çok azalacağı dolayısıyla fiyat artma potansiyelinin fazla olduğu düşünülürse)
- Dışa bağımlılık; Bugün ülkemiz enerjisinin %72’sini dışarıdan ithal etmekte ve bu pay yükselme eğilimindedir.
- Yerli sanayinin gelişmesi ile yaratılacak istihdam oldukça önemlidir.

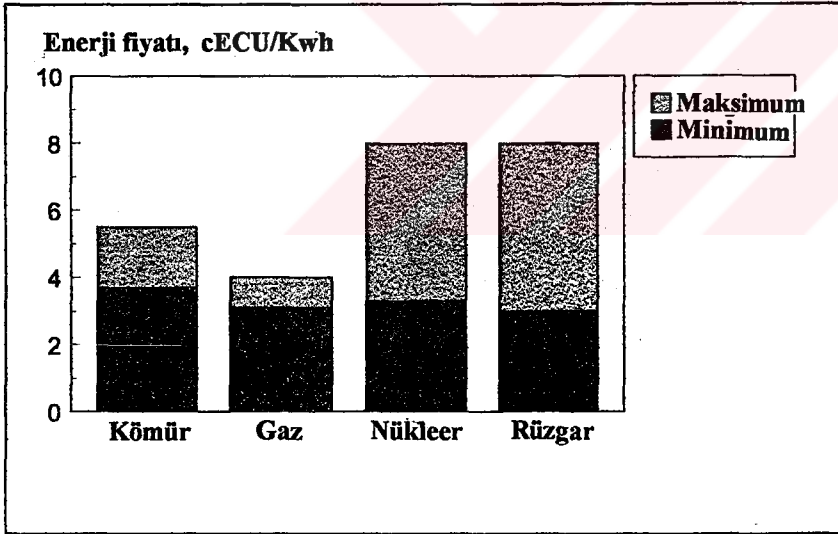
Nükleer enerjinin fiyatı ve maliyeti bir çok tartışmanın da konusu olmuştur. Önemli bir konu, eski santral (basınçlı su reaktörleri-PWR) maliyetleri ile türünün tek örneği olan santraller arasındaki maliyetlerin farklı olmasıdır. Fark gün geçtikçe artmaktadır. İyileştirme maliyetlerinden dolayı belirsizlikler de çoğalır. Bu yüzden nükleer üretim fiyatları geniş bir

yelpaze çizer. İngiltere’de devlet 1995’te fiyatları 5,2-8,5 cECU/kWh mertebesinde sınırlamıştır. Bunun için 1990 seviyeleri temel alınmıştır. Nükleer fiyatları aynı zamanda gizli dış maliyetler (kaza riskleri ve bu yüzden sigorta masrafları yüksektir) de etkiler.

Termik santral maliyetleri Tablo 8.6.’da özetlenmiştir. Enerji fiyatları %5 iskonto oranı kullanılarak hesaplanır. Bu da nükleere daha düşük fiyat sağlar. Şekil-10’da bu fiyatlar rüzgar enerjisi fiyatları ile kıyaslanmıştır.

Tablo 8.6. Termik santral verisi – mevcut değerler.

Santral	Ana Maliyetler ECU/kw	Yakıt Maliyeti cECU/kwh	O&M Maliyeti CecU/kwh	Toplam Maliyetler cECU/kwh
Gaz	450-700	1,7-2	0,4-0,6	3,1-4
Kömür	1000-1300	1,8-2,3	0,7-1	3,7-5,5
Nükleer	1200-2000	0,7-0,9	0,8-1	3,3-8

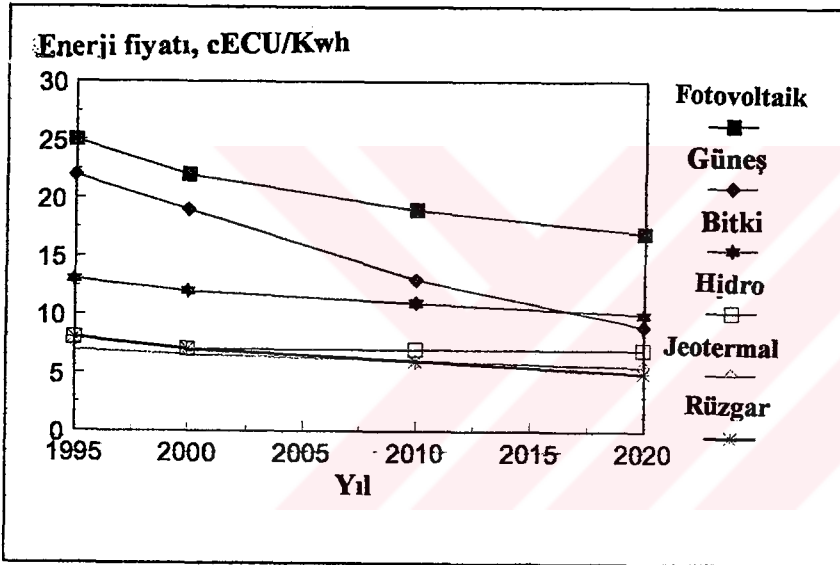


Şekil 8.10: Mevcut elektrik fiyatları.

8.7. Rüzgar Enerjisinin Değeri

Rüzgar enerjisinin fiyatı ile termik kaynaklardan elde edilen elektrik fiyatı arasındaki direkt karşılaştırmalarda bir noktaya dikkat edilmelidir. Birçok uygulamada, yenilenebilir elektrik üretim teknolojilerinde enerjiyi merkezi üretim yerine tüketici talebine yakın yerlerde üretim. Bu da, satış fiyatının büyük termik santrallerin üretim maliyetlerinden daha yüksek olması demektir. Şekil 8.11'de sistemdeki değişik basamaklardaki elektrik satış fiyatları gösterilmektedir.

Bu türün santralleri denen alternatif bir yöntem içerir. Bu da, şebeke kayıplarını azaltır. Enerjinin değeri bu gibi yararları hesaba katıldığında daha fazladır.



Şekil 8.11: Elektrik dağıtımı ve yenilenebilir enerji.

8.8. Dış Maliyetler

8.8.1. Giriş

Daha önce bahsedildiği gibi elektrik fiyatları konu edilen bu dış maliyetleri içermez. Dış maliyetler sağlığa ve çevreye zarar verirler. Bu maliyetler elektrik fiyatının içinde değildir. Ancak dış maliyetler de unutulmamalıdır.

8.8.2. Maliyet kategorileri

Dış maliyetlerin hesaplanması zordur ama var olduğu da kesindir. Eğer, Çernobil nükleer felaketinden sonraki temizleme masrafları düşünülürse santral hiç inşa edilmemeliydi.

Dış maliyetler genel olarak 3 ana kategoriye ayrılabilirler. Bunlar;

- Devlet tarafından karşılanan gizli maliyetler (enerji, endüstride, araştırmayı ve geliştirme masraflarını içerir)
- CO₂ haricinde emisyon yoluyla çevreye ve sağlığa verilen zararın maliyeti.
- CO₂ emisyonlarının yol açtığı global ısınma maliyetleri.

İkinci kategori, emisyonların çevreye veya insana verdiği zararın oluşturduğu maliyetlerdir. Bu, birçok etkiyi de beraberinde getirir. Bunların içinde asit yağmurları, sülfür ve azot oksitler de yer alır. Bu kategorideki diğer maliyetler, enerji endüstrisi kazaları genelde kömür madenlerinde, deniz platformlarındaki petrol istasyonlarında veya nükleer santrallerde rastlanılır.

Batı Avrupa'da nükleer bir kaza olması olasılığı gayet düşük, ancak ciddi bir hata maliyetlerin artmasına yol açacaktır. Nükleer kazanın olma olasılığı sıfıra yakın olmasına rağmen böyle bir kazanın maliyeti korkunçtur.

Üçüncü kategori, en büyüğüdür. Dış maliyetlerin üzerinde sera etkisi yaratan ve global ısınmaya yol açan gaz emisyonları gerçekten büyük etkindir. Bu, uzun süreden beri en çok tartışılan konudur. Global ısınmaya karşı alınabilecek önlemlerin maliyeti çok büyüktür. İklim değişiklikleri, sellerin neden olduğu maliyetler ve bunun gibi birçok etken maliyetlere katılmalıdır.

8.8.3. Dış maliyet değerleri

Dış maliyetlerin belirlenmesinin bunca zorluğuna rağmen, AB bünyesinde karbon vergisi gibi bazı ölçüm yöntemleri vardır. Bu, kömür yakıtlı santrallerin üretim maliyetine 1,6 cECU/kWh, gaz yakıtlı santrallerinkine 0,8 cECU/kWh ve de nükleer santrallerinkine 0,7 cECU/kWh olarak eklenmektedir. Ancak; tüm bunlara rağmen dış maliyetlerin tam bir karşılığı olmamaktadır.

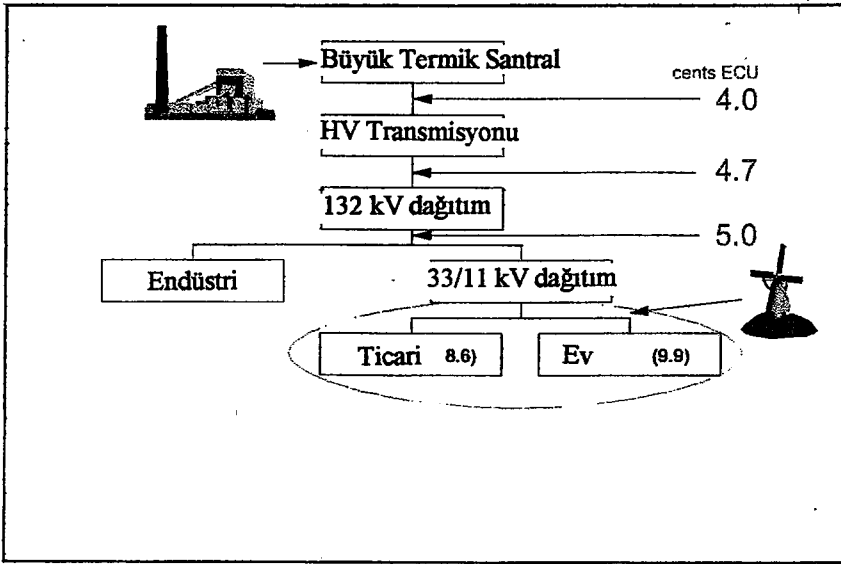
8.9. Gelecekteki Fiyat Eğilimleri

Bir takım faktörler rüzgar enerji sistemlerinin maliyetlerinin sabit olarak azalmasında etkindir. Bunlar;

- Daha büyük rüzgar türbinlerine doğru talep eğilimi
- Altyapı maliyetlerinin azalması
- Hammadde maliyetlerinde olabilecek azalmalar.

Üretilen parçalar ki bunlar artan üretimle beraber sayıca daha fazla parça, gelişen yeni üretim teknolojileriyle beraber daha ucuza üretilen olacaktır. Üretime etki eden maliyet düşüşü, malzeme girişine ve işgücüne bağlı olarak şekillenecektir. Rüzgar türbinleri için her üretim ikiye katlandığında, %8' lik bir fiyat artışı olabileceği söylenmektedir. Diğer faktörleri de göz önüne alırsak, (rüzgar yüklerini iyi anlamak ve malzeme özelliklerini iyi bilmek) bunlar da fiyat düşüşünde etkindirler. Rüzgar türbinleri rölatif olarak küçük çıkışlı olduklarından, enerji üretimi bakımından birçok sayıda türbine olan ihtiyacı fiyat düşüşünü de beraberinde getirmektedir. Şekil 8.4'de gösterilen enerji fiyat eğilimi, fiyattaki düşüşlerin yavaşlamış olduğunu göstermez. Daha önceden tamamlanan TERES II çalışmasına göre benzer bir sonuca yaklaşılmıştır. İleride, daha ileri teknolojilerin de yardımıyla daha iyi bir durum olabileceği de açıktır.

2020 yılında, ana maliyetlerin şimdikin %50-75'i dolaylarında olacağı tahmin edilmektedir. Bu da rüzgar enerjisinin yüksek ve orta rejimli bölgelerde finansal olarak daha kolay kurulabileceği demektir. Çalışmadaki veriler Şekil 8.12'de gösterilmiştir. Bu da göstermektedir ki; rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki en ucuz enerji olacaktır. Termal kaynakların enerji fiyatları yine de kesin değildir. Batı Avrupa'daki ve A.B.D.'deki gaz talebi ki bu fiyatı belirlemektedir. Fakat özellikle Hindistan, Çin gibi 3. Dünya ülkelerinin artan talepleri dünya kömür fiyatlarının şimdiden itibaren artmasına yol açacaktır. 2000 yılı itibariyle dünya pazarlarında kömür fiyatları 2,7 ECU/GJ' dan 3,5 ECU/GJ'a kadar değişmektedir.



Şekil 8.12: Merkezi üretimde birim maliyetler için tahminler.

Buradan yola çıkılarak 2000 yılı için fosil kaynakların enerji fiyatları Tablo 8.8’de belirtilmiştir. Santral ve diğer maliyetler çok geniş bir yelpazede oluşmasına rağmen, sadece iki veri kullanılmıştır. UNPEDE çalışması ve mevcut EU.

1. UNPEDE merkez santrali, yakıt maliyetleri, %5-%10 kullanılarak.
2. Hesaba katılarak, toplamda yakıt maliyeti etkileri.

Tablo 8.7. 2000 yılı termik santral maliyetleri.

	GAZ	KÖMÜR	NÜKLEER
Santral maliyeti, 1992 ECU/kW	694-754	1185-1293	1478-1740
Santral ömrü, yıl	25	30	30
Yakıt maliyeti, cECU/kWh	3,3±0,6	1,9±0,3	0,8±0,1
Bakım onarım maliyeti, cECU/kWh	0,4	0,7	0,8
1. Elektrik fiyatı, cECU/kWh	5,0-5,5	4,4-5,6	4,0-5,7
2. Elektrik fiyatı, cECU/kWh	4,4-6,1	4,1-5,9	3,9-5,8

8.10. Mali Sonuçlar

- Rüzgar santral maliyetleri düzenli olarak azalmakta ve bu trend bundan sonra da böyle devam edecek gibi gözükmektedir.
- Makinalar daha güvenli ve daha verimli oldukça rüzgar enerjisi fiyatları da hızla düşmektedir.
- Rüzgar enerjisini tanımlamak için tek bir faktör kullanılamaz. Rüzgar hızları faiz oranları, amortisman süreleri ve santral maliyetleri ve bunlar gibi birçok parametre birlikte değerlendirilmelidir.
- İyi rüzgar alan yerlerde rüzgar enerjisi fiyatları termik santrallerden elde edilen enerji fiyatları ile rekabet edebilir bir haldedir.
- Termik santrallerin dış maliyetleri rüzgar enerjisi fiyatlarıyla bir karşılaştırma yapılacağı zaman mutlaka hesaba katılmalıdır. Bazı dış maliyetler, Almanya'da kömürdeki devlet desteği gibidir. Birçok diğeri hesaplanması zor ama gerçektir.
- Rüzgar enerjisi genellikle küçük gerilim dağıtım hattına bağlandığı için transmisyon ve bir takım diğer masraflardan tasarruf edilir.
- Denizüstü rüzgar enerjisi fiyatları hızla aşağıya doğru inmektedir.
- Birçok çalışmada görülmüştür ki; gelecekte fiyatlardaki düşüşler düzenli olarak devam edecektir.

9. RÜZGAR ÇİFTLİĞİ TASARIMI İÇİN GEREKLİ PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

9.1. Gerçekçi Bir Yatırım İçin Gerekli İncelemeler

Rüzgar türbini teknolojisi gelişimi, çevre dostu bir enerji kaynağına yatırım için yeni bir fırsat yaratmaktadır. Hızlı bir biçimde gelişen rüzgar enerjisi endüstrisinde gerçekçi bir yatırım için yapılması gereken incelemeleri şöyle sıralayabiliriz.

- Çiftliğin kurulacağı bölgenin belirlenmesi.
- Bölgenin ön değerlendirmesi.
- Rüzgar hızı gözlemleri ve veri analizi.
- Yüzey yapısı modellemesi ve mikro-konuşlandırma.
- Altyapı tasarımı ve türbin seçimi.
- Enerji üretimi değerlendirmesi.
- Ekonomik analiz.
- Çevre etki değerlendirmesi.

9.1.1. Rüzgar potansiyeli ve üretilen enerji

Rüzgar türbini ekonomisi, rüzgar türbini ve rüzgar çiftliğinin üreteceği enerjiyle son derece bağlantılıdır. Dolayısıyla bu, ilgilenilen bölgenin rüzgar potansiyeline bağlıdır. Bunun için bölgede rüzgar hızı ölçümleri yapılarak, elde edilen veri yakın civarda bulunan bir meteoroloji istasyonundan elde edilecek uzun dönem verilerle karşılaştırılır ve türbinlerin konumları analiz edilerek bölgesel etkiler incelenir.

Rüzgar potansiyeli incelemelerinden elde edilen sonuçlar rüzgar türbini karakteristikleriyle ve bölgenin topografik özellikleriyle birleştirilerek beklenen yıllık enerji üretimi belirlenir. Daha sonra, bu prosedür etkileşimli olarak uygulanarak, enerji üretimini ve dolayısıyla karlılığı en yüksek değerine çıkarmak için rüzgar çiftliği planı optimize edilir.

9.1.2. Teknik fizibilite ve mühendislik tasarımları

Yapılması gereken teknik ve mühendislik işlemleri şöyle sıralanabilir:

1. Rüzgar türbinlerinin satın alma koşullarının ve mevcut türbinlerin teknik karakteristik ve fiyat analizlerinin hazırlanması,
2. Rüzgar çiftliği bölgesinin incelenmesi; yerin jeolojik yapı analizi ve yıl gereksiniminin belirlenmesi,
3. Rüzgar türbini temel inşaatının tasarlanması,
4. Bölgenin elektrik şebekesinin incelenmesi
5. Ana şebeke bağlantılarının tasarlanması
6. Teknik veri ve türbin karakteristiklerinin gerçekleşme durumlarını belirlemek için rüzgar türbini performans testi ölçümlerinin yapılması.

9.1.3. Ticari açıdan uygulanabilirlik

Kurulması düşünülen rüzgar türbini veya çiftliğinin ticari açıdan uygulanabilirliğinin gerçekçi analizi öncelikli öneme sahiptir. Karar verme yöntemi Şekil 9.1'deki akış diyagramında görülen planlama ve hesaplamalarla yapılır.

Bu yaklaşım, rüzgar potansiyelini mühendislik inceleme ve planlama prosedürlerini birleştirerek, inşa işlemlerine başlanmadan önce yatırımcının projenin ticari açıdan uygulanabilirliği hakkında karar verebilmesini sağlar.

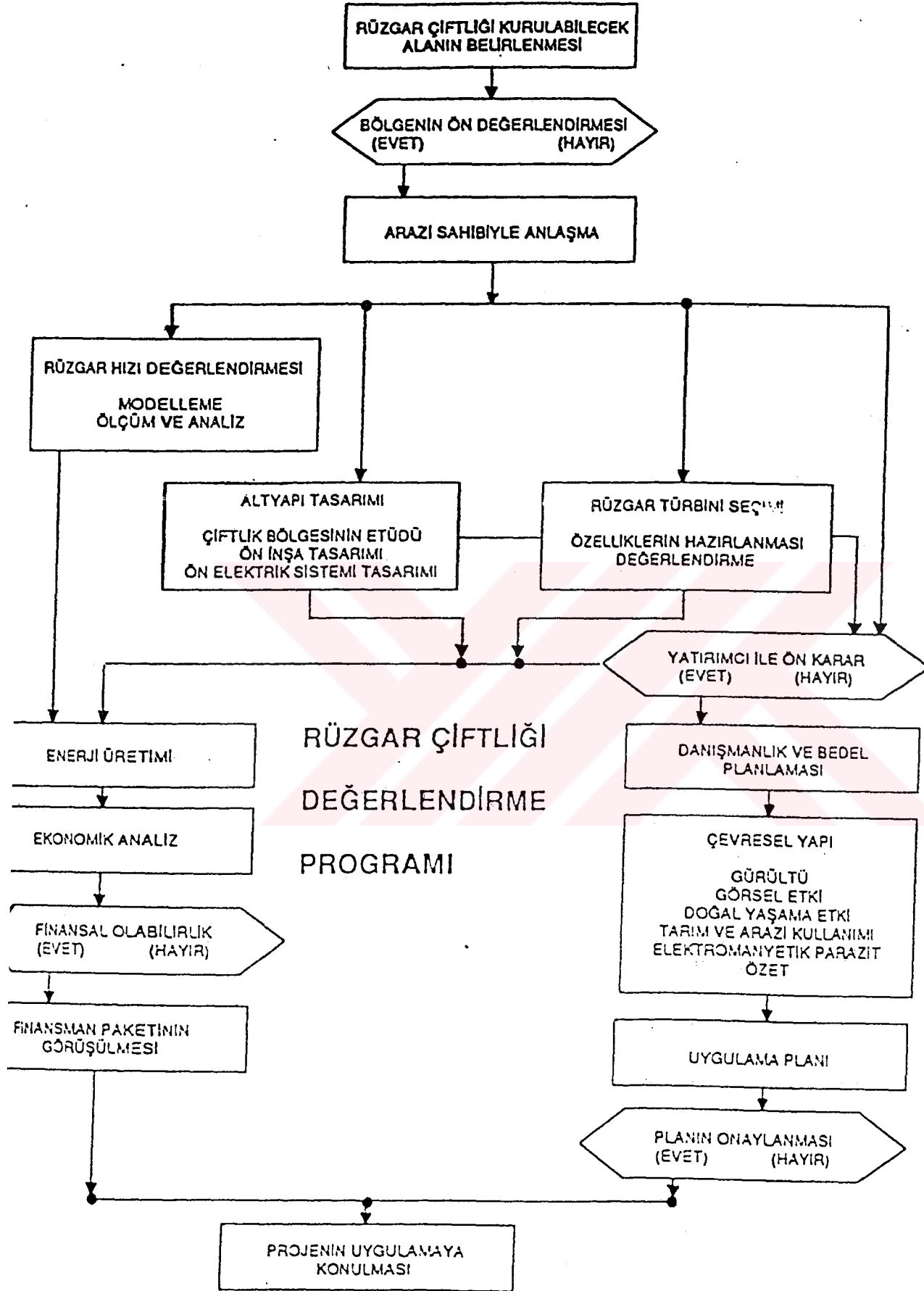
9.1.4. Çevresel faktörler ve planlama onayı

Bölgesel planlama otoriteleri tarafından dikkate alınan birtakım faktörler vardır. Özellikle görsel etki ve gürültü düzeyleri. Bu yüzden, rüzgar türbinlerinin gürültü düzeylerinin hesaplanması ve görsel değerlerinin belirlenmesi gereklidir.

9.2. Parametrelerin İncelenmesi

Yukarıda bahsedilen aktivite ve incelemeler daha detaylı bir şekilde aşağıdaki alt başlıklarla açıklanmıştır. Bunların rüzgar çiftliği projesinin özelliklerine göre değiştirilip, geliştirilmesi mümkündür.

Bu verilerin güvenilirlikleri, tamamen çiftlik alanında yapılan gözlemlerin kapsadığı zaman aralığına ve bu veriyle meteoroloji istasyonundan elde edilen veri arasındaki korelasyonun derecesine bağlıdır. Yukarıda bahsedilen çıktılara, hata sınırları belirlenerek, etkinlik kazandırılabilir.



Şekil 9.1. Rüzgar çiftliği değerlendirme programı

9.2.2. Enerji üretimi incelemesi

Bir rüzgar çiftliğinin net enerji üretimi, projenin ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin belirlenebilmesindeki anahtar faktörlerden birisidir. Bu, bilgisayar ortamında hazırlanan modeller kullanılarak hesaplanır.

Dijitize edilmiş yer yüzeyi verisi, rüzgar türbini verisi (geometrik yapısı, güç eğrisi, devreye girme vb.), rüzgar hızı ve yönü dağılımları, rüzgar profili ve türbülans düzeylerini rüzgar profili ve türbülans düzeylerini rüzgar türbini dizilişiyle birleştirerek, türbinlerin tek tek ve birarada üretecekleri yıllık enerji miktarları hesaplanır. Bu hesaplamalarda, çiftlik bölgesindeki akış değişimleri ve iz bölgesi etkileri (wake effects) de dikkate alınmalıdır. Elektrik sisteminde meydana gelebilecek diğer kayıplar da bu hesaplamalara dahil edilebilir. Prosedürün etkileşimli olarak kullanılmasıyla türbin dizilişini optimize etmek ve böylece enerji üretimini, dolayısıyla karlılığı en yüksek değerine yükseltmek de mümkündür.

Bu işlemler sonucunda rüzgar çiftliğinin toplam ve ayrı ayrı her türbinin beklenen yıllık enerji üretimi miktarı elde edilir Buna bağlı olarak da rüzgar çiftliğinin kapasite faktörü hesaplanarak çiftliğin verimi belirlenir.

9.2.3. Gürültü değerlerinin incelenmesi

Rüzgar çiftliğinin meydana getirecek gürültü etkisinin dağılımı, çiftliğin kabul edilebilirliğinin ortaya konulmasına önemli bir parametredir. Bu nedenle rüzgar çiftliği içerisinde ve civarındaki her noktada gürültü düzeylerinin meteoroloji koşullara göre belirlenmesi gereklidir.

Bu belirlemeleri yapabilmek için mesafe, atmosferik ve yeryüzü absorpsiyon gibi faktörleri de içeren bir gürültü yayma modeli kullanılır. Model için gerekli olan girdi, yeryüzü verisiyle bir türbinin gürültü karakteristikleri ve dizilişleridir. Aynı meteorolojik etkiler de buna dahil edilebilir. Model yardımıyla çiftlik düzenini optime ederek gürültü etkisini en az düzeye indirmek mümkün olmaktadır.

Burada kullanılan öngörü tekniği tek tek her nokta için hesaplamaların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece duvardaki bir yerleşim yerinde gözlenecek gürültü değerleri

belirlenebilmektedir. Aynı gürültü düzeyi konturları çizilmiş haritalar elde edilmesi de mümkün olmaktadır.

9.2.4. Elektriksel altyapı tasarımı

Rüzgar çiftliği planlamalarında ihale edilen özelliklerden bir tanesi de elektrik altyapısının durumudur. Bu, rüzgar çiftliğinin yatırım maliyeti, enerji üretim ve dolayısıyla karlılığı üzerinde önemli etken neden olabilmektedir. Elektrik sistemindeki kayıplar tipik olarak rüzgar çiftliği toplam üretiminin %2-3'ü kadardır. Bu nedenle optimum hat ve transformatörlerin belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla hazırlanacak modelde alternatif akımlı elektrik sistemlerinin durumlarının detaylarıyla birlikte, rüzgar hızı dağılımı ve türbinlerin performans detayları veri olarak kullanılır. Maliyetlerin ve iletim hatlarının transformatörlerin belli bir alan için kayıplarının veri tabanı kullanılarak yatırım maliyetleri ve enerji kayıpları hesaplanır. Alınan enerji ve reaktif güç miktarları ayrıca belirlenmektedir. Daha sonra basit bir yatırım-kazanç testi yardımıyla en optimum durum belirlenir. Yapılan hesaplamalar sonucunda maliyetleri, enerji kayıplarının kaynaklarını ve reaktif güç gereksinimlerini gösteren bir tablo oluşturulur. Şebeke boyunca voltaj profilleri de hesaplanarak, sunulur.

9.2.5. Çiftlik arazisi incelemesi ve ön-alt yapı tasarımı çalışmaları

Rüzgar çiftliği ekonomisinde önemli bir faktör de inşaat işlemleri, erişme yolları (geçici ve daimi) yapımı, ara istasyonlar ve kontrol binası yapımını içeren altyapı işlemleridir. Bu işlerin maliyeti tipik bir rüzgar çiftliği için toplam proje maliyetinin yaklaşık %30-40'ı kadardır. Bu çalışmalar özellikle kış aylarında önemli etkilere neden olabilmektedirler. Dolayısıyla, bu faktörlerin projenin ilk aşamalarında belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Gerekli zaman ve maliyetlerin tahminlerinin iyilik derecesi önceden ele alınan tasarım çalışmalarının kalitesine bağlıdır. Altyapı tasarımı, bölgenin ziyaretinden ve deneme kazılarında elde edilen veriye dayalı olarak yapılır. Ana hatları oluşturma ancak parametrelerle bir rüzgar çiftliğinin de tasarımının yapılabileceği yeterlilikte oluşturulur. Bu aşamada, taşıtların geçiş yolları ve türbinlerin kurulması ile ilgili potansiyel problemler belirlenir.

Bu işlemler sonucunda bölgenin ziyaretinden ve incelemelerden elde edilen veri sunulur. Bütçe tahmini yapılabilecek detaylara sahip bir ön tasarım hazırlanır.

9.2.6. Ekonomik analiz

Bir rüzgar çiftliği bölgesinin uzun dönem enerji üretiminin tahminin ve türbin sayısı ile türbin kapasitesinin kararlaştırılması için proje maliyetinin belirlenmesi gereklidir. Geri ödeme oranı (Internal Rate of Return, IRR) ve net bugünkü değer (Net Present Value, NPV)'in belirlenmesi için rüzgar çiftliği projesinde ekonomik analize olanak sağlayan bir model kullanılır.

Rüzgar çiftliği düzeni, rüzgar rejimi gibi çeşitli detaylar verilerek, oluşturulan bir model yardımıyla proje ömrü boyunca her yıl için, enerji üretimi ve bu enerjinin satışından elde edilecek gelir, bakım ve onarım masrafları, arazi kirası ve diğer giderler hesaplanır. Değer kaybı ve vergiler ödendikten sonra, yıllık nakit akışı hesaplanır; bunlar projenin net bugünkü değerini hesaplamak için gözardı edilebilir veya projenin geri ödeme oranını belirlemede kullanılır. Kredilerin geri ödemesindeki provizyon ve enflasyon basit bir şekilde dahil edilebilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda hazırlanacak raporda her proje için mukayeseli bir para akışı sınıflandırması ve ekonomik göstergelerin (IRR ve NPV gibi) özeti sunulur.

9.2.7. Rüzgar türbini detayları ve incelenmesi

Piyasada oldukça çok miktarda rüzgar türbini çeşidi bulunmaktadır. Yatırımcı amaçlarını da dikkate alarak, sözkonusu rüzgar çiftliği alanı için en uygun olan rüzgar türbinin seçilmesi projenin başarılı olması açısından çok önemlidir.

Genelde bu tür projelerin hepsinde, rüzgar türbini ve gerekli ekipmanın seçimi, makinenin teknik özelliklerine (rüzgar-üstü veya rüzgar-altı, 2 veya 3 kanatlı, asenkron veya endüksiyon jeneratörlü, yatay veya düşey eksenli, fiyatına, garanti ve hazırda bulunma durumlarının bileşimine dayalı olarak yapılır. Bu işin teknik ve mühendislik yönleri incelenerek çeşitli özelliklere sahip makineler karşılaştırılıp, en uygun olanı satın alınmalıdır. Çeşitli rüzgar türbinlerinin performanslarının gerçekçi bir şekilde karşılaştırılabilmesi için üretilen türbinlerin teknik özellikleri kullanılır.

Bir rüzgar türbini kurulduktan ve çalıştırıldıktan sonra üretici firmanın öngördüğü güç eğrisi, enerji üretimi ve hazırda bulunma değerlerinin doğruluğunun tespiti için de ölçümler alınarak, karşılaştırmalar yapılır.

9.2.8. Çevresel etki değerlendirmesi

Uygulama planı ile birlikte sunulmak üzere gereksinimleri karşılayacak şekilde bir çevresel değerlendirme hazırlanır. Bu doküman aşağıdaki bölümlerin tamamını veya bir kısmını içermektedir.

Bölüm 1. Genel özet: Dökümanda yeralan sonuçların ve diğer bölümlerin teknik olmayan kısa bir özetidir.

Bölüm 2. Giriş: Projeye ilgili temel bilgiler, dökümanın amaçları ve diğer ilgili detaylar sunulur.

Bölüm 3. Bölgenin rüzgar enerjisinden sağlayacağı faydalar: Bölge halkının projeden elde edeceği ekonomik, sosyal ve çevresel kazanımların özeti ile birlikte dünyanın kazanımları belirtilir.

Bölüm 4. Rüzgar çiftliği alanının seçimi: Rüzgar çiftliği alanının belirlenmesinde dikkate alınan faktörler yeniden özetlenir ve irdelenir.

Bölüm 5. Proje tanıtımı, yapımı ve işletmesi: Bu bölümde projenin detaylı açıklamaları yer alır.

Bölüm 6: Çevresel değerlendirme: Dökümanın en önemli öğelerinden birisi, bu gelişmenin çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve önemli herhangi bir etki olmayacağını (etkilerin kabul edilebilir düzeylerde kalacağını) gösteren ölçümlerdir. Bu bölüm aşağıdaki alt başlıklara ayrılmıştır.

- a) **Görsel etki değerlendirmesi:** Rüzgar çiftliğinin, görüntü kirliliğine neden olmayacağı, doğal güzellik açısından önemli bir bölgede olup olmadığını anlatan bir rapor hazırlanır.
- b) **Doğal yaşam üzerinde potansiyel etki:** Bölge yetkililerinin özellikle ilgilendiği bir alan olup olmaması, koruma altına alınmış bitki vb. bulunan alanların varlığı, belli bir kanunla koruma altına alınmış yabani hayvanların varlığı, özel bir üretim veya yetiştirme alanı olup olmaması, kuş sürülerinin yerleşim veya geçiş alanı olup olmaması incelenir.

c) Arkeolojik ve tarihi özellikler: Arkeolojik ve/veya tarihi öneme sahip bölge olup olmaması ve yakında böyle bölgeler varsa onlara herhangi bir zarar verilmeyeceğini gösteren ölçüm ve benzeri belgeler sunulur.

d) Tarım ve Arazi Kullanımı: Projenin arazi kullanımı üzerindeki detaylı etkileri ve şimdiki kullanımla birlikte düşünülen katılım şeması verilir.

e) Gürültü: Fonda ölçülüp kaydedilen gürültü düzeyleri üzerinde rüzgar çiftliğinin meydana getireceği etkiler dikkate alınır. Bölgenin bir gürültü profili oluşturulur.

f) Elektromanyetik parazit: Bölgede mikrodalga bağlantı yapan sistemler (TV veya radyo verici veya yansıtıcıları) varsa, bu sistemleri işletenlerle temasa geçilerek, kurulacak rüzgar çiftliğinin herhangi bir parazit etkisi yapıp yapmayacağı incelenir.

g) Otoyollar ve çiftlik bölgesindeki erişme yolları: Rüzgar çiftliği kurulması ve işletilmesi sırasında bölgesel otoyollar üzerinde meydana gelecek etkiler tüm detaylarıyla birlikte sunulur.

h) Bölgeye özel: Bölgeye özel, dikkate alınması gereken diğer hususlar varsa bunlar teşhis edilir ve uygun incelemeler yapılarak sonuçları sunulur.

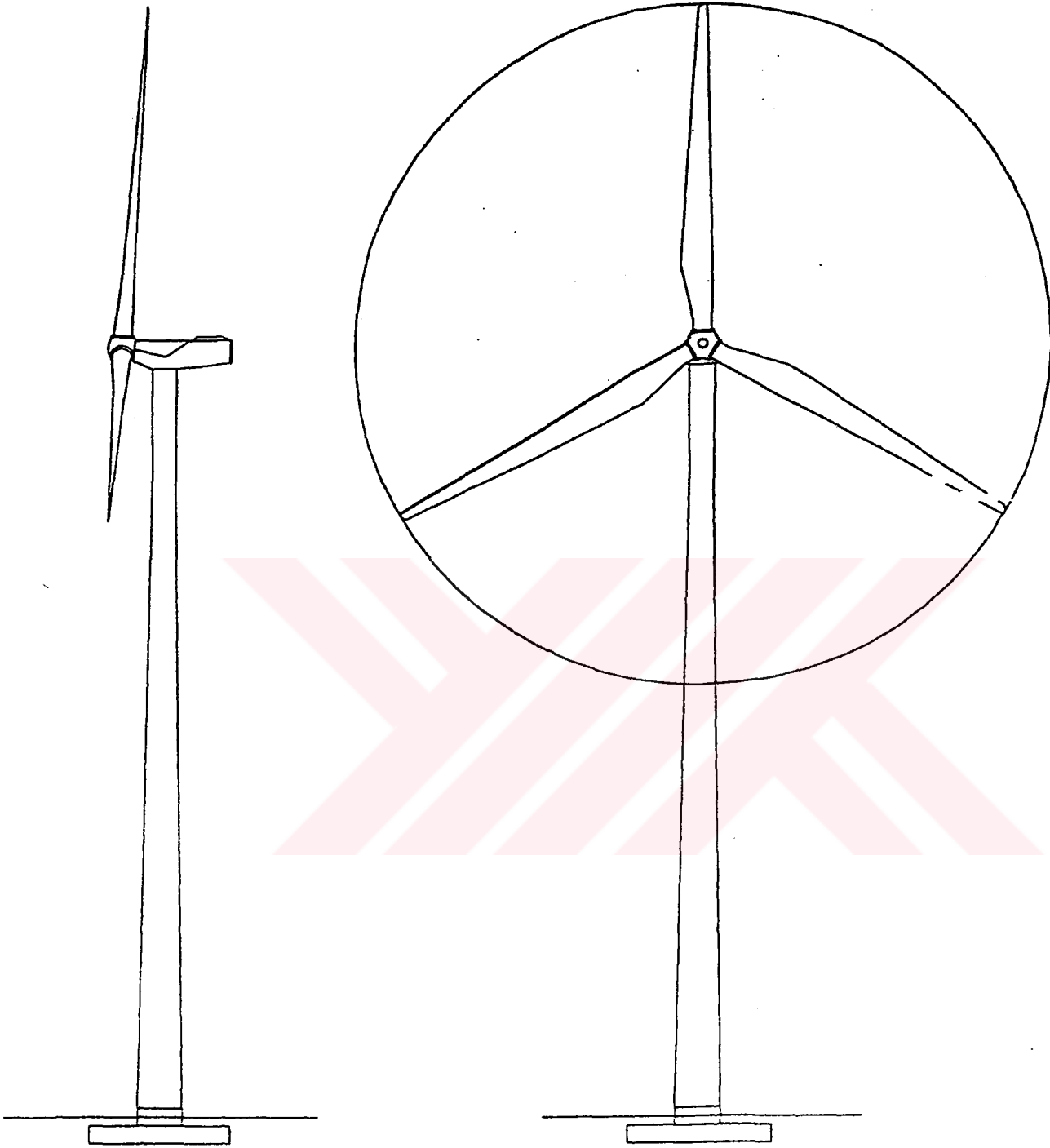
i) Sonuç ve karar: Genel bir özetle bölüm sonuçlandırılır ve olumlu veya olumsuz bir karar belirtilir.

10.ÖRNEK ÇALIŞMA

Tablo 10.1.Türbin teknik verileri

Nominal Güç	1250kW
Güç 10 m/s	724kW
Başlangıç rüzgar hızı	3,5 m/s
Nominal rüzgar hızı	12,5 m/s
Kapama rüzgar hızı	28 m/s
Rotor çapı	60 m
Kanat sayısı	3
Kanat boyu	29 m
Süpürme alanı	2827m ²
Malzeme	GRP/Epoksid reçine
Rotasyonel hız aralığı	17,1-24,6 d/d
Rotasyonel hız kontrolü	pitch, aktif kanat
Yıldırım Koruması	Alüminyum profil
Anti-buzlanma sistemi	Elektrikli kanat ısıtması (opsiyonel)
Kanat ağırlığı	Yaklaşık 3.600 kg
Transmisyon	1:43,75
Jeneratör	690 V, Koruma sınıfı IP54 çift ayaklı asenchron jeneratör
Şebeke frekansı	50/60 Hz
Şebeke gerilimi	10-30 kV, isteğe bağlı olarak diğerleri
Hız kontrolü	I GBT-U dönüştürgeci ile
Kısa zamanlı efektif sistem gücü	1.563 kW
Efektif sistem gücü	1.315 kW
Görülen sistem gücü	1.462 kW
Başlangıç akımı	0,01 IN
Pik akımı	1,0 IN
Cos J	1,0 kısmi yükte 0,80 tam yükte
Titreme katsayısı	<10
Reaktif güç	kontrol edilebilir
Rota sistemi	2 hidrolik dişli motor

Meteoroloji sensörleri	2 rüzgar vanası, 2 anemometre, iç ve dış termometreler
Ana frenleme sistemi	2 ayrı güvenlik sistemi
Park etme frenleri	disk fren
Makina ağırlığı	Yaklaşık 44.000 kg
Kule yüksekliği	66,5 m
Ses seviyesi 8 m/s’de	103 dB(A)
Konstrüksüyon tipi	Silindirik çelik
Kule yüksekliği	66,5 m
Tepede kule çapı	2,15 m
Aşağıda kule çapı	3,8 m
Boya özelliği	Deniz suyuna dirençli boya
Aydınlatma	Bütün iç sektörlerde aydınlatma
Opsiyon	İsteğe bağlı olarak tırmanma merdiveni veya koruması



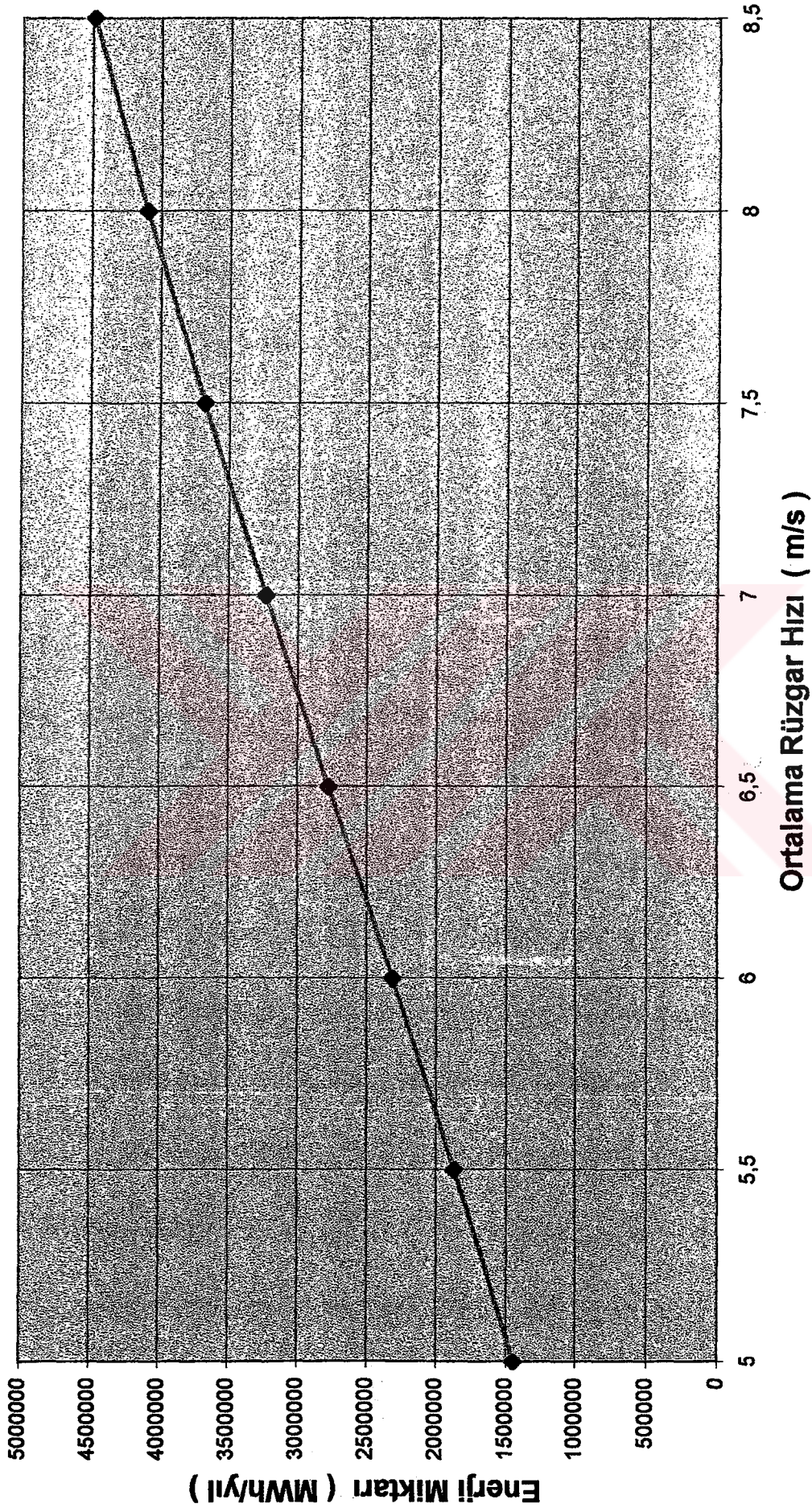
Kule yüksekliği : 66,5 m

Rotor apı : 60 m

Nominal g : 1250 kW

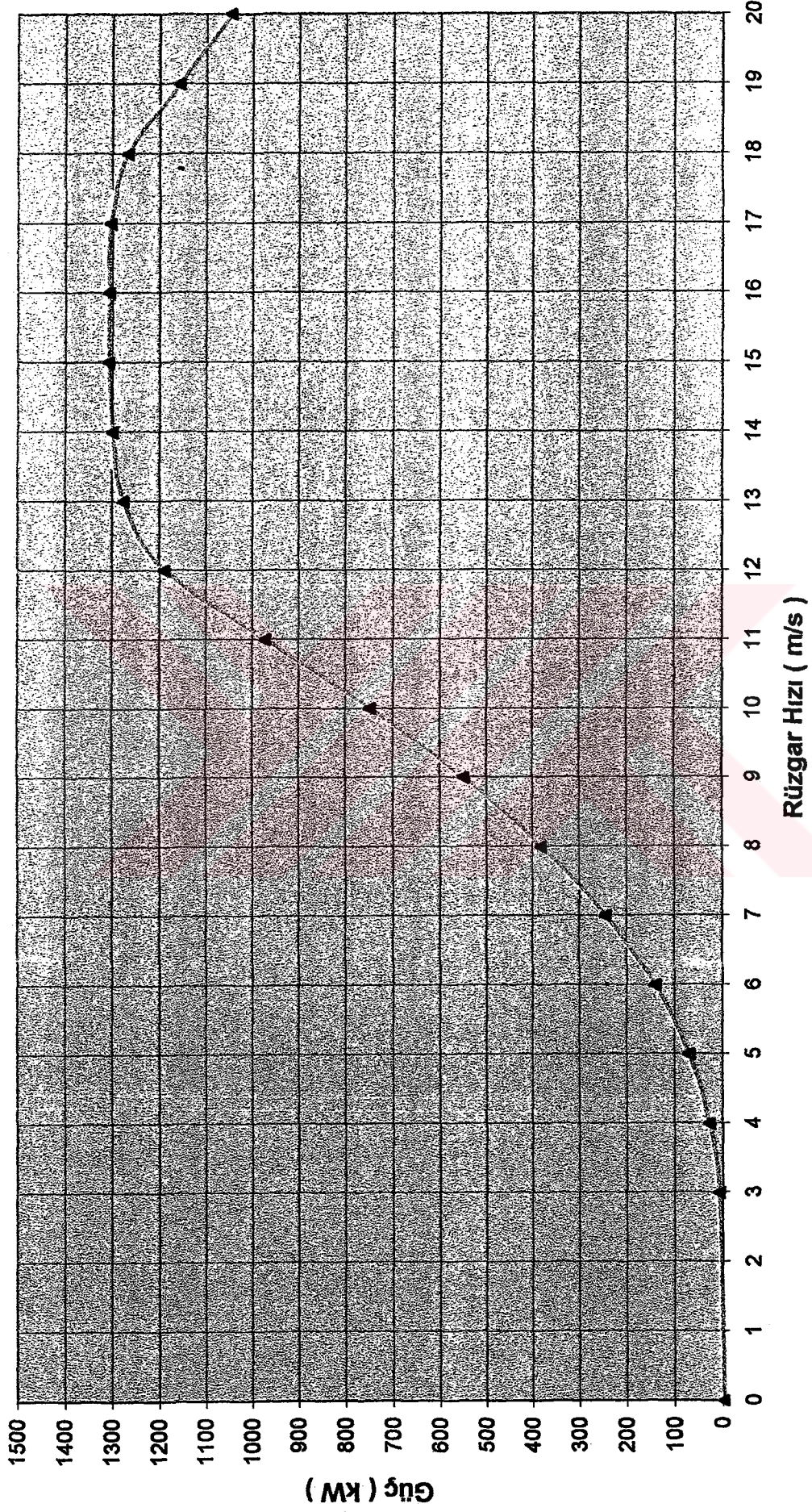
Şekil 10.1: RED sisteminin dış görünüş resmi

RÜZGAR HIZINA BAĞLI OLARAK ENERJİ DEĞİŞİMİ



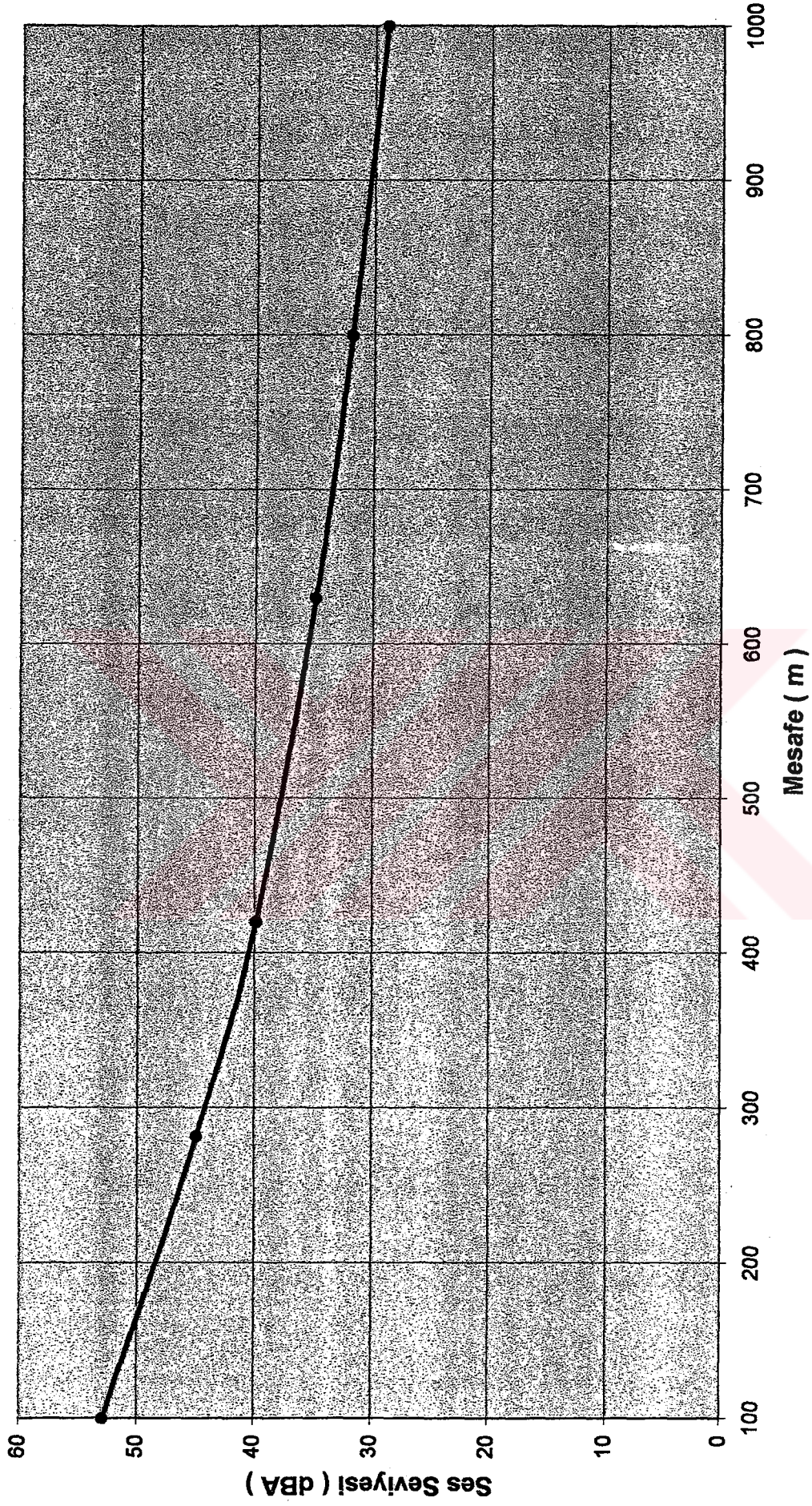
Şekil 10.2: Rüzgar hızına bağlı olarak enerji değişimi

RÜZGAR HIZINA BAĞLI GÜÇ DEĞERLERİ



Şekil 10.3: Rüzgar hızına bağlı güç değerleri

MESAFEYE BAĞLI SES SEVİYELERİ



Şekil 10.4. Mesafeye bağlı ses seviyeleri

10.1. Datça örneği hesaplamaları

Bu örnek çalışmada Datça yöresinde 28 tane Dewind 60 sınıfı 1,250 kW'lık türbin kullanılmak üzere toplam 35MW'lık potansiyelde bir rüzgar çiftliği tasarlanmıştır. Bu çiftliğin maliyet analizleri yapılmıştır. İlgili hesaplamalar tablolarda belirtilmiştir.

Datça yöresi yaklaşık olarak 5,9-6,2 m/s rüzgar hızına sahip bir yerdir. Proje Orman Bakanlığı'na ait olan arazi üzerinde 28 adet türbinin yerleştirilmesinden meydana gelmektedir.

Türbinler önce Hamburg limanından İzmir'e denizyoluyla oradan da karayoluyla Datça'ya getirilmiştir. Bağlantı yolları yapılmış ve kablolama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şebekeye bağlantı ve türbin montajı da bittikten sonra 14 haftanın sonunda çalışma aşamasına gelinmiştir.

Projenin anahtar teslim maliyeti 33.364.866 ABD \$ ve kurulu MW başına anahtar teslim maliyet ise 953.282 ABD \$ olarak hesap edilmiştir. Projeye göre toplam yıllık O&M masrafları da 687.284 ABD \$'dır. Projenin kendini ödeme süresi 2,37 yıl olarak belirlenmiştir.

Projenin detaylandırılmış mali tablolarına bakıldığında projenin uzun vadede kârlı bir yatırım olduğu açıktır.

Tablo 10.2.Proje Özeti

Proje Numarası		1174325
Proje Adı		Y.L.Tez Çalışması
Yatırımcı		Metin YILMAZ
Adres		Y.T.Ü
Şehir		İstanbul
Yerleşim		Datça
Arazi sahibi		Orman Bakanlığı
Türbin Sayısı	28	DeWind 60
Para birimi		USD
Parite 1 USD = x DM		1,99

Aylık enerji ihtiyacı		10.296.000	KWh
Yıllık çalışma süresi		12	Ay
Yıllık enerji ihtiyacı		123.552.000	KWh
Yıllık rüzgar çiftliği üretimi		128.041.049	KWh
Yıllık enerji ihtiyaçlarının karşılanma yüzdesi		%103,63	
kWh başına 20 yıllık Ortalama Üretim Maliyetleri		0,0467	USD
Kurulu Güç		35,000	MW
Toplam Yatırım		38.351.462	USD
Dış Borç		28.840.300	USD
Özsermaye oranı ve tutarı	%24,80	9.511.163	USD
Yatırım Kendini Ödeme Süresi		2,37	Yıl
Geri Ödeme		10	Yıl
Borçlanma		6	Ay

Tablo 10.3.Projenin Gelişimi

Kurulu Güç (MW)			35,000	MW
Türbin Sayısı ve kapasitesi	28	x	1,250	MW
Türbin başına enerji miktarı			5.080.994	
Enerji üretimi (brüt)	%100		142.267.832	kWh/a
Enerji üretimi (net)	%90		128.041.049	kWh/a
Altyapı inşaat zamanı			4 - 5	Ay
İşletme süresi			20	Yıl
Toplam yatırım tutarı (Tablo 10.4)			38.351.462	\$
Özsermaye oranı ve tutarı	%24,80	=	9.511.163	\$
Kredi oranı ve tutarı	%75,20	=	28.840.300	\$
Yıllık Bakım Masrafları (Tablo 10.6)			687.284	\$
kW başına yatırım tutarı (KDV dahil)			1.096	(\$/kW)
kW başına yatırım tutarı (KDV hariç)			1.053	(\$/kW)
kWh başına ortalama satış fiyatı (ilk 5 Yıl içinde)			6,773	US\$/kWh
kWh başına ortalama satış fiyatı (5 Yıldan sonra)			6,545	US\$/kWh
Çalışanların Maaşları (Tablo 10.6)			280.000	\$
Özsermayenin iç karlılık oranı			%39	
Özsermayenin geri ödemesi/yıl			2,37	

Tablo 10.4.Toplam Yatırım

	Açıklama	Miktar	Para birimi	(%)	Yatırım indirim matrahı	KDV tutarı
1	Türbin (Tablo 10.5)	29.348.744	\$	%76,5	29.348.744	645.829
2	Ulaşım (Tablo 10.5)	976.141	\$	%2,5	976.141	115.029
3	Akıyapı (Tablo 10.5)	2.115.047	\$	%5,5	2.115.047	359.558
4	Montaj (Tablo 10.5)	554.784	\$	%1,4	554.784	38.792
5	Diğer masraflar (Tablo 10.5)	10.050	\$	%0,0	10.050	1.709
6	Toplam (1+2+3+4+5)	33.004.766	\$	%86,1	0	1.160.918
7	Sigorta, gümrük v.b.	149.045	\$	%0,4		11.112
8	Orman Bakanlığı'nın kirası (Tablo 10.5)	1.835.262	\$	%4,8	0	311.995
9	KDV	1.484.024	\$	%3,9	0	0
10	Toplam (6+7+8+9)	36.473.098	\$	%95,1	0	1.484.024
11	İlk 3 ay için faiz oranı (7%)	638.279	\$	%1,7	638.279	0
12	Banka Komisyonu (4%)	1.240.085	\$	%3,2	1.240.085	0
13	Toplam Yatırım (10+11+12)	38.351.462	\$	%100	34.883.130	1.484.024

Tablo 10.5.Maliyetler

1) Türbin ve sistem

Açıklama	Miktar	Birim	Ünite fiyatı (USD)	Toplam (USD)	KDV
DeWind 60 türbin (uzaktan kumanda dahil)	28	Adet	879.397	24.623.116	*
Kule içi güvenlik sistemi	28	Adet	4.523	126.633	*
690V - 34,5 kV transformatör	27	Adet	27.136	732.663	*
690V - 34,5 kV transformatör (anahtar sistemli)	1	Adet	59.296	59.296	*
DeWind personeli tarafından kule üretimi süpervizyonu	1	Adet	8.040	8.040	*
68,5m çelik kule	28	Adet	135.678	3.798.995	645.829
Toplam			1.121.608	29.348.744	645.829

2) Ulaşım

Açıklama			Ünite fiyatı (USD)	Toplam (USD)	KDV
Denize dayanıklı paketleme	28	Adet	8.543	239.196	*
Türbin Hamburg Limanı-İzmir (denizyolu)	28	Adet	20.101	60.302	*
Türbin İzmir-Datça (Karayolu)	28	Adet	11.000	308.000	52.360
Kuleler Ankara-Datça (karayolu)	28	Adet	13.166	368.643	62.669
Toplam			52.809	976.141	115.029

3) Altyapı

Açıklama			Ünite fiyatı (USD)	Toplam (USD)	KDV
Bağlantı yolları	5000	m	55	276.382	46.985
Montaj platformları(Anzahl WEAx30x30 mt)	25200	m ²	20	506.533	86.111
Foundations WEC (Steel:28 t, Concrete:273m ³)	7653	m ³	121	922.975	156.906
Fondations transformer (5 m ³)	140	m ³	151	21.106	3.588
Kazılan toprak miktarı (600 m ³)	16800	m ³	5	75.980	12.917
Toprak doldurma	9006	m ³	2	18.103	3.077
Kablo kanalları	5000	m	2	10.050	1.709
Depo	150	m ²	151	22.613	3.844
Kablolama (şebeke için)	500	m	40	20.101	3.417
Rüzgar tarlası içindeki kablolamalar (34,5kV)	5000	m	20	100.503	17.085
Fiber optik iletişim hatları	5000	m	2	10.050	1.709
Feed in counter	1	grup	5.025	5.025	854
34.5 kV yüksek gerilim hattı	5000	m	25	125.628	21.357
Toplam			5.619	2.115.047	359.558

4) Montaj

Açıklama			Ünite fiyatı (USD)	Toplam (USD)	KDV
DeWind personeli tarafından montaj (2 gün/türbin)	2	adam	143.095	286.191	0
Türk personel tarafından montaj (2 gün/türbin)	2	adam	71.759	143.518	24.398
Kreyn kirası (5 gün) 400 tonluk kreyn için	9	gün	2.764	24.874	4.229
400 tonluk kreynin gelmesi (6 gün)	6	gün	2.764	16.583	2.819
100 tonluk kreynin kiralanması (5 gün)	9	gün	1.809	16.281	2.768
100 tonluk kreynin ulaştırılması (6 gün)	6	gün	1.809	10.854	1.845
400 tonluk kreynin ulaştırılması	14	TIR	503	7.035	1.196
Transformatör montajı	28	Adet	905	25.327	0
Rüzgar çiftliğinin çalıştırılması ve 2 ay işletilmesi	1	Adet	15.075	15.075	0
Bilinmeyen masraflar	1	Adet	9.045	9.045	1.538
Toplam			249.528	554.784	38.792

5) Diğer masraflar, sigorta, v.b.

Açıklama			Ünite fiyatı (USD)	Toplam (USD)	KDV
Banka masrafları, garanti mektupları, noter masrafları	1	Adet	5.025	5.025	0
Tam riskli sigorta	28	Adet	2.111	59.095	0
Taahhüt sigortası	28	Adet	151	4.221	0
Ulaşım sigortası İzmir - Datça (türbin)	28	Adet	337	9.427	0
Ulaşım sigortası Ankara - Datça (Kuleler)	28	Adet	211	5.910	0
Customs clearance	28	Adet	427	11.960	2.033
Gümrükte geri yükleme	28	Adet	980	27.437	4.664
Gümrükte depolama masrafları (en fazla 10 gün)	28	Adet	281	7.879	1.339
Gümrükte yükleme	28	Adet	251	7.035	1.196
Seyahat masrafları ve mühendislik	1	Adet	1.005	1.005	171
Bilinmeyen masraflar	1	Adet	10.050	10.050	1.709
Toplam			20.829	149.045	11.112

6) Kira

Orman Bakanlığı'na Kira bedeli	Toplam yat.	%	Ünite	Toplam	KDV
Toplam Yatırımın % 3'si "Orköy Fonuna"	33.004.766	%3	%	990.143	168.324
Toplam Yatırımın %2'si "Ağaçlandırma Fonuna"	33.004.766	%2	%	660.095	112.216
Ağaçlandırma: (= 2.000 \$/Hektar)	2.000	10	ha	20.000	3.400

Tablo 10.6. Yıllık Masraflar

a) Yatırımcının yıllık masrafları

Açıklama	Tutarı	Oranı
Arazi kira/tahsis bedeli		%0,0
İşçilik Personel	280.000	%40,7
O & M	224.840	%32,7
Genel Giderler	27.600	%4,0
Sigorta	154.844	%22,5
Toplam	687.284	%100

b) Yıllık proje gideri

İşletme giderleri	687.284	%15,7
Amortisman (10 yıl)	3.686.744	%84,3
Toplam	4.374.028	%100

Tablo 10.7.Yıllık O&M Maliyetleri

1) Orman Bakanlığı'na Kira

				Toplam		KDV
Kira =Toplam Yatırımın 0,5%' i (Tablo 10.5)		\$		0	\$	0

2)İşçilik Personel Giderleri

Çalışan personel sayısı	28			Toplam		KDV
Bir personel yıllık maliyeti	10.000	\$				
Toplam personel yıllık maliyeti	280.000	\$		280.000	\$	0

3) Bakım Onarım Malzeme ve Yedek Parça

Türbin başına yıllık bakım sözleşmesi tutarı	5.030	\$		Toplam		KDV
Türbin sayısı	28	Stk				
Yıllık bakım onarım tutarı	140.840	\$	a	140.840		23.943
5 yıl için yedek parça (toplam)	15.000	\$				
Malzeme ve yedek parça yıllık tutarı	84.000	\$	b			
Bakım onarım ve yedek parça yıllık tutarı	224.840	\$	a+b	224.840	\$	0

4) Genel Giderler

Aylık genel giderler	2.300	\$		Toplam		KDV
Yıllık genel giderler	27.600	\$		27.600	\$	4.692

5) Sigorta Giderleri

Türbin başına yıllık sigorta gideri (makine +üretim)	5.530	\$		Toplam		KDV
Toplam	154.844	\$		154.844	\$	0

Toplam Yıllık O&M Masrafları				687.284	\$	28.635
------------------------------	--	--	--	---------	----	--------

Tablo 10.8.Finansman planı

			KREDİ-1 Yatırım Kredisi				KREDİ-2					
Yıl	Proje Bedeli Tablo 10.4	Özsermaye	Anapara	Faiz %7	Masraf %4	Anapara	Faiz	Masraf	Kredi Anapara Toplamı	Yatırım	Kredi Masraflar Toplamı	Toplam Yatırım
1.1	36.473.098	9.511.163	28.840.300	638.279	1.240.085				28.840.300	638.279	1.240.085	38.351.462
Toplam	36.473.098	9.511.163	28.840.300	638.279	1.240.085	0	0	0	28.840.300	638.279	1.240.085	38.351.462

Tablo 10.9.Kredi kullanım ve geri ödemeleri

Dönem	Yıl	Kredi Çekişi	Anapara ödemesi	Bakiye anapara	Faiz %7	Masraf	Toplam	Yıllık Toplamlar
İnşaat Süresi	1	28.840.300			638.279	1.240.085	30.718.664	
				28.840.300				
İ	1-1		1.442.015	27.398.285	1.009.410		2.451.425	
Ş	1-2		1.442.015	25.956.270	958.940		2.400.955	4.852.380
L	2-1		1.442.015	24.514.255	908.469		2.350.484	
E	2-2		1.442.015	23.072.240	857.999		2.300.014	4.650.498
T	3-1		1.442.015	21.630.225	807.528		2.249.543	
M	3-2		1.442.015	20.188.210	757.058		2.199.073	4.448.616
E	4-1		1.442.015	18.746.195	706.587		2.148.602	
	4-2		1.442.015	17.304.180	656.117		2.098.132	4.246.734
	5-1		1.442.015	15.862.165	605.646		2.047.661	
	5-2		1.442.015	14.420.150	555.176		1.997.191	4.044.852
S	6-1		1.442.015	12.978.135	504.705		1.946.720	
Ü	6-2		1.442.015	11.536.120	454.235		1.896.250	3.842.970
R	7-1		1.442.015	10.094.105	403.764		1.845.779	
E	7-2		1.442.015	8.652.090	353.294		1.795.309	3.641.088
S	8-1		1.442.015	7.210.075	302.823		1.744.838	
İ	8-2		1.442.015	5.768.060	252.353		1.694.368	3.439.206
	9-1		1.442.015	4.326.045	201.882		1.643.897	
	9-2		1.442.015	2.884.030	151.412		1.593.427	3.237.324
	10-1		1.442.015	1.442.015	100.941		1.542.956	
	10-2		1.442.015	0	50.471		1.492.486	3.035.442
	11		0	0	0		0	0
	12		0	0	0		0	0
	13		0	0	0		0	0
	..		0	0	0		0	0
	..		0	0	0		0	0
	20		0	0	0		0	0
Toplam		28.840.300	28.840.300		10.598.810		39.439.110	39.439.110

Tablo 10.10.Özsermaye ve toplam kredi kullanımı ve geri ödemeleri

Dönem	Yıl	Kredi Çekışı	Anapara Ödemesi	Bakiye Anapara	Faiz %7	Banka Komisyonu	Özsermaye Miktarı	Özsermaye geri ödemesi	Toplam
İnşaat Süresi	1	28.840.300			638.279	1.240.085		9.511.163	38.351.462
				28.840.300					
İ	1-1		1.442.015	27.398.285	1.009.410				
Ş	1-2		1.442.015	25.956.270	958.940		131.244	131.244	
L	2-1		1.442.015	24.514.255	908.469				
E	2-2		1.442.015	23.072.240	857.999		133.596	264.840	
T	3-1		1.442.015	21.630.225	807.528				
M	3-2		1.442.015	20.188.210	757.058		1.271.965	1.536.805	
E	4-1		1.442.015	18.746.195	706.587				
	4-2		1.442.015	17.304.180	656.117		3.286.622	4.823.427	
	5-1		1.442.015	15.862.165	605.646				
	5-2		1.442.015	14.420.150	555.176		3.455.194	8.278.621	
S	6-1		1.442.015	12.978.135	504.705				
Ü	6-2		1.442.015	11.536.120	454.235		3.332.472	11.611.093	
R	7-1		1.442.015	10.094.105	403.764				
E	7-2		1.442.015	8.652.090	353.294		3.549.107	15.160.200	
S	8-1		1.442.015	7.210.075	302.823				
İ	8-2		1.442.015	5.768.060	252.353		3.717.679	18.877.879	
	9-1		1.442.015	4.326.045	201.882				
	9-2		1.442.015	2.884.030	151.412		3.886.250	22.764.129	
	10-1		1.442.015	1.442.015	100.941				
	10-2		1.442.015	0	50.471		4.054.822	26.818.951	
	11		0	0	0		3.156.415	29.975.366	
	12		0	0	0		1.639.621	31.614.987	
	13		0	0	0		2.221.470	33.836.457	
	14		0	0	0		2.221.470	36.057.927	
	15		0	0	0		2.221.470	38.279.398	
	16		0	0	0		2.221.470	40.500.868	
	17		0	0	0		2.221.470	42.722.339	
	18		0	0	0		2.221.470	44.943.809	
	19		0	0	0		2.221.470	47.165.280	
	20		0	0	0	0	2.221.470	49.386.750	2.221.470
Toplam			28.840.300		11.237.089	1.240.085	49.386.750		2.221.470

Tablo 10.11.Yatırım nakit akışları

Dönem	Yıl	Özsermaye kullanımı	Özsermaye iadesi	Özsermaye karı	Net nakit akışı	Özsermaye nakit akışı
	1	9.511.163				-9.511.163
	Toplam	9.511.163				-9.511.163
		İKD↓				
	1	1.445.534	4.741.889	3.427.600	131.244	4.873.133
	2	38.491	2.946.426	3.041.531	133.596	3.080.022
	3	0	1.822.848	3.094.812	1.271.965	3.094.812
	4	0	0	3.286.622	3.286.622	3.286.622
	5	0	0	3.455.194	3.455.194	3.455.194
	6	0	0	3.332.472	3.332.472	3.332.472
	7	0	0	3.549.107	3.549.107	3.549.107
	8	0	0	3.717.679	3.717.679	3.717.679
	9	0	0	3.886.250	3.886.250	3.886.250
	10	0	0	4.054.822	4.054.822	4.054.822
	11	0	0	3.156.415	3.156.415	3.156.415
	12	0	0	1.639.621	1.639.621	1.639.621
	13	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	14	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	15	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	16	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	17	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	18	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	19	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
	20	0	0	2.221.470	2.221.470	2.221.470
Toplam		1.484.024	9.511.163	57.413.888	49.386.750	58.897.913

Özsermaye iç karlılık oranı % (IRR) = %39

Özsermaye geri ödemesi 2,37 Yıl

[illegible]

Nakit Akışı

[illegible]

Tablo 10.13.Açıklamalar

a) Vergilerle ilgili açıklamalar

Vergi cinsi	Miktar
Gelir Vergisi	%30
Kurum stopajı	%15
Kurumlar vergisi & kurum stopajı fonu	%10
Yatırım yardım ve fon kesintileri	%16,50

Yatırım İndirim Miktarı (Tablo 10.4)	34.883.130
--------------------------------------	------------

b) İKDV miktarı (Tablo 10.4)

İKDV miktarı	1.484.024
1. Yıl Enerji satışından tahsil edilen KDV Tutarı	1.474.169
İşletme giderlerinden mahsup edilecek KDV Tutarı	28.635
Tahakkuk edecek KDV	1.445.534
Yatırım dönemi KDV mahsubu	1.445.534
2. Yıl KDV mahsubu	38.491
3. Yıl KDV masubu	0

c) Enerji satış fiyatı hesabı

1-12-1998 Tarih ve 23540 sayılı Resmi gazetede yürürlüğe giren kararnameye göre

Açıklama	Miktarı
İletim Nakil Bedelleri (154 kV)	%7,50
Dağıtım Nakil Bedelleri(34,5 kV)	%6,50
Toplam Nakil Bedelleri	%14,00
İlk 5 Yıl için bu bedelin %50 si	%7,00
TEDAŞ net satış fiyatı (cent/kWh)	7,00
İlk 5 yıl için (7 C x%96,75)	6,7725
Sonraki yıllarda (7 C x%93,50)	6,5450

d)Özsermaye geri ödemesi

İKDV tutarı	1.445.534
Özsermaye karı - İhtiyat akçesi	3.296.355
Toplam	4.741.889

PROJE TANIMI

Tablo 10.14.Proje Bilgileri

1) Genel Proje Bilgisi

Proje Numarası	1174325
Proje Adı	Y.L.Tez Çalışması
Yatırımcı	Metin YILMAZ
Adres	Y.T.Ü
Şehir	Marmaris
Yerleşim	Datça
Arazi Sahibi	Orman Bakanlığı
Türbin Sayısı	28
Türbin Tipi	DeWind 60

2) Finans Bilgisi

Para birimi	USD	
Parite 1 USD = x DM	1,99	DM
Equity	24,800%	
Geri Ödeme	10	YIL
Borçlanma	6	Ay
Faiz oranı	%7	
Banka Komisyonu	%4	

3) Enerji Performansı

Aylık enerji ihtiyacı	10.296.000	KWh
Yıllık Çalışma Süresi	12	Ay
Türbin başına düşen güç	1,250	MW
Sistem başına düşen enerji miktarı	5.080.994	kWh/a
Enerji miktarı (gross)	%100	kWh/a
Enerji miktarı (net)	%90	(kWh/a)

4) Kontrol İşleri

Tesislerin Kontrolü	20.000	DM / proje
---------------------	--------	------------

PROJE TANIMI

5) Günlük Personel Masrafları

DeWind personelinin günlük istihdamı	1.390	DM
DeWind personelinin seyahat ve konaklama masrafları	2.000	DM
Türk DeWind personelinin günlük istihdamı	700	DM
Türk DeWind personelinin seyahat ve konaklama masrafları	1.000	DM
DeWind personeline ihtiyaç duyulan gün sayısı (türbin başına)	3	gün
Türk DeWind personeline ihtiyaç duyulan gün (türbin başına)	3	gün
Türbinleri denize dayanıklı paketlenme	17.000	DM

6) Yıllık Masraflar

Kişi başına yıllık maaşlar	10.000	USD
Yıllık rezervler	%5	
Sistem başına bakım anlaşması	5.030	USD
Yedek parça 5 yıl için (toplam)	15.000	USD
Yedek parça için yıllık masraflar	3.000	USD
Aylık diğer masraflar	2.300	USD
Maschine break down (per WEC&transf.) in % of sales price	%0,50	

7) Vergiler

KDV	%17,00
Gelir Vergisi	%30,00
Kurum stopajı	%15,00
Kurumlar vergisi & kurum stopajı fonu	%10,00
Yatırım yardım ve fon kesintileri	%16,50

8) TEDAŞ

154 kV' luk iletim hattının kullanımı (TEAS)	%7,50	
34,5 kV' luk iletim hatlarının kullanımı	%6,50	
İletim hatlarında toplam kira	%14,00	
İlk 5 yıl içinde (50%)	%7,00	
TEDAS net satış fiyatı	7,00	Uscent / kWh

No	Adet	Birim	Açıklama	Ünite fiyatı (DEM)	Toplam(DEM)	Ünite Fiyatı (USD)	Toplam (USD)
1	28	Adet	DeWind 60 acc. to techn. description incl.remote control	1.750.000	49.000.000	879.397	24.623.116
2	28	Adet	Kule içi Güvenlik Sistemi	9.000	252.000	4.523	126.633
3	27	Adet	690V - 34,5 kV transformatör	54.000	1.458.000	27.136	732.663
4	1	Adet	690V - 34,5 kV transformatör ve anahtar istasyonu	118.000	118.000	59.296	59.296
5	28	Adet	5 yıl için yedek parça	15.000	420.000	7.538	211.055
6	1	Adet	DeWind personeli tarafından kule treetim desteği	16.000	16.000	8.040	8.040
7	28	Adet	68,5m çelik kule	270.000	7.560.000	135.678	3.798.995
Toplam				2.232.000	58.824.000	1.121.608	29.559.799
8	28	Adet	Denize Dayanıklı paketlenme	17.000	476.000	8.543	239.196
9	3	Adet	Türbin Hamburg Lınanı - İzmir (deniz)	40.000	120.000	20.101	60.302
10	28	Adet	Türbin İzmir - Datça (karayolu)	21.890	612.920	11.000	308.000
11	28	Adet	Kuleler Ankara - Datça (karayolu)	26.200	733.600	13.166	368.643
Toplam				105.090	1.942.520	52.809	976.141
12	5000	m	Bağlantı Yolları	110	550.000	55,28	276.382
13	25200	m²	Montaj Platformları(Anızahlı WEAx30x30 mt)	40	1.008.000	20,10	506.533
14	7653	m³	Foundations WEC (Çelik:28 t, Concrete:273m³)	240	1.836.720	120,60	922.975
15	140	m³	Foundations transformmer (5 m²)	300	42.000	150,75	21.106
16	16800	m³	Sistem yerleştirilmesi için kazılan toprak (600 m²)	9,0	151.200	4,52	75.980
17	9006	m³	Toprak doldurma	4,0	36.024	2,01	18.103
18	5000	m	Kablo Kanalları	4,0	20.000	2,01	10.050
19	150	m²	İstasyon	300	45.000	150,75	22.613
20	500	m	Kablolama (şebeke)	80	40.000	40,20	20.101
21	5000	m	Rüzgar Çiftliği İçindeki Kablolama (34,5kV)	40	200.000	20,10	100.503
22	5000	m	Fiber Optik İletişim Hatları	4	20.000	2,01	10.050
23	1	grup	Feed in counter	10.000	10.000	5.025,13	5.025
24	5000	m	34,5 kV yüksek gerilim hatları	50	250.000	25,13	125.628
Toplam				11.181	4.208.944	5.618,59	2.115.047

25	2 Adet	DeWind personeli tarafından montaj (2 gün/ türbin)	284.760	569.520	143.095	286.191
26	2 Adet	Türk personel tarafından montaj (2 gün/türbin)	142.800	285.600	71.759	143.518
27	9 gün	Kreyn kirası (5 gün) 400 tonluk kreyn	5.500	49.500	2.764	24.874
28	6 gün	400 tonluk kreynin gelişi (6 gün)	5.500	33.000	2.764	16.583
29	9 gün	Kreyn kirası (5 gün) 100 tonluk kreyn	3.600	32.400	1.809	16.281
30	6 gün	100 tonluk kreynin gelişi (6 gün)	3.600	21.600	1.809	10.854
31	14 TIR	400 tonluk kreynin ulaşımı	1.000	14.000	503	7.035
31	28 Adet	Transformatör montajı	1.800	50.400	905	25.327
32	1 Adet	R. Çiftliğinin çalıştırılması ve 2 ay için işletilmesi	30.000	30.000	15.075	15.075
33	1 Adet	Bilinmeyen Masraflar	18.000	18.000	9.045	9.045
		Toplam	496.560	1.104.020	249.528	554.784

34	1 Adet	Banka masrafları, garanti mektupları, noter masrafları	10.000	10.000	5.025	5.025
35	28 Adet	Tam riskli sigorta	4200	117.600	2.111	59.095
36	28 Adet	Taahhüt sigortası	300	8.400	151	4.221
37	28 Adet	Ulaşım Sigortası İzmir - Datça (Türbin)	670	18.760	337	9.427
38	28 Adet	Ulaşım Sigortası Ankara - Datça (Kuleler)	420	11.760	211	5.910
39	28 Adet	Gümrük İşlemleri	850	23.800	427	11.960
40	28 Adet	Offloading at customs	1.950	54.600	980	27.437
41	28 Adet	Gümrükte depolama (max. 10 gün)	560	15.680	281	7.879
42	28 Adet	Gümrükte Yükleme	500	14.000	251	7.035
43	1 Adet	Seyahat Harcamaları ve mühendislik	2.000	2.000	1.005	1.005
45	1 Adet	Bilinmeyen Harcamalar	20.000	20.000	10.050	10.050
		Toplam	41.450	296.600	20.829	149.045

46	1 Adet	Tesis kontrolü	20.000	20.000	10.050	10.050
----	--------	----------------	--------	--------	--------	--------

6) Rüzgar Çiftliğinin Anahtar Teslim Maliyeti	DEM	66.376.084	USD	33.364.866
---	-----	------------	-----	------------

7) Kurulu MW başına Anahtar Teslim Maliyet	DEM	1.896.460	USD	953.282
--	-----	-----------	-----	---------

Tablo 10.16. Yapılan işlerin zamanlaması

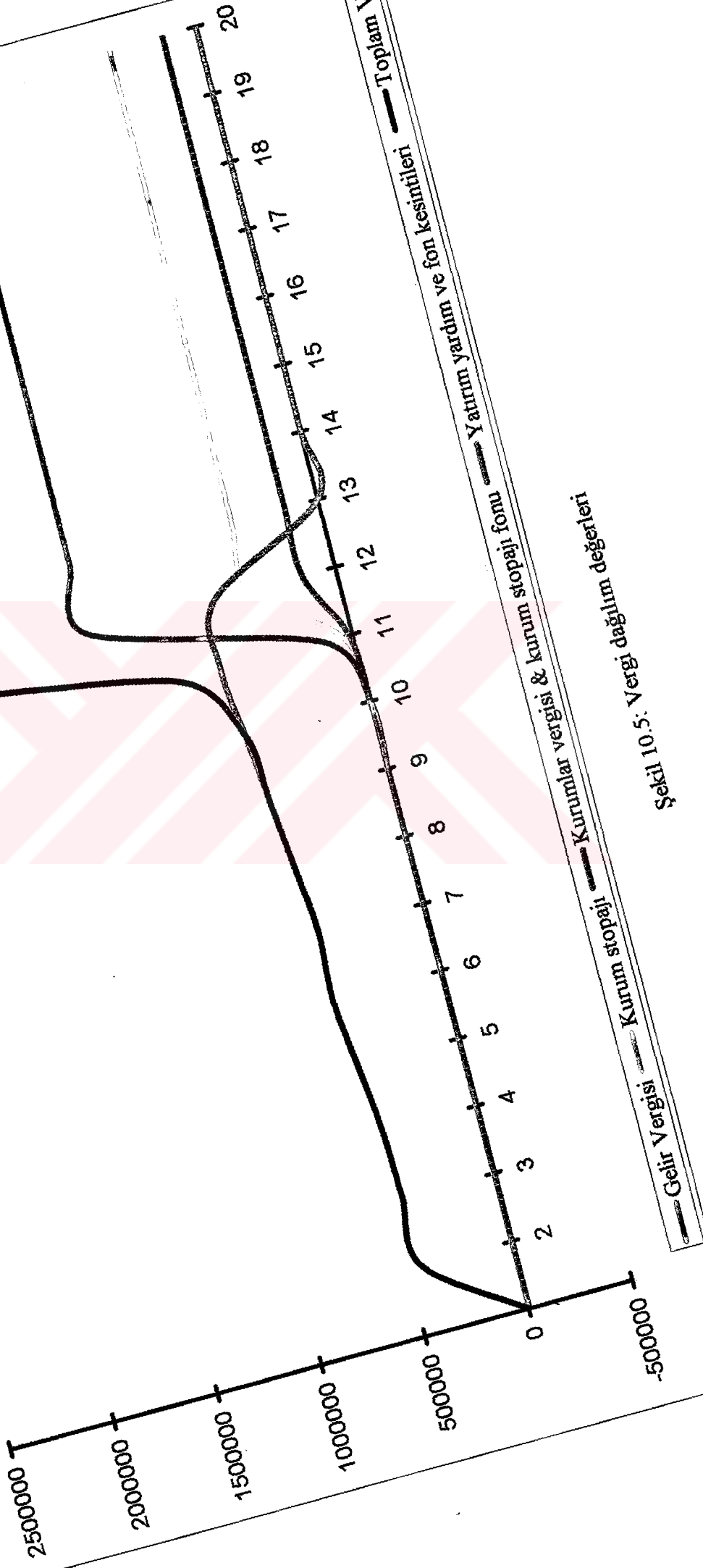
Datça Rüzgar Çiftliği

3 x DeWind 60 / 68,5

[illegible]

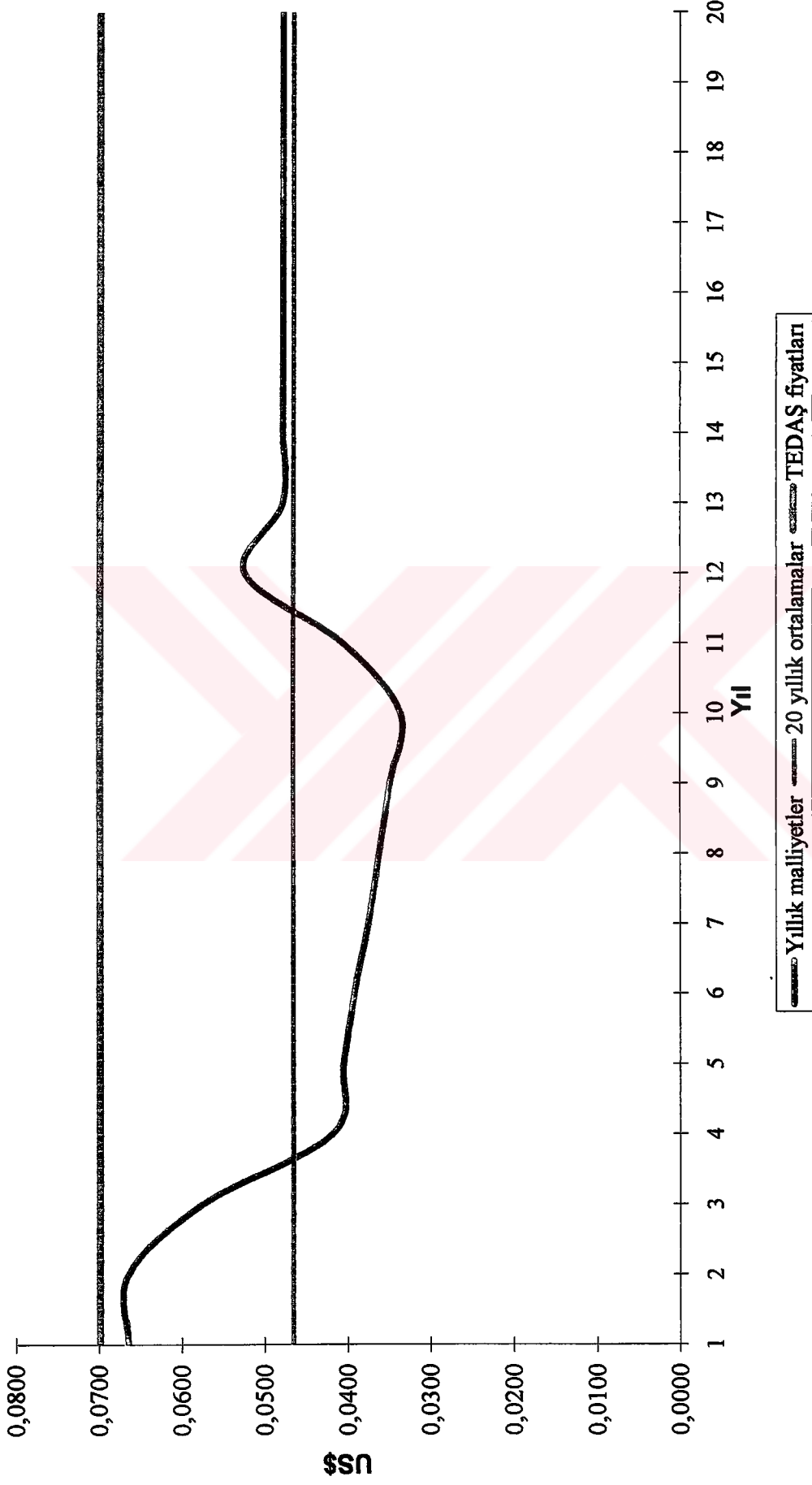
VERGİ DAĞILIMI

129



Şekil 10.5: Vergi dağılım değerleri

Enerji Üretim Maliyeti



Şekil 10.6: Enerji üretim maliyeti

10.2. Küçük Güçlü Türbin Uygulamalarına ait örnek çalışmalar

Küçük güçte rüzgar türbinlerinin uygulanabilmesi için;

- Rüzgar türbinin kurulacağı alan en az ortalama 4.0 metre/saniye rüzgar hızına sahip olması.
- Bölgeye enerji hatları ulaşamamış veya güvenilir olmaması , enerji hattından bağımsız olunmak istenmesi.
- Çevre bakımından duyarlı bir kişiliğe sahip olunması.
- Uzun zamanda kendini amorti edecek bir yatırım yapılabilmesi.
- Bulunduğunuz alanda ve kanunlarda rüzgar türbini kullanmanız için bir engel bulunmaması.

Ekonomik Boyut

Örnek olarak yatay akslı üç kanatlı 900 Watlık bir rüzgar türbin sistemini alırsak;

Tablo 10.17. Yatay akslı üç kanatlı 900 vatlık bir rüzgar türbin sistemi fiyatı

900 Wat rüzgar türbini	2250 USD
12 metre kule ve dikimi	750 USD
4 adet 200 amper_saat 12V akü	350 USD
Tek faz 1 Kilovat evirici (220v/50Hz)	1000 USD
Kontrol Panosu ve Kablo	300 USD
Anahtar teslimi fiyatı	4650 USD + KDV
TOPLAM	5348 USD

Özgün çalışan 900 W rüzgar türbinin karşılaştırmalı analizi

- Bu ünite averaj 5.5 metre/saniye rüzgar hızı varsayarsak günde 3580 Wsaat enerji üretecektir.
- İlk alıştır kullanıcı W başına 5.9 ABD doları harcamış olacaktır.
- Bu sistemin 10 senelik bir kullanım zamanına göre hesaplanırsa kW saati .40 ABD dolarıdır.
- Şebekeden alınan enerjinin kWsaati ortalama .06 ABD dolarıdır.
- Dizel jeneratörün 10 seneye dağıtılmış kW saati .30 ABD dolarıdır.

Enerji hattının geçtiği yerlerde küçük güçlü türbinlerin tüketici için daha cazip hale gelebilmesi için tüketicinin enerji hattına enerji basabilmesi (enerji satabilmesi) gerekmektedir. Bu ABD de olduğu gibi enerji saati (sayaç) geri saydırılmasıyla olabilir.

Ayrıca elektrik enerjisinin her geçen yıl daha pahalı olacağını düşünürsek zaman içinde rüzgar türbinine yapılan yatırımın daha kıza zamanda geri dönmesi mümkündür.

12 Volt güç kaynaklı bir yat örneği

- Türbin gücü 500 W , çıkışı 12 Volt
- Kurşun asit akü 12 Volt, 200 amper-saat. Kapasite = 2.4 kW/saat. Yüke göre bir gün dayanma süresi.
- Türbin averaj 5 metre/saniye rüzgar hızında haftada 14 kWsaat üretebilmekte.
- Türbin boş aküleri 30 saatte şarj edebilecek.

Tablo 10.18. 12 Volt ihtiyacı olan yat için rüzgar hızına göre güç üretim değerleri

Rüzgar hızı m/s	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,7	7,1
KW saat/hafta	0,8	1,7	3,1	5,2	7,5	10,2	13,7	17,2	21,2	25,2	29,2	33,1

Tablo 10.19.Yatın yük, güç, haftalık kullanım ve enerji dağılımı

Yükün Adı	Güç (W)	Haftalık Kullanım (Saat)	Enerji (kWsaat/hafta)
4 Adet lamba (herbiri 20 W)	80	10	0,8
Projektör	60	4	0,24
Atık Pompası	50	2	0,1
Küçük TV	50	4	0,2
Elektrikli Kaldıraç	700	1/6	0,117
Ara Toplam			1,457
% 30 Kayıplar için			0,437
Son Toplam			1,894

Yazlık Ev

- Türbin gücü 900 W, çıkış 24 Volt.
- Rüzgar hızı 5 metre/saniye de haftada 25 kWsaat üretmektedir.
- Türbine kontrol ünitesi ; akü şarj, göstergeler, yedek yük ve fren.
- 6 adet kurşun asit 200 amper-saat akü. Kapasite = 14.4 kWsaat. 3 günlük enerji deposu.
- 1 kW evirici. Çıkış 220V, 50 Hertz.

Tablo.10.20.Yazlık ev için rüzgar hızına göre güç üretim değerleri

Rüzgar hızı m/s	2,	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,7	7,1	7,6	8,0
KW saat/hafta	1,2	3,1	5,7	9,1	13	18	25	30	38	45	53	61	68	75

Tablo 10.21. Yazlık evin yük, güç, haftalık kullanım ve enerji dağılımı

Yükün Adı	Güç (W)	Haftalık Kullanım (Saat)	Enerji (kWsaat/hafta)
5 Adet Florasan (20 W)	100	70	7
T.V	100	35	3,5
Elek.Süpürge	800	1	,8
Çamaşır Makinası	2000	1	2
Buzdolabı	150	28	4,2
Bilgisayar	200	7	1,4
Ara Toplam			18,9
%30 Kayıplar			5,6
Son Toplam			24,5

11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Toksit metaller (civa ve kadmiyum) havaya ve yiyeceklere karıştığı zaman akciğer hastalıklarına, çocuk gelişim problemlerine ve diğer birçok ciddi rahatsızlıklara sebebiyet verirler. Bu atıkların çevreye zarar vermemesi için büyük paralar harcanmaktadır. Oysa rüzgar enerjisi üretiminde böyle bir konu söz konusu değildir. Aksine belirtildiği gibi tam aksine çevreyi temizleyici etkisi bulunmaktadır.

Yakıt fiyatlarındaki inanılmaz artışlar gün geçtikçe enerji santral maliyetlerinin artmasına neden olmakta buna karşı da rüzgar santralleriyle aradaki maliyet oluşumu da rüzgarın lehine gelişmektedir. 1970'lerde ve daha sonra da 1980'lerde yakıt fiyatları hızlı bir şekilde arttı. Gelecek 30 yıl içinde gaz fiyatlarının yılda ortalama %3 oranında artacağı hesaplanmaktadır. Bu şartlarda tipik bir kombine çevrim gaz santrali yaklaşık olarak 4 cents/kWh'a enerji üretimi yapmaktadır. Bu, rüzgarın altında bir fiyattır. Ancak, ya gaz fiyatları tahminlerin üzerinde artarsa ne olacak?

Ek maliyetler rüzgarı gene en avantajlı konuma getiriyor. Yakıtların gelecekteki fiyatlarını belirlemek pek kolay değildir. Ancak rüzgar enerjisinin daha da avantajlı konuma geleceği de açıktır.

Rüzgar santrali maliyetleri ve rüzgar enerjisi fiyatları düzenli olarak düşmektedir ve bunun devamlı bir azalma eğiliminde olacağını gösteren güçlü işaretler vardır. Rüzgar enerjisinin fiyatını belirlemede tek bir unsur yoktur. Rüzgar hızları, amortisman süresi, santral maliyetleri her yerde farklıdır. Ancak iyi rüzgar olan yerlerde mevcut rüzgar enerjisi fiyatları termik santrallerle baş edebilecek düzeydedir.

Rüzgar, yersel ve zamansal olarak son derece hızlı değişen vektörel bir büyüklüktür. Bu nedenle, rüzgar enerjisinden yararlanmayı amaçlayan yatırımlar gerçekçi fizibilite çalışmaları yapılmadığı takdirde karlı bir yatırım olamayacaktır. Çevre dostu bir enerji kaynağı olan rüzgarın aynı zamanda ekonomik bir enerji kaynağına dönüşebilmesi için ilk ve temel koşul yeterince yüksek rüzgar potansiyeline sahip alanın belirlenmesidir. Altyapı için gerekli yatırımın en aza indirgenmesinde yine rüzgar çiftliğinin kurulacağı alan büyük önem arz etmektedir. Amaca en uygun rüzgar türbinlerinin belirlenmesi, enterkonnekte şebekeye bağlantı ve çevresel değerlendirmeler de fizibilite çalışmasında ve ekonomik analizlerde göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli parametrelerdir.

Ülkemiz enerji ihtiyacının, öngörülen kalkınma hedefleri doğrultusunda karşılanabilmesi için çevre faktörü de dikkate alınarak ileriye yönelik planlama çalışmaları yapılmakta ve bu planlar sektördeki bölgesel gelişmelerin yanısıra Dünya enerji pazarlarındaki gelişmeler de dikkate alınarak revize edilmektedir.

Bilindiği üzere hızla artan enerji talebimizin karşılanmasında yerli enerji kaynaklarımız yeterli olmamaktadır. Önümüzdeki yıllarda yeni bir enerji darboğazına girmemek için kaynak çeşitliliği politikalarına büyük önem vermek ve bu doğrultuda ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarından optimum oranda yararlanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarımız arasında teknik kapasite açısından elektrik enerjisi üretimine en elverişli olan ve son yıllarda ticari ortama girmiş bulunan rüzgar enerji konusunda Dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizde de büyük aşamalar kaydedilmiştir.

Yakın geleceğin enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi ile ilgili teknoloji hızlı bir şekilde gelişmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde rüzgar enerjisi konusunda sürdürülen araştırma-geliştirme çalışmaları rüzgar enerjisi uygulamalarının hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması hem sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile uyumlu hem de çevresel riskler açısından olumludur. Rüzgar enerjisi herhangi bir hammadde kaynağına bağlı olmayan, yenilenebilir, çevresel etkileri en az olan, temiz bir enerji kaynağıdır.

Bu nedenle, enerji arzının sağlanmasında konvansiyonel kaynaklar yanında yeni ve yenilenebilir kaynakların değerlendirilmesine ve yakıt çeşitliliğinin sağlanmasına önem verilmektedir. Uygulanan politikalar doğrultusunda yürütülen rüzgar enerjisine dayalı yatırımlar başarıyla devam etmektedir.

Bilindiği üzere, Türkiye'nin ticari amaçlı ilk rüzgar santrali Çeşme Alaçatı mevkiinde ve otoprodüktör statüsünde Demirer Holding tarafından inşa ettirilmiştir. 1.7 MW kurulu güçte olan bu ilk rüzgar santrali 21 Şubat 1998 tarihinde enerji üretmeye başlamıştır.

Yap-İşlet-Devret modeli ile gerçekleştirilen 7.2 MW (12x600 kW) kurulu gücündeki ilk rüzgar santrali ise yine Çeşme-Alaçatı'da ARES A.Ş. tarafından yaptırılmış ve 28 Kasım

1998 tarihinde işletmeye geçmiştir. Bu santralin enerji üretim değeri 19 GWh/yıl mertebesinde dir.

3096 sayılı Kanun kapsamında Yap-İşlet-Devret modeli ile özel sektör tarafından gerçekleştirilmek üzere bakanlığımızca değerlendirilmekte olan başvuruların sayısı 39 olup, söz konusu başvuruların toplam kurulu gücü 1370-1440 MW civarındadır. Bu 39 proje başvurusundan, kurulu güçleri toplamı 215 MW olan 8 projenin sözleşme görüşmeleri tamamlanmıştır.

Rüzgar enerjisi uygulamalarında, dünya genelindeki hızlı gelişmeye paralel olarak ülkemizde de özellikle son birkaç yıl içerisinde hızlı gelişmeler yaşanmaktadır.

Halen realize edilmek üzere çeşitli aşamalarda çalışmaları sürdürülen 39 adet rüzgar santrali yanı sıra başlattığımız yeni uygulama kapsamında yaptırılacak olan 16 adet rüzgar santrali ile rüzgara dayalı kurulu gücümüz 2005 yılından önce yaklaşık 1700 MW'a ulaşabilecektir.

Ülkemizin hedefi daha şeffaf ve daha rekabetçi bir yapı içerisinde rüzgar enerji santrallerinin kurulmasını gerçekleştirmek olmalıdır.

Gerek duyulan enerjiyi karşılamakla beraber doğal çevreyi kirleten enerji türlerinden insanoğlunun vazgeçebilmesi için, öncelikle doğal çevrede enerji üretim teknolojilerine yaşam hakkı verilmelidir. Temiz enerji üreten yatırımcı, temiz enerji üretmenin getireceği ek maliyet için, kendi ayakları üstünde durabilme gücüne erişene kadar kamu kaynaklarından desteklenmeli ve teşvik edilmelidir. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kullanım Programının hayata geçirilmesi için elverişli koşulların hazırlanması amacıyla:

1. Tüm diğer dünya ülkelerinde olduğu gibi rüzgar enerjisinden elektrik üretimi hükümetlerin yaygın olarak kullanımını teşvik ettiği teknolojiler arasında değerlendirilmelidir.
2. Çevreci kişi ve kuruluşlar rüzgar enerjisinin doğal çevrede enerji üretimi konusunda yardımcı olabileceği konusunda bilgilendirilmelidir.
3. Rüzgar enerjisi santrallerinden elektrik üretim esaslarını düzenleyen özel bir kanun TBMM'den geçirilmelidir. Rüzgar enerjisi diğer çevre dostu olmayan enerji kaynakları ile bir tutulup değerlendirilemez. Rüzgar kaynağının özelliği nedeniyle, rüzgar enerjisi enerjinin

kamu kuruluşları dışında üretilip, kamunun kullanımına sunulabilmesi için elverişli koşullara sahiptir.

4. Rüzgar santrallerinin ticari kullanıma girmesini engelleyen tüm kurumsal engeller ve belirsizliklerin belirlenmesi ve ortadan kaldırılması için yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

5. Ülkemizde gelecek yıllarda kullanılan enerji teknolojileri değerlendirilirken çevresel kısıtlar ve aday teknolojilerin neden oldukları toplumsal maliyetler de değerlendirme kapsamına alınmalıdır.

6. Halen kullanılmakta olan çevreyi kirleten ve ürettiği birim ve enerji başına yüksek enerji tüketen teknolojilerin olumsuzluklarını ortadan kaldırmaya aday olan rüzgar güç santrallerinin ülkemizde üretilmesi ve kullanılmasına yönelik araştırma ve geliştirme çalışmaları Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, TÜBİTAK ve Devlet Planlama Teşkilatı araştırma fonlarınca desteklenmelidir.

7. Türkiye'nin tüm yüzeyi incelenerek rüzgar türbin çiftlikleri kurulabilecek alanlar tespit edilmeli ve seçilecek bölgelere rüzgar çiftlik alanları kurmak üzere kamu eliyle girişimler başlatılmalı ve kaliteli hizmete en ekonomik olarak sağlayan yatırım ve işletmecilerin üreteceği elektrik, elektrik şirketince satın alınırken, ödenecek ücret diğer enerji teknolojilerinin doğaya ve insanlara zarar vererek yol açtıkları toplumsal maliyetler gözönüne alınarak belirlenmelidir. Doğal çevre ve insanlara hiçbir olumsuz etkisi bulunmayan rüzgar enerjisinin daha çok kullanımı özendirilmelidir.

Dünyanın enerji tüketimi özellikle gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmesiyle hızla artmaktadır ve 2030 yılında bugünkünün iki misline varacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle bir yandan enerji tasarrufu diğer yandan temiz enerjinin önemi aşıkardır. Şu anda Avrupa Birliği'nde üretilen toplam elektrik enerjisinin %5.3'ü yenilenebilir enerjidir. Bunun büyük kısmı hidroelektriktir; fakat verimli projelerin büyük oranda gerçekleşmiş olmasından dolayı artış hızı düşmüştür, ikinci sıradaki rüzgar enerjisi ise büyük bir atılım içerisinde. AB'nin yenilenebilir enerjiler için 2005 yılı hedefi %8, 2010 yılı hedefi ise %12'dir.

Karbondiyoksit:

Fosil yakıtlar kaçınılmaz olarak CO₂ oluşumuna sebep olurlar. Yaklaşık olarak GWh başına kömürde 1000 ton, fuel oil'de 750 ton, doğalgazda ise 500 ton CO₂ çıkar. Atmosferdeki CO₂ oranı sanayi çağı öncesine göre şimdiden %25 artmıştır ve 2050 yılında iki katına çıkacaktır. Bu artışın getirdiği sera etkisiyle Dünya ısısı 1900'den beri 0.3-0.6 °C yükselmiştir. 2100 yılı tahmini ise 2.0 °C'dir. Bu ise önemli iklim değişmelerine, kutuplardaki buzların erimesine ve denizlerin 15-95 cm yükselmesine sebep olacaktır. Bu yüzden AB 1997 yılında, CO₂ emisyonunu 2010 yılına kadar %15 azaltma hedefi koymuştur.

Asit gazları:

SO₂ ve NO_x gibi asit gazların emisyonu yakıtın kalitesine ve kullanılan yakma ve filtreleme sistemine göre çok değişebilir, diğer yandan çevreye etkileri tam anlamıyla global değil birkaç yüz km'lik bir mesafe içinde olduğu için zararı ekonomik boyutu bu çevrede ne olduğuna da bağlıdır. Normal şartlarda çevreye zararları 0.7-4.0 Uscent/kWh'dir.

Fosil yakıt rezervleri:

1996 yılı rakamlarıyla aktüel kullanım ve rezerv oranlarına göre kömür 235 yıl, petrol 43 yıl, doğalgaz 66 yıl sonra tükenecektir. Tabii pratikte yıllar geçtikçe yeni rezervler bulunmakta veya teknolojinin gelişmesiyle eskiden ekonomik olmayan kaynaklar da buna katılmaktadır. Fakat şu anda tüketim hızı dünyada doğal fosil oluşum hızının 300.000 katıdır, diğer bir deyişle bir günde bin yıllık oluşumu tüketiyoruz. Bu gidişle rezervlerin tükenmesi kaçınılmazdır.

Kısa vadede fosil yakıtların yerini tamamen alabilecek bir yenilenebilir enerji yoktur fakat mevcut teknolojiler desteklenerek hem rezervler için süre kazanılabilir hem de yumuşak bir geçiş sağlanarak petrol ve türevleri şu anda hiç alternatifi olmayan plastik hammaddesi olarak değerlendirilebilir.

Rüzgar enerjisi 1980'lerden itibaren çeşitli teşviklerle bugünkü olgunluğa erişmiştir. Teşvikler; araştırma geliştirme desteği, kamu sermayeli örnek yatırımlar, sermayenin bir kısmının hibe edilmesi, yüksek enerji fiyatı, düşük faizli uzun vadeli krediler vb.dir. Bu teşviklerle rüzgar enerjisi güç toplayarak bir yandan istihdam ve katma değer sağlanmış diğer yandan maliyeti geçtiğimiz 20 yıl içinde 2.5 kat düşmüştür.

Bu arada tabii ki değişik ölkelerde aniden değişen şartlar da rüzgar endüstrisine ve yatırımcısına zor anlar yaşatmıştır. Amerika’da 1979 petrol krizinden sonra sağlanan teşvikler 80’li yılların ortasında kaldırılınca bu sektör 1986-1996 yılları arasında kış uykusuna yatmıştır.

Avrupa’nın en iyi rüzgar potansiyeline sahip İngiltere’de 1993’de enerji fiyatları rekabete açılınca rüzgar yatırımları bıçak gibi kesilmiştir. Rüzgar enerjisinde büyük yatırım ve istihdam gerçekleştirerek Dünyada sayılı ölkeler arasına giren Hindistan, 1995’te hükümetin değişmesiyle bozulan güven ortamı ve dolayısıyla yükselen faizler nedeniyle son dört yıldır yerinde saymaktadır. Teşvik politikasını en başından beri tutarlı bir şekilde yöneten ve rüzgar endüstrisindeki teknik ve ekonomik gelişmelere teşviklere yavaş yavaş ve uzun vadeli programlarla sağlayan Almanya ve Danimarka, gerek türbin üretimi gerekse enerji üretimi açısından Dünyanın liderleri olmuş, bir yandan büyük istihdam, ihracat geliri ve ithalat tasarrufu sağlarken diğer yandan da temiz çevreye önemli katkılarda bulunmuşlardır. Almanya’da rüzgar enerjisinin fiyatı şu anda türbin ömrü boyunca 0.19DM/kWh’dır. (=10.5Usc/kWh) İlk beş yıl 0.19 DM/kWh geri kalanı 0.14DM/kWh olarak indirim planlanmaktadır. Elektrik dağıtım şirketlerine ise % temiz enerji şartı konacak, bölgesinde yeteri kadar temiz enerji üretilmeyen şirket, fazlası olandan satın alacaktır. Danimarka ise enerji fiyatlarını serbest rekabete açma planları yapmaktadır. Rüzgara teşvik olarak gerçekleşen piyasa fiyatına ilaveten ilk on yıl DKK 0.33/kWh (=4.7Usc/kWh) ayrıca CO₂ yaratmadığından adil rekabet için türbin ömrü boyunca DKK 0.10/kWh (=1.4USç/kWh) CO₂ farkı öngörmektedir. Danimarka’da da 2003 yılına kadar %20 temiz enerji şartı konuyor.

Türkiye’de rüzgarda ilk yıllarda yeterli teşviklerle yerlileştirmeyi ve dolayısıyla tasarrufu mümkün kılacak bir kapasite oluşturulursa ileri ki yıllarda sadece CO₂ farkı ile enerji sistemimize ek bir yük getirmeden entegrasyon sağlanacaktır.

Avrupa Topluluğu nezdinde rüzgar enerjisi fiyatlarını etkileyen; rüzgar hızları, kuruluş maliyetleri test indirim oranları ve diğer faktörlerde çok geniş bir değişkenlik göstermektedir. Mevcut, “EU Wide” maliyetinin ortalaması 100 ECU, 1 kW olarak ele alınabilir. Alman kuruluş maliyetleri yüksek olmakla birlikte, Danimarka’nın ki ise daha düşüktür. Rüzgar enerji maliyetleri değişkenlikleri yüzünden doğrudan bir karşılaştırma için yeterli fikir verememektedir. Rüzgar enerjisinde doğal maliyet düşük olmakla beraber kuruluş maliyetleri yüksektir. Bununla birlikte rüzgar, gazın %5’lik indirim oranı ile 20 yıllık amortisman süresi içinde rekabet edebilir düzeye gelmektedir. Bugünkü şartlarda gaz %10 daha ucuza

gelmektedir. Rüzgar enerji maliyetlerinin düşmesi ve rekabet durumunun daha da gelişmesiyle birlikte enerji fiyatlarının gazla rekabet edebilir bir düzeye geleceği beklentisi hakimdir.

Pratikte rüzgar enerjisi Avrupa Topluluğu nezdinde değişken bir biçimde çeşitlenerek hızla gelişmektedir. Rüzgar fiyatları 6.5 U\$ cent'den yüksek olmakla birlikte açık bir biçimde düşme eğilimindedir. Diğer yakıt kaynaklarının dış maliyetleri göz önüne alındığında rekabet pozisyonunun her geçen gün güçlendiği görülecektir.

Rüzgar enerjisi konusunda ülke bazında daha spesifik sonuçlar ele alınmaktadır. Örneğin kömürden elde edilen enerjinin yüksek fiyatları ile kömür endüstrisine verilen sübvansiyon bir arada gösterilmelidir. Danimarka kamu hizmet şirketi hisselerinde %6 oranında indirim uygulaması olduğu gibi, bu çalışmalar rüzgar enerjisinin lehinedir. Danimarka'daki birçok çalışma bu fiyatların temel ısı kurumlarının fiyatlarına benzer olduğunu da ortaya koymaktadır. İngiltere'de gaz fiyatları düşüktür ve düşük üretim maliyetleri meydana getirmektedir. Fakat rüzgar en son NFFO tekliflerine (açık artırma vb.) bağlı olarak önemsiz bir oranda yüksek çıkmaktadır.

Bu çalışmanın anahtar sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Rüzgar enerjisinin kuruluş maliyetleri sürekli bir düşüş eğilimindedir ve bu eğilim devam edecek gibi görünmektedir.
- Rüzgar teknolojisinin daha güvenli ve etkin olmaya başlaması ile birlikte, rüzgar maliyetleri de hızla düşmektedir.
- Hiçbir veri tek başına rüzgar enerjisi fiyatını belirlemez; rüzgar hızları, faiz oranları, amortisman süreçleri ve kuruluş maliyetleri Avrupa topluluğu ülkeleri nezdinde çok değişiklik göstermektedir.
- En iyi yerlerde, mevcut rüzgar fiyatları, termal kuruluşlar ile kıyaslandığında birbirini takip etmektedir.
- Rüzgar enerjisi fiyatları ile karşılaştırıldığında termal kuruluşların dış maliyetlerinin de dikkate alınmasına ihtiyaç vardır. Almanya'da kömür maliyetine verilen destekte olduğu

gibi aksi reddedilemez. Diğerlerini sayısal verilere dökmek çok güçtür, ancak bunun gerçek olmadığı da söylenemez.

- Rüzgar enerjisine yarattığı ek değerler nedeniyle de kredi imkanı sağlanmalıdır, genellikle düşük voltajlı dağıtım şebekelerine enjekte ediliyor olması, naklinde güvenli olması gibi bir avantaj sağlaması ve diğer maliyetler gibi.
- Denizüstü rüzgar enerjisi fiyatları hızla aşağıya doğru hareket etmektedir.

Karaya kurulan Rüzgar santralleri (onshore) için yapılan tahminler km^2 'de 0.33 MW bir ortalamayı öngörmektedir. Araziler için (5m/s'den yüksek yıllık rüzgar olan) bu tahminler göstermektedir ki maksimum teknikle üretilecek rüzgar enerjisinin potansiyeli bugünkü global elektrik üretiminin yaklaşık iki katıdır.

Rüzgar enerjisi için denize kurulan Rüzgar Santralleri (denizüstü) potansiyelinin keşfedilmesi çok geç başlamıştır.

Ton başına TWh olarak fosillerden gelen enerji kaynaklarından (kömür vb) enerjinin spesifik yaygınlaşması, onların yerine rüzgar türbinlerinin alınmasıyla birlikte 2000 yılında %10 oranında azalma olacak ve ondan sonraki her on yıllık dönemde bu tablo oranındaki azalış devam edecektir.

Tablo 11.1. Emisyon azalmalarının incelenmesi

Yıl	EWEA Kurulu rüzgar gücü kapasitesi hedefleri	Üretim TWh/yıl	CO ₂ azalması Ton/yıl	SO ₂ azalması Ton/yıl	NO _x azalması Ton/yıl
2000	8.000	16	14.400.000	48.000	40.000
2005	20.000	40	34.200.000	114.000	95.000
2010	40.000	80	64.800.000	216.000	180.000
2020	100.000	200	134.400.000	480.000	400.000

Rüzgar gücünün gelişmesi ile ilgili yapılan projeksiyonlara göre 1997-2005 yılları arasında Avrupa dışı ülkelerde 16.500 MW civarında rüzgar enerjisi gücünün altyapısının tamamlanmış olacağı tahmin edilmektedir. Yüksek düzeyde elektrik üretilen diğer enerji kuruluşlarının yerini rüzgar gücünün alması ile birlikte bu ülkelerin çevresel faydaları çok

daha geniş olacaktır. Yukarıdaki tabloda belirtilen öngörülerini kullandığımızda, hava kirliliğine yol açan bu maddelerin emisyonunun CO₂ de 28 milyon ton/yıl; SO₂'de 94.000 ton/yıl; NO_x'de 78 000 ton/yıl üzerinde olacağı söylenebilir.

Rüzgar Yatırımcılarına Öneriler

Günümüzde hızla yayılan bu enerji türü ülkemizde çok yeni olup fazla bilinmediğinden, hali hazırda dışarıdan ithal edilmekte olan rüzgar türbinlerinde ülke kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirerek ve ileride riske girmeyi azaltmak için aşağıdaki konuların göz önünde bulundurulmasında fayda vardır.

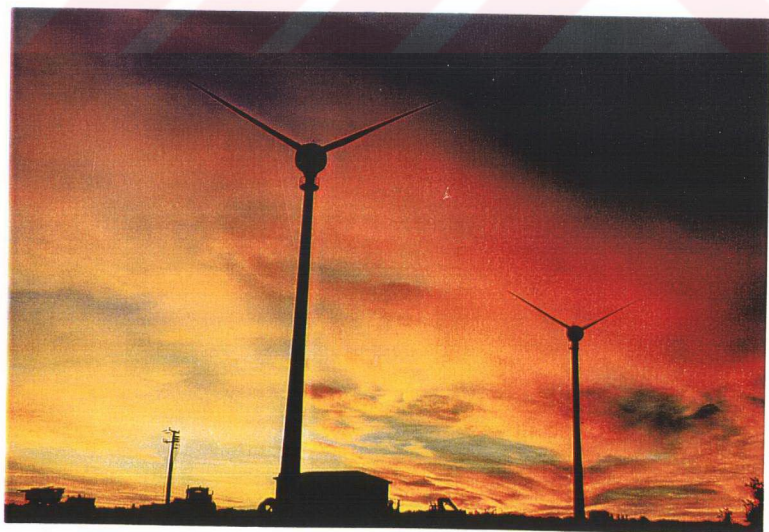
1. Üreticiler üretimlerini fazla göstermek amacıyla yüksek tarama alanlı türbinleri, yani pervane çapı büyük olan türbinleri kullanarak fazla enerji üretimi göstermektedirler.
2. Halbuki ciddi firmaların 600 kW santralinde 39 m, 42 m ve 44 m pervane çaplı ürünleri mevcuttur. Bunun sebebi değişik rüzgar şartlarına göre seçim yapmaktır. Yoksa 50 m pervanede koyarak teorik olarak üretimi hesaplıyorsunuz ancak bu şartlarda jeneratör ve aksam ya dayanamayacak ya da çok çabuk yıpranacaktır. Ancak yatırımcının bu işin sorumluluğunu 20 sene taşıyacağını ve 20 sene sonra çalışır vaziyette YİD modeli çerçevesinde devir edeceği unutulmamalıdır.
3. Yine aynı çerçevede türbinlerin yedek parça ve bakım anlaşmalarının borç süresinde (10 sene) tutulmasında büyük fayda vardır. Genelde garantiler 2 sene olarak verilmektedir. Halbuki aşınmalar ve arızalar bu 2 seneden sonra çoğalmakta, özellikle yedek parça fiyatları çok önem taşımaktadır. 10 sene garantide ısrar etmekte fayda vardır.
4. Üreticinin reaksiyonuna bakmak gerekir. Eğer üretici çekiniyorsa, sizin daha çok çekinmeniz gerekir. Ayrıca garantinin de garantisine çok dikkat edilmelidir. (firma yapısı vb.)
5. Emre amade olma oranı rüzgar olduğu zaman üreticinin çalıştırma garantisi; yaklaşık %97-98 oranında verilmektedir. Ayrıca bu değer burada esen süreler için verildiğinden önemli olan rüzgarın kuvvetli olduğu saatlerde türbinlerin çalışmasıdır. Toplam çalışma süresi %80 ise enerjisinin %25, çalışma süresi %20 ise %75 ürettiği göz önüne alınarak çalışma süresinden ziyade üretim kaybına göre verilmesi üretici, firmaya söylenmeli veya pazarlık unsuru olarak ortaya koyulmalıdır.

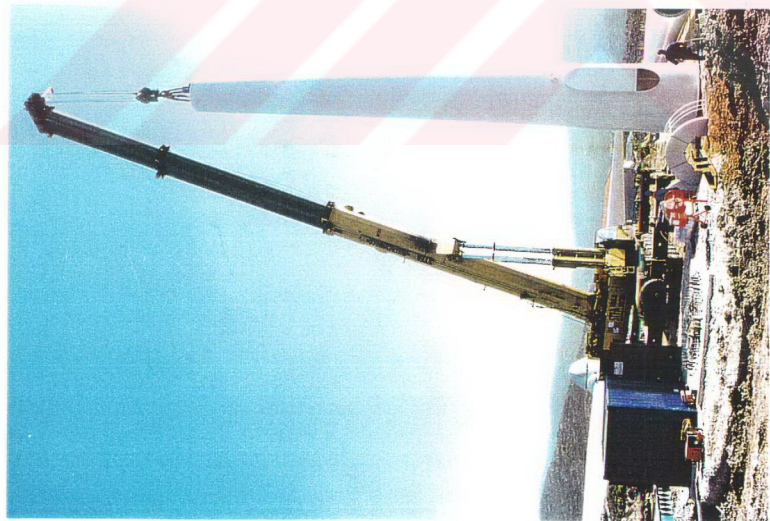
6. Powercurve doğruluk garantileri iyice incelenmelidir.

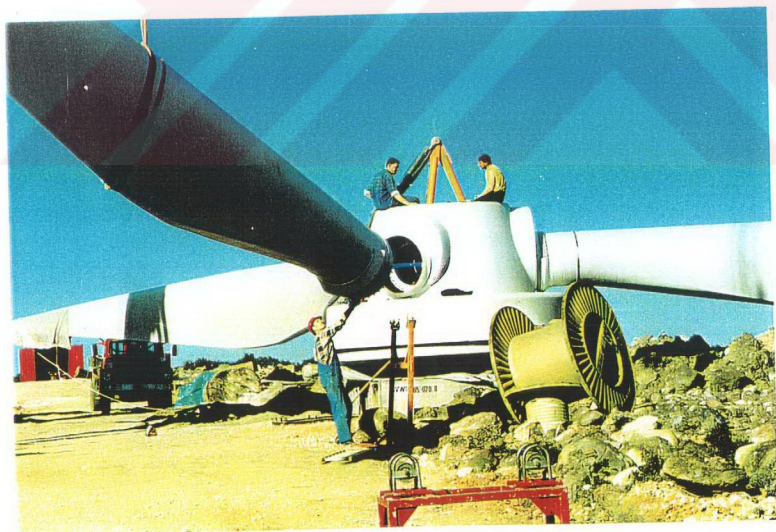
7. Trust curve (türbine binen yükü ve aynı zamanda pervaneden arkaya geçen rüzgar miktarını gösterir) mutlaka istenmelidir. Bilhassa arka sıralarda kalan türbinlere ne kadar enerji kalacağı bundan hesaplanabilir. Burada pitch kontrollü türbinlerin avantajı daha çok ortaya çıkar. Bu da fazla sayıda türbinden oluşan çiftliklerde önemli bir faktördür.

Özetle türbin alırken yalnızca ön fiyatına değil bunun yanı sıra uzun süre kullanım maliyetine bakmak gereklidir. Özellikle yatırımcıların bu konulara dikkat etmeleri gerekir.









KAYNAKLAR

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi (Turkish Wind Energy Association) Bülteni Temmuz 1998 Sayı 1.

E.İ.E Rüzgar Enerjisi, Ankara 1992.

Sarıkayalar, O., (1998), "Rüzgar Enerjisi ve Türkiye' nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli", Y.L Tezi, Haziran 1998, YTÜ, İstanbul.

Ediger, V.Ş., Kentel, E., (1999), "Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey", Energy Conversion & Management 40.

Bellarmino, G.T., Urquhart, J., (1996), "Wind Energy for the 1990' s And Beyond", Energy Conversion & Management 37.

Uyar, Dr.T.S., "Türkiye Enerji Sektöründe Karar Verme ve Rüzgar Enerjisinin Entegrasyonu", 1999.

Mendilcioğlu, M., "Enerji Sektöründe Rüzgar Enerjisi Uygulamalarının Gelişimi ve Geleceği", T.C Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı.

Redman, M.J., "Wind Energy Costs", Master' s Project, San Diego State University, 1992.

Genel Müdür Mehmet Demirtola için EİE brifingi, 19 Mart 1999.

"Rüzgar Enerjisi Elektrik Santralleri Fizibilite Raporu' nda Yer Alacak Ana Başlıklar", 18858 Sayılı Resmi Gazete, Sayfa 23, 4 Eylül 1985.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi (Turkish Wind Energy Association) Bülteni, Sayı 2, Ekim 1999.

Wind Energy Information Brochure, German Wind Energy Institute, DEWI Wilhelmshaven, 1998

"Wind Energy Investment in Turkey", Turkish Wind Energy Association (TWEA) Proceedings Workshop, 3-4 April 1997, Ankara

Krawiec, S., "Economics of Selected WECS Dispersed Applications", Solar Energy Research Institute (SERI), 1980.

Olav, J., "Estimation of cost of energy from Wind Energy Conversion Systems", Tande Riso National Laboratory, İngiltere, 1994.

"Türkiye Rüzgar Enerjisi Doğal Potansiyeli", EİE, 1984

Walker, J.F., Jenkins, N., "Wind Energy Technology", John Wiley & Sons Inc, 1997.

Gipe, P., "Wind Energy Comes of Age", John Wiley & Sons. Inc, 1995.

"Wind Energy-The facts", European Commission Directorate- General for Energy, 1999.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi Haberler Bülteni, Sayı 3.

Uyar, Dr.T.S., “Türkiye’ de ve Dünya’ da rüzgar enerjisi kullanımındaki gelişmeler”, Elektrik Dergisi, 1998/11

Enerji Dünyası, Sayı:25, Ağustos 1999.

Tripathy, S.C., Lakshmi, S.R., Balasubramanian, R., (1998), “Production Costing and Economic Analysis of Power Systems Containing Wind Energy Conversion Systems”, Energy Conversion & Management 39.

Fortunato, B., Mummolo, G., (1997)“ Technical-Economic Optimization of a Wind Power Plant By Means of a Stochastic Analytical Model”, Energy Conversion & Management 38

“Facts, Why Wind Energy?”, Wind Power Autumn, 1997

Öztürk, N., “Realization of Wind Energy Projects in Turkey”, Sarıgerme Wind Energy Workshop, ETKB, 19-20 June 1997.

AREB Türkiye Şubesi Yıyını Sayı 4, Aralık 1998.

Akgün, N., “Türkiye Rüzgar Atlası Çalışması”, Elektrik Dergisi, 1995/4

Karadeli, S., “Karaburun Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonu Potansiyel Belirleme Çalışması”, Elektrik Dergisi, 1995/3

Kürklü, A., Okursoy, R., Yıldız, O., “Antalya Yöresi Rüzgar Gücü Potansiyelinin Belirlenmesi”, Elektrik Dergisi, 1995/3

Çolak, M., Gökçen, G., Günerhan, H., “İzmir Bornova Yöresi İçin Rüzgar Rejimi ve Potansiyelinin Belirlenmesi”, Elektrik Dergisi, 1995/3

“Frischer Wind durch Aufschiebetchnik”, Elektrotechnik und Informationstechnik, öve-Verbandszeitschrift, Regenerative Energiequellen, 7.8.1999.

“Comparative Air Emissions of Wind and Other Fuels”, American Wind Energy Association-Wind Energy Fact Sheet.

Gray, T.O., “Wind Energy Views on the Environment: Clean and Green”, AWEA Wind Energy Fact Sheet.

Pick, E., Wagner, J., “Beitrag zum kumulierten Energieaufwand ausgewählter Windenergiekonverter”, Juli 1998, Universität GH Essen.

Tuncer, K.K., Türe, Doç.Dr.İ.E., “Rüzgar Enerjisi Teknolojileri ve Kullanımının Dünyada ve Ülkemizdeki Gelişimi”, MAM.

Martinez, A., Prats, P., (1999), “Wind Technology Issues”, Renewable Energy 16 835-839, Pergamon.

Şen, Zekai., Şahin, A.D., (1997), “Regional Assessment of Wind Power in Western Turkey by the cumulative semiveriogram method”, Renewable Energy 12, No 2.

Dündar, C., İnan, D., (1996), "Investigation of Wind Energy Application Possibilities For A Specific Island (Bozcaada) In Turkey", WREC.

Şen, Z., (1999) "Terrain Topography Classification For Wind Energy Generation", Renewable Energy 16, Pergamon.

www.windpower.dk

<http://www.awea.org/>

<http://www.awea.org/pubs/factsheets.html>

<http://www.meteor.gov.tr/>

<http://www.decon.de/>

<http://www.gucbirligi.com.tr/>

<http://www.uni-muenster.de/Energie/wind/>

<http://www.igc.apc.org/awea/wew/wewarch.html>

<http://www.ifb.uni-stuttgart.de/~doerner/ewindenergie2.html>

<http://tu-waves.klare.metu.edu.tr/atlas/>

<http://www.windpower-monthly.com/>

<http://www.softdesign.com.tr/demirer/windfarm.htm>

<http://www.bonus.dk/uk/index.html>

<http://www.ceert.org/>

<http://www.dewi.de/>

<http://www.eren.doe.gov/>

<http://www.mam.gov.tr/>

<http://www.vestas.dk/>

<http://www.windpower.dk>

<http://www.ifb.uni-stuttgart.de/~doerner/ewindenergie1.html>

<http://www.nationalwind.org/pubs/wes/wes04.htm>

EKLER

1. RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ KURULUŞ PROSEDÜRLERİ

Türkiye rüzgar enerjisi santralleri yap-işlet-devret modeli veya kendi elektrik ihtiyacını karşılamak için otoprodüktör olarak kurulabilmektedir. Y.İ.D.modeli ile rüzgar santrali kurmak için tesbit edilen rüzgarlı bir yörede en az bir yıl ölçüm yaparak fizibiliteye esas rüzgar potansiyeli tesbit edilmektedir. Daha sonra fizibilite ile beraber Enerji Bakanlığına müracat edilmekte ve gerekli izin alındıktan sonra da sözleşmeler yapılarak rüzgar santralinin kuruluş çalışmalarına başlanmaktadır. Arazi ise hazine veya Orman Bakanlığı'ndan, yatırım tutarına paralel bir bedelle tahsis edilmektedir. Yatırımcı santralının finansını %15 özkaynak, %85 ise yabancı kredi veya leasing ile karşılayabilmektedir. Santralden üretilen elektrik bakanlıkla yapılan sözleşmede belirtilen tarifelerle satılmakta ve elde edilen gelirle kredi anapara ve faizleri ve diğer masraflar karşılanabilmektedir. Otoprodüktör modelde ise ölçüm yaparak veya yapılmış ölçümlerden istifade ederek fizibilite hazırlanmakta ve daha kolay bir prosedürle santral kurulabilmektedir. Bu model içinde yine aynı finans imkanları mevcuttur.

Burada elde edilen enerji otoprodüktör şirket veya şirketler grubunun elektrik ihtiyacının karşılanması için kullanılmakta, fazla üretilen enerji şebekeye satılabildiği gibi, rüzgarın az olduğu dönemlerdeki eksik üretimden kaynaklanan enerji açığına da şebekeden mesafeye göre üretilen enerjiden %3-15 arasında bir hat kirası alınmaktadır. Otoprodüktör santraller için geçerli olan bu hat kirası her ne kadar yeni bir yönetmelikle ilk 5 yıl için %50 indirim tabi tutulmuş ise de tamamen kaldırılmasında büyük fayda görmekteyiz. Zira santraller kıyı bölgelerde kurulmakta tüketim yapan fabrikalar ise daha ziyade iç bölgelerde bulunmaktadır. Devletten beklenen kolaylıklardan bir tanesi de budur.

Rüzgar santrallerinin yaygınlaşmasının önünde en önemli handikaplardan bir tanesi de yabancı kredi temininin uzun süreler almasıdır.

YİD modeli ve rüzgar santralleri kurulması konusundaki en son gelişme ise Enerji Bakanlığı'nın 09/09/1999 tarihinde Resmi Gazete'de yayınladığı bir ilanla Türkiye'nin rüzgarı olan 8 bölgesinde toplam 390 MW gücünde RES projeleri için yatırımcı seçmek ve ölçüm izni vermek suretiyle RES yatırımlarını rekabete açmasıdır. Ancak bu ilan yönetmeliklere dayandırılmadan aceleyle çıkarılmış bir ilan izlenimi bırakmaktadır ve nasıl sonuçlanacağı konusunda bir çok boşluklar mevcuttur.

Rüzgar Enerjisi Santralleri Kanun Tasarısı

Amaç ve Kapsam

Madde-1: Bu kanunun amacı “Yap-İşlet Modeli” ile üretim şirketlerine ülke enerji plan ve politikalarına uygun olmak üzere rüzgar enerjisinden elektrik üretecek santral kurma ve işletme izni verilmesi ile enerji satışına dair esas ve usulleri belirlemektir.

Tanımlar;

Madde-2: Bu kanunda geçen;

Yap-İşlet Modeli: Rüzgar elektrik enerjisi santrallerinin üretim şirketleri mülkiyetinde kurulmalarını, işletilmesini, üretilen elektrik enerjisinin belirlenecek esas ve usuller çerçevesinde satışını içeren modeli,

Üretim Şirketi: Mülkiyeti kendisine ait olmak üzere yalnızca rüzgar elektrik santrali kurmak ve işletmek için kurulmuş yerli ve/veya yabancı sermaye şirketini,

Bakanlık: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nı

TEAŞ: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi’ni

TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi’ni

Görevli Şirket: Elektrik dağıtımı ile görevlendirilmiş özel sermaye şirketini ifade eder.

Üretim Tesisi Kurma, İşletme İzni, Enerji Satışı Esasları:

Madde3: TEAŞ dışındaki üretim şirketlerinin rüzgar enerjisinden elektrik üretmek üzere tesisi kurmalarına bu Kanun hükümlerine göre Bakanlık tarafından izin verilir. Üretim tesisleri başvurularını Bakanlık tarafından belirlenecek usule uygun olarak yaparlar. Başvurular ve fizibilite raporları Bakanlık tarafından değerlendirilir. Bakanlık bu değerlendirme açısından gerekli gördüğü kamu kuruluşlarından görüş alabilir. Bu değerlendirme en geç üç ay içerisinde sonuçlandırılır.

Bakanlık uygun görülen teklif için tesisi kurma ve işletme izni verir. Bu durum üretilen elektriği satın almakla yükümlü bulunan kuruluşa (TEAŞ, TEDAŞ veya görevli şirkete) bildirilir. Bunu müteakip enerji satışını düzenleyen sözleşme Bakanlığın gözetiminde imzalanır. Bakanlık, red olunan teklifin uygun olmayışının nedenlerini gerekçeli olarak açıklamak zorundadır.

Enerji Satış Süresi:

Madde-4: Enerji satış süresinin belirlenmesinde yatırımın geri ödeme süresi tesisin özellikleri ve işletme esasları dikkate alınır. Sözleşme süresi 20 yıldan az 35 yıldan fazla olamaz.

Enerji Satış Fiyatı:

Madde 5: Alınan başvurularda üretim şirketi tarafından önerilen enerji satış fiyatı Bakanlığın uygun görmesi halinde geçerlilik kazanır. Burada enerji fiyatı enerji satış süresi boyunca paçal olarak değerlendirilip senelik olarak kademeli biçimde belirlenir. İşletme süresinin en az üçte birinde yenilenebilir kaynak olan rüzgar enerjisinin gelişimini sağlamak için teşvik edici fiyat uygulanır.

Üretilen elektriği satın almakla yükümlü kuruluş, yıllık güvenilir üretimin üzerindeki fazla üretimi de, sözleşmede belirlenecek o yılın koşullarında almak zorundadır. Ancak, üretim şirketi isterse fazla üretimi, iletim ve dağıtım hattına sahip şirketlere, iletim ve dağıtım bedellerini ödemek koşuluyla, organize sanayi bölgelerine, küçük sanayi sitelerine ve 4 MW'dan fazla kurulu gücü olan tüketim tesislerine özel bir anlaşma ile satılabilir. Böyle bir özel anlaşma, uygulamaya konulmazdan önce elektriği satın almakla yükümlü kuruluşa bildirilir.

Üst Hakkı ve Santral Yeri

Madde-6: Üretim tesisinin, devletin hüküm ve tasarrufu altındaki bir yerde kurulmasının gerektiği hallerde bu yer üzerinde Milli Emlak Genel Müdürlüğü veya ilgili kamu kuruluşu tarafından üretim şirketi lehine başkasına devredilmeyen bir üst hakkı tesis olunur. Üst hakkı enerji satış süresince geçerliliğini korur. Bu konuda gerekli işlemler Bakanlık tarafından yapılır.

Ormanlık alanlarda kurulması gereken üretim tesislerinden orman köylüsüne yardım, ağaçlandırma ve erozyon fonu yüzde 50 azaltılmış biçimde ve beş eşit taksitle beş yılda tahsil olunur.

Her derece doğal sit alanına rüzgar santrali kurulabilir. Yerleşim yerlerinin rüzgar santrallerine 500 metreden fazla yaklaşmasına işletme süresi boyunca imar izni verilmez. Aksi taktirde yıllık güvenilir enerji üretimi yapılmışçasına, eksik kalan üretim için devletçe satış bedeline eşit tazminat üretim şirketine ödenir.

Garanti:

Madde-7: TEDAŞ ve/veya TEDAŞ'ın ve devletin anlaşmaya ilişkin hükümlerinden kaynaklanan ödeme yükümlülükleri için Hazine Müsteşarlığı'nın bağlı bulunduğu Bakanlıkça Üretim Şirketine Hazine Garantisi verilir.

Muafiyetler:

Madde 8: Bu kanun çerçevesinde gerçekleştirilecek üretim tesislerinin kurulmasına ve işletilmesine ilişkin olarak ilgili taraflarca yapılacak bütün iş ve işlemler 1.7.1994 tarihli 488 Sayılı Kanun'a göre alınacak Damga Vergisi ile 2.7.1994 tarihli ve 492 Sayılı Kanun uyarınca alınacak haraçlardan muaftır. Ayrıca, 3.6.1949 tarihli ve 5422 Sayılı Kurumlar Vergisi Kanunu ile 31.12.1960 tarihli ve 193 Sayılı Gelir Vergisi Kanunu uyarınca uygulanan vergi oranları işletme süresi boyunca %60 indirimli olarak uygulanır.

Yönetmelik:

Madde-9: Bu kanuna göre yapılacak üretim tesisleri için başvurularda öngörülen koşullar, proje ve fizibilite esasları, rüzgar potansiyelinin tespitine ilişkin olarak aranacak bilgi ve veriler, üretim kapasitesi, enerjinin satın alımı ve süresine ilişkin hususlar, saptanacak teşvik ve değerlendirme kriterleri, enerji birim fiyatı oluşturma esas ve usulleri, tesis kurma ve işletme izni esas ve usulleri, üst hakkı verilmesi ile santralin işletme güvenliğine ilişkin esas ve usuller, doğal ve çevreci rüzgar kaynağının değerlendiriliyor olması ve desteklenmesi gözönünde tutulmak koşuluyla Bakanlıkça hazırlanarak Bakanlar Kurulu onayı ile çıkarılacak Yönetmelikle düzenlenir.

Yürürlük:

Madde-10: Bu kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme:

Madde-11: Bu kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.

2. YİD Modeli Çerçevesinde Yapılan Rüzgar Santrali Başvurularına İlişkin Prosedür

YİD modeli ile gerçekleştirilecek rüzgar enerjisi projelerinde Bakanlık uygulamaları doğrultusunda başvuru aşamasında en az 6 aylık, fizibilite aşamasında ise en az 1 yıllık rüzgar ölçümünün mevcut olması şartı aranmaktadır. Bu çerçevede YİD modeli ile rüzgar santrali kurup, işletmek isteyen yerli ve yabancı özel sermaye şirketlerinin proje sahasında asgari 30 m'lik kule üzerinde yapılacak en az 6 aylık rüzgar ölçüm değeri ve 85/9799 sayılı Yönetmeliğin 5'inci maddesi uyarınca ve Bakanlık uygulamaları doğrultusunda hazırlayacakları 12 takım başvuru raporu ile birlikte Bakanlığımıza başvuruda bulunmaları gerekmektedir. Alınan başvurulara ilişkin olarak özellikle rüzgar potansiyeli, planlama, sistem kapasitesi ve bağlantı açısından ilgili kuruluşların (TEAŞ, TEDAŞ ve EİEİ) görüşleri alınmakta ve bu görüşler dikkate alınarak oluşturulan Bakanlık görüşü olumlu olduğu takdirde firmadan fizibilite raporu hazırlaması istenmektedir.

Bakanlıkça Şubat 1998'de hazırlanan ve belirli bir bedel karşılığında temin edilecek olan Rüzgar Santralleri Şartnamesi ve ekleri uyarınca hazırlanacak fizibilite raporu ve diğer dökümanların rüzgar ölçümlerinin 1 yıla tamamlanma tarihi dikkate alınmak suretiyle Bakanlığımızca verilecek süre içerisinde teslim edilmesi gerekmektedir. Ancak firmanın talebi üzerine ve Bakanlıkça uygun görüldüğü takdirde süre uzatımı verilebilir. Rüzgar Santralleri Şartnamesi uyarınca başvuru sahibinin projede sermayedar olarak yer alması şartı aranmakta olup, başvuru sahibi fizibilite raporu ve en az 1 yıllık ölçüm sonuçları ile birlikte Toplam Yatırım Tutarının %1'i oranında ve 3.000.000 ABD \$'ını aşmamak üzere Geçici Teminat Mektubunu ve Elektrik Enerjisi Fonu Katkı Payının (1999 yılı için 630.000.000 TL ve 2000 yılı için 1.010.000.000 TL olarak belirlenmiştir) yatırıldığına dair banka dekontunu teslim etmekle yükümlüdür.

Şartname uyarınca istenilen tüm belgeleri eksiksiz olarak verilen fizibilite raporları incelenmek üzere ilgili kuruluşlara gönderilmekte ve fizibilite raporunun yetersiz görülmesi halinde firmadan revize rapor istenilmektedir. Değerlendirme çalışmaları sonucunda fizibilite veya revize fizibilite raporunun uygun bulunması ve fiyat üzerinde mutabakat sağlanması halinde, firma, Danıştay'dan geçen tip sözleşmeler esas alınarak Bakanlıkça hazırlanan İmtiyaz Sözleşmesi taslağı üzerinde sözleşme görüşmelerine davet edilmektedir. Taraflarca üzerinde mutabık kalınan Sözleşme taslağı incelenmek üzere Danıştay'a gönderilmekte ve Danıştay'ca onaylandığı şekliyle taraflarca imzalanmaktadır. Daha sonra Şirket Alıcı ve

Enerji Satış Anlaşması ve diğer ilgili taraflarla diğer sözleşmeleri imzalayıp, finansmanı tamamlayıp, gerekli izinleri aldıktan sonra inşaat çalışmalarına başlanmaktadır.

3. Rüzgar Enerjisi Ölçümlerinde Aranılan Şartlar

1. Ölçümler en az 30 m. yükseklikte bir kule üzerinde (10 m. dahil) yapılacaktır.
2. Ölçümler arazi ve yerleşim özelliklerine göre 30 m. üzerindeki yüksekliklerde de tercihen kule yüksekliğinde yapılacaktır. (40-50 m'lik kuleler)
3. Ölçümler bir saatlik örnekleme aralığına uyarlatabilmelidir.
4. Rüzgar hızı, rüzgar yönü ve türbülans zorunlu olarak belirlenecek parametrelerdir. Nem ve sıcaklık parametreleri ise ya arazi üzerinde elde edilecek, ya da en yakın meteoroloji istasyonu kayıtları temin edilecektir.
5. Elde edilen veriler, bilgisayar ortamına aktarılmaya ve değerlendirilmeye uygun olacaktır.
6. Elde edilen veri, yeterli ilişkiye sahip yakın kayıtlarla değerlendirilerek, arazi için elde edilecektir. (3-30 yıl)
7. Arazi üzerinde kaç noktada ölçüm yapılacağı, arazi büyüklüğü ve arazi topografyasına bağlı olarak belirlenecektir.

4. Yap-İşlet-Devret (rüzgar) Projeleri Ön Raporda Yer Alacak Özet Bilgiler

- Proje sahasının yeri
- Genel vaziyet planı (1/250.000 ölçekli harita üzerinde)
- 1/25.000 ölçekli haritada proje sahası sınırları
- Tesisin tipi, uygulanacak teknoloji türü
- Kurul gücü, net gücü, ünite (türbin) adedi ve kapasitesi (kW)
- Proje sahasına ait en az altı aylık rüzgar ölçümlerine ait aylık ortalamalar (Başvuru raporu muhtevasına dahil edilmeyip, ayrı olarak da teslim edilebilir.)
- Yıllık çalışma süresi (saat/yıl)
- Yıllık enerji üretimi (kWh)
- Yatırım süresi
- İşletme süresi
- Tahmini iş programı
- Tahmini toplam yatırım tutarı
- Rüzgar enerjisi potansiyeli
- Projeyi gerçekleştirecek firma ve firma grubunun sermaye yapısı ve geçmişi hakkında bilgi
- Basitleştirilmiş tek hat şeması
- Tesisin ne gibi araç, gereç ve teşkilatla gerçekleştirileceği.

5. Otoprodüktör Santral Kurmak İçin Yapılması Gerekli İşlemler

1. Şirket, Bakanlığa başvuruda bulunacaktır. Şirketin başvuru raporunda aşağıdaki bilgiler yer alacaktır.

- a) Kuracağı Otoprodüktör Santralinin gücü (MW olarak),
- b) 1/25000 ölçekli harita üzerinde santralin kurulacağı yer,
- c) Otoprodüktör Şirketin, santral kurulmadan önce tükettiği enerji ve güç miktarı,
- d) Şirketin ilk 10 yıl boyunca TEAŞ/TEDAŞ'dan yılda ne kadar süre ile kaç MW mertebesinde enerji talebi,
- e) Yakıt durumu (türü, miktarı, temin yeri, vs.)
- f) Otoprodüktör Grubu ise ortakların sayısı ve açık listesi,
- g) Santral için uygulayacağı teknoloji ve özellikleri ve müracaat için bakanlığımıza muhatap dilekçe verilecektir.

(Başvuru Raporu 10 nüsha olarak hazırlanacaktır.)

2. Bakanlık başvuru raporunu inceler, ayrıca ilgili Kuruluşlarının görüşlerini alır.

3. Bakanlık ve ilgili kuruluşların görüşleri tamamlandıktan sonra, şirkette fizibilite raporu hazırlanması istenir, ayrıca fizibilite raporu ile birlikte Elektrik Enerji Fonu Katkı Payı'nın yatırılarak dekontunun bakanlığımıza teslimi gereklidir. Otoprodüktör Şirketi, grup kurması halinde yeni bir enerji şirketi kurmak zorundadır.

4. Şirket, fizibilite raporu hazırlar ve 10 nüsha olarak bakanlığa gönderir.

5. Bakanlık ve ilgili kuruluşlar gelen fizibilite raporlarını inceler, uygun bulunduktan sonra şirketle sözleşme imzalamak için Makam Onayı alınır ve şirket sözleşme imzalamak için davet edilir. Şirketin Ticaret Sicil Gazetesi'ndeki yayınlanan ana statüsü aslı, şirketin imzaya yetkili kişilerini gösteren imza sirküleri ve vekaletname (Noter Tasdikli) istenir.

6. Sözleşme imzalandıktan sonra ilgili kuruluşlara ve şirkete birer sureti gönderilir.

7. İki nüsha halinde imzalanan sözleşme imzalandığı tarihte yürürlüğe girer. Şirket bu tarihten sonra 6 (altı) ay içinde santralle ilgili projeleri hazırlar ve bakanlığa teslim eder. Bu projeler bakanlığımız tarafından 3 (üç) ay içinde incelenerek onaylanır.

8. Şirket, ilgili Kuruluşla (ESA) (Elektrik Satış Anlaşması) imzalar.

NOT: Şirket müracaatını 3096 sayılı Yasa ve bu Yasaya istinaden çıkarılan 4 Eylül 1985 tarih ve 18858 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Enerjisi üretim Tesisi Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen 85/9799 sayılı Yönetmelik” ve bu Yönetmeliğe ek olarak çıkarılan 17 Nisan 1996 tarih ve 22614 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 96/8007 sayılı Yönetmeli hükümlerine göre yapacak ve Fizibilite Raporlarını adı geçen Yönetmelik ekinde hazırlayacaktır.



6. Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi Dışındaki Kuruluşlara Elektrik Enerjisi Üretim Tesisleri Kurma ve İşletme İzni Verilmesi Esaslarını Belirleyen Yönetmeliğin Otoprodüktör Enerji Üretim Tesislerine İlişkin Hükümleri

(85/9799 SAYILI YÖNETMELİKTE 96/8007, 97/9670, 97/10059 VE 98/11982 SAYILI YÖNETMELİKLERLE YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER DAHİL EDİLMİŞTİR.)

Madde-4:

f) Otoprodüktörlere, tesisin bulunduğu bölgeye bağlı olarak Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi ile görevli şirketin görüşü alınmak suretiyle Bakanlık tarafından üretim tesisi kurma ve işletme izni verilebilir.

g) Otoprodüktör ve otoprodüktör grubu şirketi, otoprodüktör statüsünde üretim tesisi kurup işletme izni almak amacıyla Bakanlığa başvurur.

Otoprodüktör grubunun bir defada teşekkül ettirilmesi ile otoprodüktör grubunu oluşturan ortakların müracaat aşamasında belirlenmesi ve Bakanlıkça onaylanması esastır. Otoprodüktör grubu şirketin kuruluş aşamasından sonra grubu oluşturan ortak sayısındaki ve grubun elektrik enerjisi ihtiyacını etkileyecek mahiyetteki ortaklık değişiklikleri Bakanlığın iznine tabidir. Üretilen enerjiyi kullanacak şirketlerin aynı şirketler grubu (aralarında resmi iştirak ilişkisi bulunan veya hissedarları aynı olan şirketler) veya holding bünyesinde olması halinde otoprodüktör grubu şirketi kurulması şartı aranmaz.

Otoprodüktör veya otoprodüktör grubu şirketlerin ürettiği ihtiyaç fazlası enerjiyi TEAŞ, TEDAŞ veya görevli şirketlere satıp satmamasına bakılmaksızın enterkonnekte sisteme bağlantısı bulunması halinde şirket, “Otoprodüktör Statüsünde Üretim Tesisleri Kurulması, İşletilmesi ve enerji fazlasının TEAŞ, TEDAŞ ve Bağlı Ortaklıkları veya Görevli Şirketlere Satışına İzin Verilmesine İlişkin Sözleşme”yi Bakanlık ile imzalar.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketlerin sahip oldukları sanayi tesisleri ile beşbin konutu aşan uydu kent yerleşim birimleri (rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri için asgari beş bin konut şartı aranmaz), hastaneler, asgari üç yıldızlı oteller ve tatil köyleri (rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri için asgari üç yıldız şartı aranmaz), organize sanayi bölgeleri, üniversite kampüsleri, belediyeler (çöp, çöp gazı vb. atıklar, biyokütle, rüzgar

ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri için) elektrik ihtiyaçlarının tamamını veya bir bölümünü kendi elektrik üretim tesislerinde güvenilir biçimde ve ekonomik olarak üretebilir. Bunların yanı sıra, kültür balıkçılığı tesisleri, kümes hayvanları üretim çiftlikleri, besicilik tesisleri, tarımsal sulama tesisleri elektrik ihtiyaçlarının tamamını veya bir bölümünü kendi rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretimi tesislerinde üretebilir.

Bu elektrik üretim tesisleri; sanayi tesisinin atık ısısı veya benzeri yan ürünlerinden yararlanan kombine çevrimli, gerekli buhar ihtiyacı, ara buharı veya egzoz buharı ya da bunların karışımı biçiminde genel ısı çevrimi bilançosu verimi yükselttilerek karşılanan buhar çevrimli, hidroelektrik santral veya yenilenebilir enerji kaynakları (biyokütle, atıklar, rüzgar, güneş) ile çalışan enerji üretim tesisi mahiyetinde olabilir.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu olarak elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kurulan tesisin atık ısısı var ise en geç 12 ay içerisinde değerlendirilir. Aksi halde tesis faaliyetten men edilir.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler faaliyet gösterdikleri bölge içerisinde TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklıkları veya görevli şirketler ile Enerji Satış Anlaşması imzalarlar. Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklıkları veya görevli şirketler enerji alışverişi konusunda enerji mahsuplaşması yaparlar. Enerji mahsuplaşması enerji bazında kWh olarak yapılır.

Rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri ile rezervuarı olmayan hidroelektrik üretim tesislerinde (bu yönetmeliğin yürürlüğe giriş tarihinden önce işletmeye açılanlar da dahil olmak üzere) mahsuplaşma işleminde; cari ayda sisteme verilen elektrik (üretim), otoprodüktör veya otoprodüktör grubunca cari ayda sistemden çekilen elektrikten (tüketim) fazla ise, yapılacak bir protokol çerçevesinde bu fark fatura edilmeyip ertesi aya/aylara kWh olarak devredilir. Herhangi bir aydaki üretimin ilgili aydaki tüketimden az olması halinde ise eksik üretim evvel ki aylardan devreden üretim fazlası ile kapatılır, kapatılamayan eksik üretim bir sonraki aya devredilmez. Ortaya çıkacak üretim fazlasına ait bedellerin hesap kesimi her takvim yılı 30 Haziran ve 31 Aralık itibari ile yapılır.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketi üretim tesislerinde, ihtiyacının üzerinde üretilen elektrik enerjisinin satış fiyatı, enerji dağıtımı yapan kuruluşların ülke geneline nihai tüketiciye uyguladıkları ortalama enerji satış fiyatından fonlar ve paylar düşüldükten sonra

ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri için) elektrik ihtiyaçlarının tamamını veya bir bölümünü kendi elektrik üretim tesislerinde güvenilir biçimde ve ekonomik olarak üretebilir. Bunların yanı sıra, kültür balıkçılığı tesisleri, kümes hayvanları üretim çiftlikleri, besicilik tesisleri, tarımsal sulama tesisleri elektrik ihtiyaçlarının tamamını veya bir bölümünü kendi rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretimi tesislerinde üretebilir.

Bu elektrik üretim tesisleri; sanayi tesisinin atık ısısı veya benzeri yan ürünlerinden yararlanan kombine çevrimli, gerekli buhar ihtiyacı, ara buharı veya egzoz buharı ya da bunların karışımı biçiminde genel ısı çevrimi bilançosu verimi yükselterek karşılanan buhar çevrimli, hidroelektrik santral veya yenilenebilir enerji kaynakları (biyokütle, atıklar, rüzgar, güneş) ile çalışan enerji üretim tesisi mahiyetinde olabilir.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu olarak elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kurulan tesisin atık ısısı var ise en geç 12 ay içerisinde değerlendirilir. Aksi halde tesis faaliyetten men edilir.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler faaliyet gösterdikleri bölge içerisinde TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklıkları veya görevli şirketler ile Enerji Satış Anlaşması imzalarlar. Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklıkları veya görevli şirketler enerji alışverişi konusunda enerji mahsuplaşması yaparlar. Enerji mahsuplaşması enerji bazında kWh olarak yapılır.

Rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretim tesisleri ile rezervuarı olmayan hidroelektrik üretim tesislerinde (bu yönetmeliğin yürürlüğe giriş tarihinden önce işletmeye açılanlar da dahil olmak üzere) mahsuplaşma işleminde; cari ayda sisteme verilen elektrik (üretim), otoprodüktör veya otoprodüktör grubunca cari ayda sistemden çekilen elektrikten (tüketim) fazla ise, yapılacak bir protokol çerçevesinde bu fark fatura edilmeyip ertesi aya/aylara kWh olarak devredilir. Herhangi bir aydaki üretimin ilgili aydaki tüketimden az olması halinde ise eksik üretim evvel ki aylardan devreden üretim fazlası ile kapatılır, kapatılamayan eksik üretim bir sonraki aya devredilmez. Ortaya çıkacak üretim fazlasına ait bedellerin hesap kesimi her takvim yılı 30 Haziran ve 31 Aralık itibari ile yapılır.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketi üretim tesislerinde, ihtiyacının üzerinde üretilen elektrik enerjisinin satış fiyatı, enerji dağıtımı yapan kuruluşların ülke geneline nihai tüketiciye uyguladıkları ortalama enerji satış fiyatından fonlar ve paylar düşüldükten sonra

kalan kısmın %85'ini geçmeyecek şekilde Bakanlıkça belirlenir. Şirket ihtiyacının üzerindeki enerjiyi santralin enerji bağlantısını yaptığı kuruluşa satar.

Otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler başka görev bölgesine enerji naklemezler. Otoprodüktör grubu şirketler ürettikleri enerjiyi ancak faaliyet gösterdikleri görev bölgesi içindeki ortaklarına verebilirler. Ancak otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketler tarafından kurulacak enerji üretim tesislerinin hidroelektrik veya rüzgar ve/veya güneş enerjisi üretim tesisi olması veya otoprodüktör grubunu oluşturan şirketlerin aynı holding bünyesinde bulunması halinde şu şart aranmaz.

Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfı'nın ortağı olduğu otoprodüktör grubu tarafından üretilecek enerjiden ihtiyaç kadarı ortaklık koşulu aranmaksızın Türk Silahlı Kuvvetleri teşekküllerine verilebilir.

Bu yönetmeliğin yayımından önce faaliyet gösteren otoprodüktör ve/veya otoprodüktör grubu şirketlerin hakları saklıdır.

Ek Madde 2: Otoprodüktör enerji üretim tesisinde üretilen enerjinin otoprodüktör veya otoprodüktör grubu şirketi ortalarına iletim ve dağıtım kuruluşlarının hatlarının kullanılarak nakledilmesi halinde, iletimde nakil bedeli olarak kuş uçuşu 100 km'ye kadar mesafelerde nakledilen miktarın %3'ü, daha sonraki her 100 km için %1,5'i ilave 600 km'den daha uzak mesafeler için sabit değer olmak üzere %10,5'i, dağıtımda ise mesafeye bakılmaksızın nakledilen enerjiinn %6,5'i oranında nakil bedeli alınır. Otoprodüktör üretim grubu şirketi kurarak enerjisini grubundaki ortaklarına naklettirmek isteyen şirketlerin elektrik enerjisini (hangi gerilim seviyesinde olursa olsun) TEAŞ, TEDAŞ ve bağlı ortakları ve/veya görevli şirketler alır ve naklederler.

Enerji nakli hususuna ilişkin olarak güzergah, mesafe, sayaç okuma, faturalama vb. konular TEAŞ, TEDAŞ ve bağlı ortaklıkları ile görevli şirketlerin birlikte belirleyecekleri uygulama protokolünde yer alacaktır. Nakil bedeli otoprodüktör grubu şirketinin ortağının bağlı bulunduğu bölgedeki dağıtım şirketinin uygulamakta olduğu tek terimli sanayi tarifi esas alınarak hesaplanır.

Rüzgar ve/veya güneş enerjisi ile çalışan elektrik üretim tesisi kuracak olan otoprodüktör veya otoprodüktör grubu şirketlerden, kendisinin ve/veya ortaklarının elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak amacıyla TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklık ve/veya görevli şirketlerin iletim ve/veya

dağıtım hatlarını kullanmaları halinde, ticari işletme tarihinden itibaren ilk beş yıl için geçerli olmak üzere birinci fıkrada belirtilen nakil bedellerinin %50'si alınır.

Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden önce bakanlıkça rüzgar ve/veya rüzgar enerjisi üretim tesisi kurma ve işletme izni verilen ve/veya işletmeye geçen otoprodüktör şirketlerden de kendisinin ve/veya ortaklarının elektrik enerjisi ihtiyacını söz konusu tesislerden karşılamak amacıyla TEAŞ, TEDAŞ, bağlı ortaklık ve/veya görevli şirketlerin iletim ve/veya dağıtım hatlarını kullanmaları halinde, bu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren beş yıl süreyle geçerli olmak üzere birinci fıkrada belirtilen nakil bedellerinin %50'si alınır.



7.Rüzgar Enerjisi Elektrik Santralleri Fizibilite Raporunda Yer Alacak Ana Başlıklar

BÖLÜM-1 YATIRIM MAHİYETİ VE NEV'İ

- 1.1.Genel Bilgiler
- 1.2.Proje Gerekçesi

BÖLÜM-2 PROJE SAHASININ TANITILMASI

- 2.1.Doğal Durumu (Topografya, Koordinatlar, genel jeoloji, deprem ve iklim durumu)
- 2.2.Sosyal Durumu (Nüfus, Kültür, Sağlık, Ulaşım, Haberleşme)
- 2.3.Varsa daha önce yapılmış etütler hakkında bilgi
- 2.4.Ekonomik Durum (Tarım, Endüstri, Turizm, Ticaret)

BÖLÜM-3 GELİŞME PLANI

- 3.1.Gelişmeyi gerektiren sebepler
- 3.2.Mevcut Tesisler
- 3.3.Enerji talebi tahmini
- 3.4.Teklif edilen tesisler
- 3.5.Planın etkinliği

BÖLÜM-4 RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ

- 4.1.Rüzgar hızı ve yönü ölçümleri
- 4.2.Rüzgar Enerjisi kullanma bilgileri
- 4.3.Rüzgar hızı profilleri

BÖLÜM-5 TESİSİN KURULACAĞI YER HAKKINDA BİLGİLER

- 5.1.Meteorolojik özellikler (Rüzgar, Nisbi nem, çevre sıcaklığı, bulutluluk, yağış v.b gibi)
- 5.2.Jeolojik yapı
- 5.3.Temel Etütleri (Zemin mekaniği)
- 5.4.Deprem durumu
- 5.5.Ulaşım yolu
- 5.6.Arazinin topografik özellikleri
- 5.7.Proje yerinde rüzgar rejimini etkileyen faktörler
- 5.8.Tesisin çevresine etkisi (ses, yansıtma v.b gibi)

BÖLÜM-6 KURULACAK TESİS

- 6.1.Kapasite seçimi
- 6.2.Optimum kurulu güç, ünite sayısı ve kapasitesi
- 6.3.Türbin tipi, özellikleri (cut-in, cut-out, verimi, hız kontrolü v.b)
- 6.4.Generatör tipi özellikleri
- 6.5.Kule yüksekliği ve tipi
- 6.6.Kule ve türbin frekansı
- 6.7.Güç aktarma organları
- 6.8.Dişli kutunun özellikleri
- 6.9.Depolama üniteleri

BÖLÜM-7 PROJENİN GERÇEKLEŞME SÜRESİ

- 7.1.Kesin Proje hazırlama süresi, İnşaat ve İşletmeye Alma için Başlangıç ve Bitiş tarihleri

BÖLÜM-8 TESİS MALİYETİ

- 8.1.Giderlerin hesaplanmasındaki esasları
- 8.2.Tesis Keşif Özeti
- 8.3.Yıllık Giderler
- 8.4.Döviz İhtiyacı
- 8.5.Yatırım Bedeli

BÖLÜM-9 ÇOK MAKSATLI PROJELER İÇİN MALİYET TAKSİMİ**BÖLÜM-10 DUYARLILIK ANALİZİ****BÖLÜM-11 TESİS YATIRIM PLANI VE EKONOMİK DEĞERLENDİRME**

- 11.1.Yatırımın yıllara dağılım tablosu
- 11.2. Yatırım dönemi faizleri
- 11.3.Finansman planı
- 11.4.İşletme sermayesi
- 11.5.İşletme dönemi giderleri
- 11.6.İşletme dönemi kredi taksitleri ve faizleri
- 11.7.Fon akış tablosu

11.8.Mali Rantabilite (Fayda/masraf oranı, Döviz Maliyeti)

11.9.İç Karlılık oranı

BÖLÜM-12 ALTERNATİF ÇÖZÜMLER



ÖZGEÇMİŞ:

Doğum tarihi	16.03.1975	
Doğum yeri	Gölcük-İzmit	
Lise	1986-1993	Nişantaşı Anadolu Lisesi
Lisans	1994-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı, Enerji Makinaları Programı

Çalıştığı kurum

2000-Devam ediyor Kojenerasyon Derneği Teknik Koordinatörü