

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ

Elektrik-Elektronik Müh. Cahit ATLI

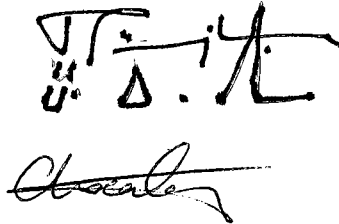
**F.B.E Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

95068

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin ÇAKIR

raf. Dr. Hüseyin Çakır
of. Ümit Doğan Arıncı
4. Dr. Celal Kocatepe



İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.2 Ön bilgiler.....	2
2. RÜZGAR ENERJİSİ.....	4
2.1 Tarihçesi.....	6
2.2 Rüzgar Enerjisi ve Ekonomi.....	8
2.3 Rüzgar Enerjisi ve Çevre.....	11
3. RÜZGAR ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ KULLANIMI.....	13
3.1 Avrupa'da Rüzgar Enerjisi ile İlgili Yapılan Destekler.....	15
3.1.1 Avusturya.....	16
3.1.2 Danimarka.....	16
3.1.3 Fransa.....	16
3.1.4 Almanya.....	16
3.1.5 Yunanistan.....	17
3.1.6 Hollanda.....	17
3.1.7 İsveç.....	17
3.1.8 İngiltere.....	17
3.2 Akdeniz Ülkelerindeki Rüzgar Enerjisi Faaliyetleri.....	18
3.2.1 İtalya.....	18
3.2.2 İsrail.....	18
3.2.3 İspanya.....	18
3.3 2005 Yılında Rüzgar Teknolojisinin Muhtemel Durumu.....	20
3.3.1 Pazar.....	20

3.3.2	Teknik Sonuçlar.....	21
3.3.3	Perspektifler.....	22
3.3.4	Teknoloji.....	22
3.3.5	Finansman Sağlama.....	22
3.3.6	Politika.....	22
3.3.7	Yer Seçimi.....	23
3.3.8	Enerji Sistemi ile Bütünleşme.....	23
3.3.9	Rekabet.....	24
4.	RÜZGAR ENERJİSİ FORMÜLASYONU.....	25
4.1	Enerji Oranları.....	25
4.2	Düşey Rüzgar Hızı Değişimi.....	26
4.3	Meteorolojik Rüzgar Enerjisi Dinamiği.....	28
4.4	Rüzgar Enerji Sistemi ve Kontrolü.....	30
4.5	Rüzgar Türbini İşletim ve Tasarım Prensipleri.....	31
4.6	Rüzgar Enerji Çevrim ve Kontrol Sistemi.....	31
4.6.1	Pi Denetleyiciler Kullanarak Sistem Kontrolü.....	33
4.6.2	Frekans Sabitliği.....	34
4.6.3	Gerilim Sabitliği.....	35
4.6.4	Güç Kalitesi.....	37
4.7	WASP Modeli.....	38
4.7.1	Temel Fizik Prensipleri.....	38
4.7.1.1	Yüzey Tabaka Benzerlik Yasası.....	38
4.7.1.2	Jeostrofik Yasa ve Jeostrofik Rüzgar.....	40
4.7.2	Kararlılık Modeli.....	40
4.7.2.1	Ortalama Rüzgar Hızı ve Standart Sapmasının Düşey Değişimi.....	42
4.7.3	Pürüzlülük Değişim Modeli.....	43
4.8	Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Modeli.....	44
4.8.1	Rüzgar Verilerinin Analiz Yöntemi.....	44
4.8.2	Rüzgar Enerji Miktarının Belirlenmesi.....	45
5.	TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ KURULU GÜCÜ ve POTANSİYELİ.....	47
5.1	Türkiye Rüzgar Atlası.....	47

5.2	Türkiye’de Yapılan Son Dönem Çalışmaları.....	59
5.2.1	Rüzgar Santralı Kurmak İçin Yapılan Çalışmalar.....	59
5.2.1.1	Sözleşmesi İmzalanmış Rüzgar Projeleri.....	59
5.2.1.2	Sözleşme Görüşmeleri Aşamasında Olan Rüzgar Projeleri.....	59
5.2.1.3	Fizibilite Raporu Değerlendirilen Rüzgar Projeleri.....	59
5.2.1.4	Revize Raporu Beklenen Rüzgar Projeleri.....	60
5.2.1.5	Fizibilite Raporu Beklenen Rüzgar Projeleri.....	60
5.2.1.6	Başvuru Raporu Değerlendirilen Rüzgar Projeleri.....	61
5.2.1.7	Altı Aylık Ölçüm Beklenen Rüzgar Projeleri.....	62
5.2.2	Diğer Çalışmalar.....	62
5.2.2.1	Çeşme-Alaçatı Otoprodüktör Rüzgar Santralı.....	62
5.2.2.2	İlk Yap-İşlet-Devret Modeli Rüzgar Santralı.....	63
5.2.2.3	EİE Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları.....	63
5.2.2.4	Rüzgar Atlası Projesi.....	63
5.2.2.5	Iressmed Projesi	64
5.2.2.6	EİE-AREB-TŞ Rüzgar Santralı Fizibilite Projesi.....	65
5.3	Çanakkale Civarı ve Gökçeada’nın Rüzgar Kliması.....	66
5.3.1	Gökçeada’nın Coğrafik Konumunun İncelenmesi.....	66
5.3.2	Gökçeada Rüzgar Hızı Ölçüm İstasyonlarının Yer Seçimi	67
5.3.2.1	Gerekli Meteorolojik Veriler.....	67
5.3.2.2	Planlamada İzlenen Adımlar	68
5.3.2.3	İzlenen Çalışma Aşamaları.....	68
5.3.2.4	Diğer Veriler	68
5.3.2.5	Verilerin Kaydedilmesi ve Ölçüm Periyodu.....	69
5.3.3	Rüzgar Hızı Ölçüm Kulesi.....	70
5.3.3.1	Yüksek Arazinin Avantajları.....	70
5.3.3.2	Çukur Bölgelerin Dezavantajları.....	70
5.4	Gökçeada Meteoroloji İstasyonu Verilerine WASP Modelinin Uygulanması.....	73
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75
	KAYNAKLAR.....	78
	ÖZGEÇMİŞ.....	79

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1	Rüzgar Enerjisi Çevrim ve Kontrol Sistemi.....	34
Şekil 4.2	100 kW'lık Sabit Hızlı Rüzgar Türbini Güç Faktörü Denetim Sistemi Grafği.....	37
Şekil 5.1	Bozcaada-Bandırma Esmâ Süreleri.....	58
Şekil 5.2	Hakim Rüzgarın Vadi ile Kanalize Olduğu Alanlarda REDS'ne Uygun Yerler	71
Şekil 5.3	Mobil Rüzgar Hızı Ölçüm Kulesi, Sensör ve Data Logger Monte Planı.....	72



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	kWh Enerjinin Üretim Maliyeti.....	9
Çizelge 3.1	Dünya Rüzgar Enerji Kurulu Gücü ve Enerji Üretimi.....	14
Çizelge 3.2	Rüzgar Enerjisi Tahmini Potansiyeli ve Hedeflenen Kapasiteleri.....	14
Çizelge 3.3	Yerden 10 Metre Yükseklikte Dünya Rüzgar Enerjisi Kaynağı.....	15
Çizelge 4.1	Rüzgar Enerjisi Potansiyelini Belirlemede Kullanılan Yöntemler.....	45
Çizelge 5.1	Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Tahminleri.....	49
Çizelge 5.2	Rüzgar Enerjisi Değerlendirme Kriterleri.....	51
Çizelge 5.3	Rüzgar Analizinde Yer Gözlemleri Kullanılan İstasyonlar.....	52
Çizelge 5.4	İstasyonların Ölçüm Yüksekliğindeki Bazı İstatistiksel Bilgileri.....	53
Çizelge 5.5	İstasyonların Ortalama Rüzgar Enerji Yoğunluğu.....	54
Çizelge 5.6	Yıllık Ortalama Hız ve Rüzgar Güç Yoğunluğu.....	56
Çizelge 5.7	Mobil Rüzgar Hızı Ölçüm Sisteminin Teknik Özellikleri.....	69
Çizelge 5.8	N.G.R. Kayıt Sisteminde Veri-Çıktı Örneği.....	71
Çizelge 5.9	Gökçeada İstasyonu Verilerine WASP Modelinin Uygulanması.....	73

ÖNSÖZ

Dünyada, 1973 petrol krizinden sonra, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına gösterilen ilgi artmış ve bu konudaki teknolojiler hızla geliştirilmiştir. 1980'li yıllarda petrol fiyatlarının düşmesiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi azalmış olmakla birlikte 1990'larda artan çevre bilinci nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları yeniden gündeme gelmiştir.

2000 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya enerji üretimi içindeki payı %2.2 olacağı ve bu oranın %3'ünün rüzgar enerjisi yardımıyla karşılanacağı tahmin edilmektedir. (WEC Renewable Energy report 1993). Gerçekte güneş ve rüzgar enerjilerinin, ülkelerin enerji üretimleri üzerindeki katkıları, söz konusu enerjilerin ülkedeki potansiyeline bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Yakın geleceğin enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi ile ilgili teknolojinin dünyada çok hızlı bir şekilde geliştiği bilinmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde, rüzgar enerjisi teknolojileri konusunda sürdürülen araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmaları paralelinde, Ülkemizde de bu konularda, çeşitli kamu kurum ve kuruluşları ile bazı üniversitelerimizde çalışmalar sürdürülmektedir.

Bu çalışmada Rüzgar Enerjisi ana hatları ile tanıtılmış, ülkemizde ki Rüzgar Enerjisi potansiyelinden yararlanmaya yönelik yapılan araştırmalar tartışmaya sunulmuştur. Özellikle Gökçeada Rüzgar Enerji Potansiyeli bulgularına geniş yer verilerek bu datalara dayalı olarak WASP modeli üzerinden değerlendirilmeler yapılmıştır.

Ülkemizin geleceğinde önemli sorunların başında yer alacak olan enerji konusunun çözümü için bir başvuru kaynağı olacağını ümit ettiğimiz bu çalışmanın hazırlanmasında emeği geçen ve çok yoğun olmasına rağmen tez yöneticiliğini memnuniyetle kabul eden değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Çakır Bey'e, Prof. Dr. Ferruh Ertürk Bey'e, Doç. Dr. Celal Kocatepe Bey'e teşekkür ederim. Bizler için büyük fedakârlıklara katlanan annem ve babama, sabrından dolayı sevgili eşime ayrıca teşekkür ederim.

Elektrik kesintisi ile karşılaşmayacağımız aydınlık yarınlar dileği ile....

Cahit ATLI
Haziran 2000

ÖZET

Rüzgar enerjisinin genel tanımlamaları yapıldı. Çevre ile ilişkisi incelendi. Rüzgar santral ekonomisi ele alındı.

Dünya rüzgar enerjisi kurulu ve potansiyel gücü anlatılarak, Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde yapılan çalışmalara değinildi. Ülkelerin bu konudaki politikaları incelendi. Gelişmiş dünya ülkelerinin rüzgar enerjisi kullanımı ile ilgili hedefleri anlatıldı.

Rüzgar enerjisi formülasyonları incelendi. Rüzgar enerjisinin Potansiyel belirleme kriterleri anlatıldı. WASP (Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Yazılım programı) modeli anlatılarak, modelin rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemeye katkısı anlatıldı.

Türkiye rüzgar enerjisi kurulu ve potansiyel gücü incelendi. Ülkemizin rüzgar atlası çalışmaları hakkında bilgi verildi. Türkiye’de son dönemde yapılan ve hedeflenen rüzgar santrallerine yer verildi. Ülkemizin konu ile ilgili politikaları ve hedefleri anlatıldı.

Çevre dostu ve ucuz olması açısından ülkemizde rüzgar santrallerinin yaygınlaştırılması için yapılması gerekenler anlatıldı.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Atlası, Dünya’da Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Enerjisi Formülasyonu, Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

ABSTRACT

General definitions of the wind energy is given and contribution with its environment is examined. Also economy of the wind plant is considered.

By describing installed and potential power of the world's wind energy, studies performed in Europe and the Mediterranean countries are explained. their politics about the wind energy is examined. Developed world countries' targets about the use of wind energy is described.

Formulations of the wind energy is explained. Potential determination criteria of the wind energy is examined. By describing Wind Analysis Simulation Programme (WASP), addition of the model for determination of the wind energy potential is explained.

Installed and potential power of Turkey's wind energy is explained. It is given an information about the wind map's studies and wind plants which were installed in recent years and is going to be installed in the future in Turkey. Our country's targets and politics about the wind energy is described.

It is described what to do for the become widespread of the wind enery as it is convenient for environment and it is cheap.

Key Words: Wind Energy, Wind Map, The Wind Energy in The World, The formulation of the Wind Energy, The Wind Energy in Turkey

1. GİRİŞ

Türkiye ve Dünya'da ki gelişen uygarlıkla orantılı olarak artan enerji talepleri, bu alanda uzun vadeli, planlı ve bilimsel çalışmalar yapmayı gerektirmektedir. Bu amaçla , mevcutlar dışında yeni enerji kaynakları ve alternatif enerji türleri ile yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmaların yoğun olarak yapılması gereğini gündeme getirmektedir.

Uygun ve konvansiyonel birincil enerji kaynaklarından petrolün bilinen rezervlerinin bitmeye ve hesaplanan tahmini ömrünün sonuna yaklaşıldıkça enerji ihtiyaçları için gereken arz-talep dengesini kurmak daha da önem kazanmaktadır. Gelişmekte olan ve özellikle de kullanılması gereken enerjinin önemli bir kısmını ithal etmek durumunda olan ülkeler için sorunun önemi daha da büyüktür.

Öncelikle 1995 yılında yayımlanan VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, Türkiye'nin yakın gelecekteki elektrik enerjisi açığı ihtimaline şu şekilde dikkat çekilmektedir:"Son dönemlerde sektörde, büyüyen nüfusun ve gelişen ekonominin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak yapılması gereken yatırımlarda yetersiz kalınmıştır.1990 yılı sonrası gerçekleştirilen yatırımlar, ihtiyaçlar iki katına çıkmasına rağmen 1977-1987 arası dönemde gerçekleştirilen yatırımların yarısı düzeyine inmiş bulunmaktadır.

Özelleştirme çalışmalarından ve özel kesimden beklenen katkıların sağlanamaması, kamu yatırımlarının aşağıya çekilmesi ve mevcut çevre mevzuatı ve uygulanmasındaki sorunlar sektörde yatırımların planlı bir şekilde sürdürülmesini olumsuz şekilde etkilemiş, yakın dönemde elektrik açığı ihtimali ortaya çıkmıştır.

Enerji tüketimimizin yarına yakını petrole dayalı olarak karşılanmaktadır. Bu maliyet ekonomimiz için büyük bir yük oluşturmaktadır. İşletme ve maliyet açısından kömüre dayalı termik santraller rantabilitesini kaybetmektedir. Ayrıca yukarıda saydığımız diğer sebeplerden dolayı ülkemizde Alternatif Enerji Kaynakları arayışına gidilmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Altı bölümden oluşan bu çalışmada enerji açığı problemini doğrudan ilgilendireceğini düşündüğümüz Rüzgar Enerjisi anlatılacaktır. İkinci bölümde Gerekli tanımlamalar yapılmıştır.

Üçüncü bölümde Dünyadaki rüzgar enerjisi potansiyeline değinilmiş ve bu konuda Ülkelerin yaptığı çalışmalar incelenmiştir. Dördüncü bölümde rüzgar enerjisi için gerekli olan formülasyonlar anlatılarak, WASP modeli incelenmiştir. Beşinci bölümde Türkiyede ki rüzgar atlası çalışmalarına değinilerek Ülkemizdeki rüzgar potansiyeline geniş yer verilmiştir. Bu bölümde ayrıca ülkemizde son dönem çalışmaları anlatılarak, Gökçeada rüzgar potansiyeli verileri incelemiştir. Sonuç ve öneriler bölümünde ülkemizde rüzgar enerjisi potansiyelinden yararlanmak için acil yapılması gereken çalışmalar anlatılmıştır

Rüzgar Enerjisi ile ilgilenenlere küçük de olsa bir başvuru kaynağı olması dileğiyle...

1.1 Ön Bilgiler

Doğada elektrik enerjisi doğrudan doğruya kullanılabilir biçimde bulunmaz. Bununla beraber, çeşitli enerji türleri elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Elektrik üretiminde kullanılacak düzeyde kimyasal, mekanik ve ısıl kökenli enerji içeren ortamlara **birincil enerji kaynakları** denir.

Kullanılan birincil enerji kaynakları **tüklenen** ve **yenilen** kaynaklar olarak gruplanabilir. Tüklenen enerji kaynaklarının arasında taş kömürü, linyit, petrol ürünleri ve doğal gaz sayılabilir. Fosil yakıtlar olarak adlandırılan bu kaynakların yanması sonucunda elde edilen ısı, önce mekanik enerjiye, sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Elektrik enerjisi üretmek amacıyla yaygın biçimde kullanılan fosil yakıtlar (kömür, petrol) su potansiyel enerjisi ve nükleer enerjinin dışındaki birincil kaynaklara genel olarak **alternatif enerji kaynakları** denir. 1970 'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi ve nükleer santrallere karşı oluşan toplumsal tepkiler, araştırmacıları yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirmeye yöneltmişlerdir. En önemlileri aşağıda kısaca tanıtılacak olan bu kaynakların ortak özellikleri, doğal çevrim ile kısa zamanda kendilerini yenileyebilmeleri, çevreye fosil yakıtlar kadar çok zarar vermemeleri, nükleer enerjiye oranla daha az risk taşımaları ve buldukları ülkeleri enerji üretimini dışarı bağımlılığını azaltmalarındadır.

Bugün “ **alternatif enerji kaynağı**” olarak adlandırılan kaynaklardan bazıları çok eski çağlardan beri bilinmekte ve değişik biçimlerde kullanılmaktadır. Asıl önemli olan, bu kaynakların elektrik üretmek amacıyla ekonomik biçimde değerlendirilmesi ve fosil yakıtlar ile nükleer enerjiye alternatif oluşturulmasıdır. Yaklaşık 25-30 yıldır bu alanda çalışmalar yoğun biçimde devam etmektedir. Henüz bu tür kaynaklar ülkelerin enerji üretiminde belirgin orana ulaşamamıştır. Bununla beraber, dünyadaki fosil yakıt rezervelerinin tükenmekte, su potansiyelini de sınırlı olduğu düşünülürse, ileride enerji sorunun çözümünde, alternatif enerji kaynaklarının ne kadar önemli bir yer tutacağı açıkça görülür .



2. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisi, çevrime uğramış güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde özdeş ısıtmaması nedeniyle oluşan sıcaklık ve basınç farkları rüzgarı oluşturmaktadır. Rüzgar yüksek basınç alanından, alçak basınç alanına yer değiştiren havanın, Dünya yüzeyine göre bağıl olarak yaptığı harekettir. Yer değiştiren hava kütesine Dünya'nın dönmesinden kaynaklanan Coriolis kuvveti de etki eder. Ayrıca, rüzgarlar bir merkez çevresinde dolandıklarından, santrafuj kuvveti etkisinde kaldıkları gibi, yeryüzü ile hava arasındaki sürtünme kuvvetinden de etkilenirler. Kutuplar ve ekvator arasındaki hava akımlarına bağlı belli rüzgarlar varsa da, enerji üretimi açısından denizler, karalar, dağlar ya da vadiler arasındaki hava akımlarına dayalı yerel rüzgarlar önemlidir.

Rüzgarlar atmosferde bol ve serbest olarak bulunan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir kaynaktır. Doğası gereği kinetik enerji taşımaktadır. Atmosferin rüzgarı oluşturan brüt kinetik gücü $0,191 \times 10^{12}$ kW kadardır. Dünya'nın 50^0 kuzey ve güney enlemleri arasında rüzgar gücü potansiyelinin 3×10^9 kw olmasına karşın, ekonomik ve fiziksel planlamanın getirdiği sınırlılıklardan dolayı, 1×10^9 kw kapasitenin kullanılabileceği hesaplanmıştır.

Havanın özgül kütlesi az olduğundan, rüzgardan sağlanacak enerjinin miktarı hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise, hızının kübü ile orantılı olarak artar. Sağlayacağı enerji, gücüne ve estiği süreye bağlıdır. Özgül rüzgar gücü, hava debisine dik olarak, birim yüzeye düşen güçtür. Topoğrafik koşullara bağlı olarak, rüzgarın yerden 50 m yükseklikteki özgül gücü, hızı 3,5 m/s'den küçük iken 50 W/m^2 'den az, 11,5 m/s'den büyük iken 1800 W/m^2 'den çok olabilir. Dünya yüzeyinin % 27'sinde yıllık ortalama rüzgar hızının yerden 10 m yükseklikte 5,1 m/s'den büyük olduğu saptanmıştır. Bu alan rüzgar enerjisi bakımından zengin olan bölgelerin toplamıdır.

2.1 Tarihçesi

Rüzgar enerjisi kullanımı M.Ö. 2800 yıllarında Orta Doğu'da başlamıştır.M.Ö. 17. Yüzyılda Babil Kralı Hammurabi döneminde Mezopotamya'da sulama amacıyla kullanılan rüzgar enerjisinin,aynı dönemde Çin'de kullanıldığı belirtilmektedir. Yel değirmenleri,ilk olarak İskenderiye yakınlarında kurulmuştur. Türklerin ve İranlıların ilk yel değirmenlerini M.S. 7.yüzyılda kullanmaya başlamalarına karşın,Avrupalılar yel değirmenlerini ilk olarak Haçlı Seferleri sırasında görmüşlerdir. Fransa ve İngiltere'de yel değirmenlerinin kullanılmaya başlanması 12.yüzyılda olmuştur.

Avrupa,Haçlı Seferleri'nde kazandığı bu teknoloji ile,Roma İmparatorluğu'nun kaçırdığı bir serveti yakalamıştır. Roma İmparatorluğu gücünün zirvesinde iken,para basmak için gereken altın ve gümüşü Avrupa dışındaki eyaletlerinden sağlamaktaydı. Bu eyaletleri kaybettikten sonra,Avrupa'daki fakir madenlerin işletilmesi denenmiş,ancak,bu madenlerin yüzeysel kapasiteleri hızla tüketilip,derinlere inildikten sonra galerilerden su çıktığından,madenler terk edilmişti. Altın ve gümüş bulunamayınca paralara bakır katılmaya başlandı. Giderek artan parasal ve ekonomik bunalımla birlikte, o dönemin yüksek hızlı enflasyonu Roma İmparatorluğu'nun sonuna getirmişti. Avrupa'nın Orta Çağ karanlığından sıyrılmasında önemli etmenlerden birinin,Romalıların terk ettikleri madenlerin yeniden işletmeye açılması olduğu söylenir. Avrupalılar bunu yel değirmenleri yardımıyla,galeri diplerindeki suları dışarı pompalayarak,yani rüzgar enerjisini kullanarak başarmışlardır.

Tarımsal ürünleri öğütmek,su pompalamak,hızar çalıştırmak gibi amaçlarla geliştirilen yel değirmenleri,Avrupa'da Endüstri Devrimi'ne kadar hızla yayılmışlardır.18. yüzyılın sonunda yalnızca Hollanda'da 10.000 yel değirmeni bulunuyordu. Buhar makinesinin yapılması ve odun,kömür gibi yakıtlardan kesintisiz enerji üretimine başlanması ile rüzgar enerjisi önemini yitiriyordu. Bununla beraber,rüzgar türbini denilen ve elektrik üretiminde kullanılan ilk makineler 1890'ların başlarında Danimarka'da yapılmıştır. Aynı dönemde, bu makinelerin geliştirilmesi için Almanya'da önemli çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Rüzgar kuvvet makineleri yerlerini yakıtlı kuvvet makinelerine bırakırken,rüzgar enerjisi kullanımının sürmesi için yeni bir teknoloji de başlıyordu. Ancak,19.yüzyılda geliştirilen ilk rüzgar türbinlerinin verimleri düşüktü.

1918 yılında Danimarka'da başlatılan bir çalışma ile, 120 kırsal merkezde elektrik üretimi için 20-35 kW 'lık rüzgar türbinlerinin kullanımı sağlanmıştı. Rusya'da 1931 yılında 100 kW 'lık rüzgar türbini yapılmıştı. 1941 yılında ABD'de Vermont. Rutland yakınlarında Grandpa's Knob'da kurulan Putnam rüzgar türbini 1250 kW gücü ile o dönemin en büyük rüzgar kuvvet makinesi olmuştur. İki kanatlı rotorunun (çarkının) çapı 53 m idi. Putnam türbini modern rüzgar makinelerinin ilkidir. Toplam ağırlığı 250 ton olan bu rüzgar santralına, bir milyon dolar yatırım yapılmıştı. Ancak, titreşim ve malzeme yorgunluğundan dolayı, 26 Mart 1945 sabahı olan bir kazada kanatlarından biri kopmuş, yaklaşık 8 tonluk kanat 230 m uzağa fırlamıştır.

İkinci Dünya Savaşı'nın ardından 1945`de İngiltere'de başlatılan deneysel çalışmalar sonucunda, Enfield'da 100 kW gücündeki Andreau makinesi kurulmuştur. Bu rüzgar türbininin rotoru üç kanatlı olup, çapı 15 m idi. 1947 yılında Danimarka'da başlatılan ve modern yaklaşımlar içeren elektrik üretim amaçlı bir başka çalışmanın son ürünü ise, 1959 yılında işletmeye sokulan 200 kW'lık Gedser türbini olmuştur. Bu makinenin 24 m çaplı rotoru da üç kanatlı idi. Aynı dönemde Fransa'da yapılan makinelerden Nogent Le Roi'deki rüzgar türbini 300 kW gücündedir. Fransa'da 1958 yılında yapılan Avrupa'nın en yetkin rüzgar jeneratörünün rotor çapı 31 m olup, 3 kanatlı ve 800 kW gücündedir.

1961 yılında Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen "Enerjinin Yeni Kaynakları Konferansı"nda ele alınan üç kaynaktan biri rüzgar enerjisi idi. Böylece, çok eskiden bu yana tanınan rüzgar enerjisi, teknolojik gelişmelerle ele alınıyor, yeni ve yenilenebilir kaynaklar arasına sokuluyordu. 1961-1966 yılları arasında Almanya'da rotor çapı 35 m olan 100 kW'lık bir modelin geliştirilmesi üzerinde duruluyordu. 1970'lerde Danimarka'daki Gedser türbini, gücü 650 kW olan büyük türbinlerle değiştiriliyordu. Bu dönemde rüzgar jeneratörleri üzerinde İsviçre, Avusturya ve İtalya'da da teknolojik çalışmalar yapılmıştır. Amerika'da 1970'lerde büyük tip yatay eksenli makineler üzerinde yeniden çalışılırken, dikey eksenli Darrieus tipi makineler üzerinde de çalışmalar başlatılmıştır. Ucuz petrol döneminde güncellik kazanamayan rüzgar enerjisi, 1974-1978 yılları arasındaki yapay petrol bunalımlarının ardından, gündeme daha çok girmiştir.

Rüzgar enerjisinin gelişimine, 1980'li yıllarda Uluslararası Enerji Ajansı eşgüdümünde yürütülen araştırma geliştirme çalışmalarının büyük etkisi olmuştur. Artık, eski tip rüzgar jeneratörleri yerine, modern ve çağdaş rüzgar enerjisi çevrim sistemleri (WECS) kurulmaktadır. Ayrıca, rüzgar

türbiniyle beraber,dizel motor ve güneş fotovoltaik jeneratörü içeren rüzgar-dizel-PV hibrid sistemler de geliştirilmiştir. Bir tüketiciyi besleyecek tek makine yerine,birden çok türbin içeren rüzgar çiftlikleri ile elektrik şebekeleri için üretim yapılır olmuştur. ABD,Danimarka,Hollanda,İngiltere ve İsveç'in katkıları sonucunda,deniz üstünde,kıydan uzakta rüzgar santralleri kurulmuştur. Günümüzde şamandıra üzerine yerleştirilen rüzgar türbinleri de vardır.

Son onbeş yıldır ABD'de çıkarılan çevre yasalarıyla beraber,kamu özel kesim işbirliği de,bu ülkede rüzgar endüstrisinin gelişmesini sağlamıştır.1982-1992 döneminde Kaliforniya'da yaklaşık 15.000 rüzgar türbini kurulmuştur.1993 yılında Kaliforniya'nın rüzgar çiftliklerinden 3 milyar kWh elektrik üretilmiş ve bununla Kaliforniya elektrik üretiminin % 1,2'si karşılanmıştır Dünyanın en büyük rüzgar çiftliği ABD'de bulunan 370 MW gücündeki Altamount Pass Rüzgar Tesisi'dir.8160 ha alan bu çiftlikte 3500 adet 100 kW'lık ve 40 adet 300405 kW'lık türbin bulunmaktadı. Geliştirilen makinelerinin güçleri giderek büyütülüp,kurulu güçler artırılırken,fiyatların da aşağıya çekilmesiyle,rüzgar enerjisi alışılmış kaynaklarla rekabet edecek bir boyuta gelmiştir.

1994 yılında,dünyada toplam 742 MW'lık rüzgar tesisi kurulmuş olup,bu oran 1993 yılındakinden % 50 daha fazladır.1995 yılında eklenen kapasite ise, 1253 MW ile 1994 yılında eklenenin 1,7 katıdır.1996 Ocak ayı verilerine göre Dünya'nın kurulu rüzgar gücü 4991 MW'tır. Bunun 1872 MW'ı ABD'de,2311 MW'ı Avrupa'da,601 MW'ı Hindistan'da ve 207 MW'ı dünyanın diğer alanlarındadır. Avrupa'nın kurulu gücü 1989 yılında yalnızca 320 MW'tı. Bu güç 1991 yılında 643 MW,1993 yılında 1123 MW ve 1994 yılında 1723 MW olmuştur. Avrupa'da kurulu güç birinciliği 1993 yılında Danimarka'nın elinde idi.1994 yılından başlayarak birincilik Almanya'ya geçmiştir. İkinci sırada Danimarka,üçüncü sırada İngiltere yer almaktadır.Orta Doğu'da Golan tepelerinde de 6 MW'lık bir rüzgar tesisi 1993 yılında Almanlar tarafından kurulmuştur.

1987 yılında Almanya'nın kurulu rüzgar gücü 50MW iken,1994 yılında 632 MW'a çıkarılarak,Danimarka'yı % 17 oranında geçmiştir. Almanya'nın kurulu gücü 1995'de 932 MW'a yükseltilmiştir. İsveç'te 1990 yılında kurulan 220 kW'lık Nogensund türbini Avrupa'nın ilk deniz

üstü rüzgar türbinidir. İlk deniz üstü rüzgar çiftliği ise Danimarka'nın Vindeby adasında kurulmuştur. 11 adet 450 kW'lık makinesi olan 5 MW'lık bu çiftlik, 1991 yılı ortalarında işletilmeye başlanmıştır. 1994 yılında 539 MW olan Danimarka'nın kurulu gücü, 1995 yılında 614 MW'a çıkarılmıştır.

İngiltere'de 1993 yılında 202.000 MWh elektrik rüzgardan üretilmişken, 1994 yılında 316.720 MWh'a çıkarılmıştır. Bu da, 290.000 kişinin elektrik gereksinimini karşılamıştır. 1995 yılında, kurulu güç 170,5 MW'tan 190 MW'a çıkarılmıştır. İngiltere'nin Scottish Adası üzerindeki 3 MW'lık Orkney türbini dev türbin olarak adlandırılır. Hollanda 1000 MW kapasiteli dev rüzgar çiftliğini kurmaya girişmiş bulunmaktadır. Bu amaçla, 1 MW'lık ilk deneysel türbin 1994 yılında Spijk'de inşa edilmiştir. 1995 yılında Hollanda'da 202 MW, İspanya'da 163 MW, İsveç'de 55 MW, Yunanistan'da 46 MW ve İtalya'da 32 MW kurulu rüzgar gücü vardı. Yunanistan bazı Ege adalarına (Syros, Paros, Kea) telekomünikasyon güç gereksinimi için rüzgar türbinleri kurmuştur. Avrupa Topluluğu yeni ve yenilenebilir enerji teknolojilerini geliştirmek için Thermie ve Joule adlı iki program uygulamaktadır. Avrupa Yenilenebilir Enerji Ajansı ile Hollanda Ulusal Laboratuvarı, Avrupa rüzgar türbinlerinin standartlaştırılması için 1994 yılında bir çalışma başlatmış olup, Almanya, Yunanistan, Danimarka, İngiltere, İspanya ve İsveç de bu projeye katılmıştır. Çalışma 1995 yılında tamamlanmıştır.

2.2 Rüzgar Enerjisi ve Ekonomi

Türbin olmadan kullanılamayacağı için rüzgar enerjisinin de belirli bir maliyeti vardır. Amortisman süresi 25 yıl olan türbinin ABD'de iç piyasa fiyatı en az 750 \$ /kW'dır. Ancak, Avrupa ve dünya piyasasındaki modern rüzgar türbinlerinin fiyatı 1400 \$ /kW'a kadar çıkmaktadır. Bu enerji kullanımının gelişebilmesi için, bu miktarın 1000 \$ /kW düzeyine indirilmesi gerekmektedir. Rüzgar elektriğinin maliyeti ABD'de 5 cent/kWh'in altına ve 3,9 cent/kWh düzeyine düşürülmüşken, Avrupa'da çoğunlukla 0,05-0,065 ECU/kWh (6,4-8,3 cent/kWh) kadardır. ABD koşullarına göre, rüzgardan elektrik üretim maliyeti kombine gaz santralleri ve jeotermal santraller ile rekabet edebilmektedir. Rüzgar elektriğinin maliyeti güneş elektriğinin % 38-66'sıdır. İngiltere'de rüzgar elektriğinin birim maliyeti gaz santrallerinde üretilenin 1,4 katı, nükleer santrallerde üretilenin % 52'si, yeni kömür santrallerinde üretilenin ise % 71'i kadardır.

Rüzgar enerjisi dışarıya dayanmadığından, alışılmış kaynaklardan pahalı da olsa, ulusal ekonomi açısından kazançtır. Kaldı ki, alışılmış kaynaklarla ekonomik olarak rekabet edebilir boyutlara ulaşmıştır. Dünya türbin pazarı 2000 MW/yıl düzeyine ulaştığında, birim kurulu güç maliyetinin 750 /kW'ın altına düşmesi beklendiğinden, rekabet daha artacaktır. Rüzgar enerjisinin ulusal ekonomiye katkısı, yalnızca enerji dışalımını azaltması ve klasik santrallerle rekabet edebilir olması değildir. Ayrıca, yeni iş alanları ile istihdam olanağı yaratmaktadır. Rüzgar teknolojisi gelişmiş olan Danimarka'da rüzgar endüstrisinde 12.000 kişi çalışmaktadır.

Rüzgar enerjisi bedava enerji değildir. Rüzgarın fiyatı yoktur, ama taşıdığı enerjinin tutularak istenilen biçime çevrilmesi için yatırım ve harcama gerektiren WECS'e gerek vardır. Bu nedenle rüzgarda üretilen elektriğin bir maliyeti bulunur. Son onbeş yıl içinde sağlanan teknolojik gelişmeler ve verim artışları ile bu maliyet sürekli düşürülmüştür. Ortalama 25 yıl amortisman süresi olan WECS'ler için ilk yatırım gideri ABD'de 750 \$/kW düzeyine indirilmiştir. Ancak Avrupa ve dünya piyasasında modern rüzgar türbinlerinin kuruluş maliyeti 1400 \$/kW'a kadar çıkmaktadır. Rüzgar enerji kullanımının gelişebilmesi için bu fiyatın 1000 \$/kW'ın altında kalması gerekmektedir. Denizüstü rüzgar türbinleri kara tipi türbinlere göre 1.5-2 kat pahalıya kurulabilmektedir. Örneğin Danimarka Vindby rüzgar çiftliğinde maliyet 2930 \$/kW olmuştur.

Çizelge.1.1. kWh enerjinin üretim maliyeti (AREB-TŞ, 1999)

Güç Kaynağı	Minimum (cent)	Maksimum (cent)	Ortalama (cent)
Solar termal hibrid	6.0	7.8	6.9
Nükleer	5.3	9.3	7.3
Doğal Gaz	4.4	5.0	4.7
Hidrolik	5.2	18.9	12.1
Rüzgar	4.7	7.2	6.0
Kömür	4.5	7.0	5.8
Jeotermal	4.3	6.8	5.6
Biomass	4.2	7.9	6.1

Küçük güçlü makinalardan sağlanan enerjinin birim maliyeti büyük güçlülere göre daha yüksektir. Rüzgardan üretilen elektriğin birim maliyeti ülkelere göre değişmektedir. ABD'de 1981 yılında ilk rüzgar enerjisi projelerinde elektrik maliyeti 30 cent/Wh olarak görülüyordu. Onbeş yıl sonraki ABD koşullarında rüzgar enerjisi maliyeti 5 cent/kWh'dan küçük olup, 3.9 cent/kWh'a kadar inen uygulamalar vardır. Avrupa'da 0.05-0.065 ECU/kWh (6.4-8.3 cent/kWh) düzeyindedir. Almanya'da 7.5 pf/kWh (5.6 cent/kWh), İngiltere'de 4 p/kWh (6.2 cent/kWh) maliyetleri verilmektedir.

ABD koşullarında yapılan karşılaştırmaya göre rüzgardan elektrik üretim maliyeti kombine gaz santrallerinden ucuz, jeotermal ve güneş santrallerinden ise çok ucuzdur. Güneş elektriğine göre rüzgar elektriğinin maliyeti %38-36 sınırları arasında görülmektedir. İngiltere'de rüzgardan elde edilen elektriğin birim maliyeti gaz santrallerinden üretilen elektriğin maliyetinin 1.4 katı iken, nükleer santrallerden üretilenin %52'si, yeni kömür santrallerinden elde olunanın da % 71'i kadardır. Yukardaki maliyetler koşullara göre değişen göreceli değerlerdir.

Rüzgar enerjisi konvansiyonel kaynaklarla ekonomik olarak rekabet edebilir boyutlara ulaşmıştır. Dünya rüzgar enerjisi pazarı 2000 MW/yıl düzeyine ulaştığında, birim kurulu güç maliyetinin 750 \$ /kW'ın altına düşmesi beklendiğinden rekabet oranları daha artacaktır. Rüzgar enerjisinin ulusal ekonomiye katkısı, yalnızca enerji dışalımını ya da engellemesi ve klasik santrallerle rekabet edebilir maliyetlerde enerji üretimine olanak sağlaması değildir. Ayrıca yeni iş alanları ile istihdam imkanı sağlamaktadır Rüzgar teknolojisi gelişmiş Danimarka'da rüzgar endüstrisinde 12 000 kişi çalıştırmaktadır.

21. yüzyılın eşiği olan 2000 yılı için programlanan kurulu kapasite hedefi ABD'de 2800 MW, Avrupa'da 6340 MW, Asya'da 3817 MW ve tüm dünyada 13803 MW'dır. 2000 yılı Avrupa'sında en büyük kapasite 2000 MW ile Almanya'da olacak, onu 1000 MW ile Danimarka, 800'er MW ile İngiltere ve İspanya izleyecektir. Yunanistan'ın programlanan 2000 yılı kapasitesi 200 MW'tır. ABD'nin beklentisi, önümüzdeki 10-12 yılda rüzgardan üretilecek elektriğin diğer tüm kaynaklardan daha ucuz olacağıdır. Gelecek 10 yıl sonunda ABD elektrik üretiminin % 20'sini rüzgardan sağlamayı hedeflemiş bulunmaktadır.

Avrupa Birliği 2005 yılında birincil enerjinin %8'ini ve elektrik enerjisinin % 20'sini yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı hedefleyerek,elektrik üretiminde rüzgara %2'lik pay ayırmıştır.2005 yılında Avrupa'da kurulu rüzgar kapasitesi 12.000 MW olacaktır. Bunun için toplam 12 km² yerleşim alanı gerekmekte olup,bu yerleşim 1200 km²'lik bir alana (Avrupa yüzey alanının % 0.05'ine) yayılacaktır. Söz konusu rüzgar santrallarının bir bölümü deniz üstünde kurulacaktır. Örneđim Danimarka,2010 yılında kurulu kapasitesini % 10'u denizde olmak üzere 2000 MW'a çıkartmayı hedeflemiştir. Hedeflenen 12.000 MW'lık rüzgar kurulu gücü ile yılda 30.000.000 ton CO₂,2.000.000 ton uçucu kül,80.000 ton SO₂ VE 40.000 ton NO_x emisyonu engellenmiş olacaktır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği,kurulu kapasitenin Avrupa'da 2030 yılında 100.000 MW'a çıkacağını tahmin etmektedir. Bu değerin denizüstü payı % 25 'den az olmayacaktır.

2.3. Rüzgar Enerjisi ve Çevre

Temiz olsa bile rüzgar enerjisi teknolojisinin çevrede olumsuz değişiklikler yaratması kaçınılmazdır. Türbinlerin görsel ve estetik olumsuzlukları,gürültü yapması,kuş ölümlerine neden olması,haberleşmede parazitler oluşturması,2-3 km'ye kadar radyo ve TV alıcılarını karıştırmaları gibi istenmeyen etkileri ve kaza olasılıkları vardır. İngiltere'de 10 türbinden fazla veya 5 MW'tan büyük güçte olan rüzgar çiftlikleri çevre sorunlarından dolayı milli park alanlarında kurulmamaktadır. Rüzgar enerjisinin çevre için yadsınamayacak olumlu yanları vardır.Örneğin,ABD'nin en büyük tesisi olan KENETCH Windpower'ın 370 MW'lık Altamount Pass Rüzgar Tesisinin,yılda 461 400 ton CO₂ ve 423 ton NO_x emisyonunu engellediği bir gerçektir. İngiltere'de 1994 yılındaki rüzgar enerjisi kullanımının 350.000 ton CO₂ emisyonunu azalttığı rapor edilmektedir. Fosil yakıtlardan üretilen elektriğin yerine geçerek CO₂ emisyonunu azaltması ve dünya global ısınma sürecine fren koyması en büyük çevresel kazançtır.Fosil yakıtların CO₂, SO₂, NO_x emisyonu ile oluşturdukları çevre kirlenmesi ve bunun ekonomik zarar biçiminde yansıyan maliyeti vardır.Dış maliyet denilen bu maliyet bugün hiçbir biçimde 1-1.25 cent/kWh az olmayıp,enerji maliyeti üzerine eklenmesi gerekir. Rüzgar enerjisi için ise dış maliyet yoktur.

Rüzgar çiftlikleri ile yerleşim birimleri arasındaki uzaklığın 400 m olması gürültüden korunmayı sağlamakta ve bu koşulda taban gürültüye 5 dB (A) kadar gürültü eklenmektedir. Rüzgar çiftliğindeki gürültü 85 dB (A) olabilmektedir. Türbinden 400 m uzaklıkta 36,9 dB (A)'lik gürültü uygun görülmektedir. Ancak, bu uzaklıkta 56 dB(A)'lik bir gürültü olduğu kaydedilmiştir.

Toplum sağlığı açısından rüzgar enerjisi $0,2-0,6 \text{ PDL}^3/\text{MW.yıl}$ parametresi ile değerlendirilir. PDL, çevrede yaşayanlar için kayıp gün sayısıdır. Hastalık tipi kazalar ise WDL parametresi ile ölçülmekte olup, WDL işgünü kaybını göstermektedir. Rüzgar enerjisi için $0,4-10 \text{ WDL}/\text{MW.yıl}$ kadardır. Ayrıca, istatistiklere göre, 1000 MW başına yılda zarar verici 3 kaza olabilmektedir. Ölüm oranı ise 1000 MW başına yılda 0,09 ile 0,6 arasındadır.

Rüzgar enerjisinin çevre için yadsınamayacak olumlu yanları vardır. Örneğin, ABD'nin 370 MW'lık Altamount Pass Rüzgar Tesisi, yılda 461.400 ton karbondioksit ve 423 ton azot oksit yayılımını engellemektedir. İngiltere'de 1994 yılındaki rüzgar enerjisi kullanımının 350.000 ton karbondioksit tasarrufu sağladığı bildirilmektedir. Böylece, rüzgar enerjisi küresel ısınma sürecinin yavaşlamasına katkıda bulunmaktadır.

3. RÜZGAR ENERJİSİNİN DÜNYADAKİ KULLANIMI

Rüzgar enerjisi diğer yenilenebilir kaynaklarla ortak özelliklere sahip,büyük potansiyeline karşın dağınık karakteristikli bir enerji kaynağıdır. Endüstri devrimi sırasında yerini geniş çapta diğer kaynaklara bırakmıştır.1973 Petrol Krizi,rüzgar enerji teknolojisini şebeke bağlantılı elektrik üretimi,su pompajı ve uzak yerleşim yerlerinde enerji temini konularında harekete geçirmiştir.Günümüzde bu ilgi çevresel sorunlar nedeniyle,daha da canlanmıştır.

Elektrik üretimi için rüzgar türbinlerinde son 20 yılda muazzam ilerlemeler sağlanmıştır.Özellikle ABD,Danimarka,Hollanda,Almanya,Diğer Batı Avrupa,Hindistan,Çin ve Kanada'da olmak üzere ~3000 MW şebeke bağlantılı kurulu güç tesis edilmiş olup,üretim~4250 GWh düzeyine erişmiştir.

Rüzgar enerjisinin diğer bir uygulama alanı su pompajıdır.18.yy'da ve bu yy'ın birinci yarısında geniş çapta kullanılan rüzgar mekanik su pompaj sistemlerinde 1950-1960'larda oldukça ani düşüşler görülmüş olup,bu sistemler yerini motorlu pompalara bırakmıştır.Ancak rüzgar enerji kaynaklı su pompajı için Arjantin,Çin ve Güney Afrika'da hala bir pazar bulunmaktadır.Halen dünya çapında 1 000 000 su pompaj sisteminin işletilmekte olduğu tahmin edilmektedir.

Günümüzde rüzgar enerjisinin önemli şebeke bağlantılı elektrik üretim sistemleri içindir.Halen elektrik arzında sınırlı bir katkısı olmakla birlikte,söz konusu katkının 2020 yılında,450.000 MW kurulu rüzgar gücü kapasitesi kullanılarak ~900 TWh / yıl üretim düzeyine erişebileceği tahmin edilmektedir.Klimatolojik,ekonomik,kurumsal ve teknolojik faktörlerin dışında uzun dönemdeki konvansiyonel enerji maliyetleri dikkate alındığında,rüzgar enerjisi uygulamalarının gelişmekte olan ülkelerde elverişli olacağı öngörülmüştür.Bu potansiyele haiz ülkeler Ürdün,Hindistan,Pakistan,Çin,Moritanya,Fas ve Şili'dir.

Çizelge 3.1: Dünya Rüzgar Enerji Kurulu Gücü ve Enerji Üretimi.

Ülkeler	Kurulu Güç	Elektrik Üretimi
	MW	GWh
ABD	15570	25000
Almanya	47.0	-
Avustralya	-	125.0
Belçika	4.2	8.1
Çin	5.0	28.0
Danimarka	412.0	744.0
Eski SSCB	3.0	5.1
Güney Amerika	50.0	-
Hindistan	6.0	-
Hollanda	45.0	31.0
İngiltere	8.8	29.0
İspanya	7.7	9.6
İsveç	7.7	9.6
Japonya	1.0	-
Kanada	5.0	3.1

- Bilinmeyen veya sıfır

Çizelge 3.2: Rüzgar Enerjisi Tahmini Potansiyeli ve hedeflenen Kapasiteleri

Ülke	Tahmini Potansiyel	Hedeflenen Kapasite	
	MW	MW	Hedef Yılı
Çin	1600 GW	100-200	2000'de
Danimarka		1000	2000'de
Finlandiya	11-16 TWh/yıl	20-35	2000'de
Almanya	2.7 GW (ekonomik)	250	1995'de
Yunanistan	6.4 TWh/yıl	150	2000'de
Hindistan	20 GW		
İtalya		300	2000'de
Ürdün		50	2010'da
Hollanda		1000	2000'de
Norveç	14 TWh/yıl		
İspanya	100	1993'de	
İsveç	30TWh/yıl	100	1996'da
İngiltere	45 TWh/yıl onshore		
ABD	2500 GW	4000-8000	20007de
C.I.S.	2000 TWh/yıl		

Enerji üretiminde kullanılabilir rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 26.000 TWh/yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu potansiyele haiz yöreler 50⁰ kuzey-güney enlemleri arasında bulunmaktadır. Ekonomik, estetik ve fiziksel planlama limitleri dikkate alındığında potansiyelin 1/3'ünün (~ 9000 TWh/yıl) gerçekleştirilebileceği öngörülmüştür.

Dünya Meteoroloji Organizasyonunca geliştirilen rüzgar kaynağı haritasında, dünya yüzeyinin % 25'inin yıllık ortalama rüzgar hızının, yerden 10 metre yükseklikte, 5.1 m/sn'den büyük olabileceği tahmin edilmektedir.

Çizelge 3.3 : Yerden 10 m yükseklikte dünya rüzgar enerjisi kaynağı

	Rüzgar hızı 6.0-8.8 m/s		Rüzgar hızı 5.6-6.0 m/s		Rüzgar hızı 5.1-5.6 m/s	
AFRİKA	200	% 1	3.350	% 11	3.750	% 12
AVUSTRALYA	550	% 5	400	% 4	850	% 8
ASYA	200	% 1	450	% 2	1.550	% 6
KUZEY AMERİKA	3.350	% 15	1.750	% 8	2.550	% 12
GÜNEY AMERİKA	950	% 5	850	% 5	1.400	% 8
AVRUPA SOVYETLER VE GRÖNLAND	3.100	% 10	2.750	% 9	3.550	% 12
TOPLAM	8.350	% 6	9.950	% 7	13.650	% 10

Alanlar 1000 km² ; Rüzgar hızları yıllık ortalamadır.

3.1 Avrupa'da Rüzgar Enerjisi İle İlgili Yapılan Destekler

3.1.1 Avusturya

Yenilenebilirler için (özellikle biomass) olan destekler,ulusal bakanlıklar,bölgesel hükümet ve yerel yetkililerden alınan hibeler veya subvansiyon kredilerine dayanır. Bölgesel enerji kurumlarının iyi olan alt yapısı projelerinin planlama ve yönetimini destekler. Projelerden elde edilen üretim için standart bir ödeme yoktur.

3.1.2 Danimarka

Danimarka Hükümeti ile olan antlaşma şebekelerin yenilenebilir enerji için tüketici fiyatlarını %85'ini ödemeleri şeklindedir. Buna ek olarak hükümet enerji vergisi geri ödemesi (elektrik şirketlerinden üreticiye doğrudan ödeme),enerji vergisi üzerinden ödenecek KDV ve karbondioksit vergisine izin verir. Bu,standart ödemeyi yaklaşık ikiye katlar. Bu ödemelere hak kazanmak için hiçbir rekabet gerekmez ancak projeler önceden planlama onayı ve finans kaynağına sahip olmalıdır.

3.1.3 Fransa

Yeni teşvik programı altında yenilenebilir geliştiricileri güç satın alma sözleşmeleri için rekabet ortamında teklif vermişlerdir. Bu uygulama, açık Pazar içerisinde yenilenebilirler rekabet edinceye kadar fiyatların aşağıya çekilmesi amacı ile İngiltere'nin NFFO (Fosil Olmayan Yakıt Zorunluluğu)'na benzerdir. Özel bir tarife olmayacaktır ancak üst ve alt sınırlar vardır. Fransa'nın 2005 yılına kadar 500 MW'lık yenilenebilir hedefinde rüzgara öncelikli bir durum verilmektedir.

3.1.4 Almanya

1991 yılında Elektrik İhtiyacı Sağlanan Kanunu ile, yenilenebilir enerji üreticileri için ortalama satış fiyatının %90'ından oluşan standart bir ödeme şekli belirlendi. Seçilebilirlik rekabete dayanmaz fakat ödemeler hala program yöneticilerinin takdiri altındadır. Önceden planlama izinleri gereklidir. Bazı bölgesel hükümetler de ödemeler yapmaktadır. Daha küçük şirketler Deutsche Ausgleichbank aracılığıyla daha ucuz krediler elde edebilirler.

3.1.5 Yunanistan

Yenilenebilirler için tesis subvansiyonları, vergi kredileri ve uygun amortisman oranları, elektrik üreticilerine ürettikleri güç için doğrudan ödeme sistemi ile 1994 yılından beri desteklenmektedir. Kendi tüketimi için elektrik üreten ve artan gücü şebekeye satan üreticilere tüketici fiyatının %70'i "bağımsız güç üreticilerine" ise % 90'ı ödenir. Bu yeni kanun ulusal elektrik kurumuna bağımsız üreticilerden 50 MW üst sınıra kadar yenilenebilir enerjiyi satın alma zorunluluğunu da koyar.

3.1.6 Hollanda

1996'nın başından beri yenilenebilirler için ana para hibelerinden vergi teşviklerine kayan destek sistemi işlemektedir. Rüzgar geliştiricileri ve Hollanda Elektrik Birliği arasındaki antlaşma altında 2 MW'a kadar rüzgar enerji projeleri için standart fiyat 16.3 cents/kWh'dir. Bu değer, 7.9 cents'lik "kaçınılan maliyet" e 5.4 cents'lik çevresel kredi artı 3 cent'lik ekolojik vergi geri ödemesi eklenerek elde edilir. "Yeşil" elektriğin KDV'si %17.5 'den % 6'ya düşürülmüştür.

Yeşil yatırım fonları için yeni vergi indirim programı ve cesaretlendirme de vardır.

3.1.7 İsveç

Türbinlerin ana maliyetinin %35'ine kadarını öneren 240 milyon Skr'luk yatırım programı 1991 yılında açıklamış ve 1995 de zirveye ulaşmıştır. Şu anda rüzgar enerji üreticilerine 0.09 Kr/kWh'lik yeni çevresel ödemeler de yapılmaktadır.

1996'nın başındaki elektrik özelleştirmesinden beri, tüketicilerin kendi güçlerini nereden satın alacaklarını seçme hakları vardır. Bu hem tüketiciler hem de küçük işyerlerinin kaynaklarını rüzgar enerjisinden seçmeleri ile "yeşil elektrik" projesi ile sonuçlanmaktadır.

3.1.8 İngiltere

Fosil Olmayan Yakıt Zorunluluğu'nun (Non Fossil Fuel Obligation), belli bir miktar yenilenebilir elektrik satın almak için elektrik şirketlerine ihtiyacı vardır. Üreticilere şirketler tarafından

teşvikli fiyat ödenir. Bu daha sonra fosil yakıt zorunlu vergisinden telafi edilir. Ödeme tüm tüketicilerin elektrik faturalarına eklenir.

Bu sistem altındaki sözleşmeler,rüzgarı içeren her bir teknoloji için sınırlar içerisinde rekabete dayanacak şekilde ödüllendirilmektedir. Hem ödüllü sözleşmelerin kapasite miktarı hem de nihai fiyatın belirleme yöntemi başarılı her bir ihale raundu ile değişmektedir. Ancak sistemin özü en düşük fiyatlı elektriğin sözleşmeyi alması şeklindedir.

3.2 Akdeniz Ülkelerindeki Rüzgar Enerjisi Faaliyetleri

Akdeniz Ülkelerinden İtalya,İsrail, İspanya ve Yunanistan'da rüzgar enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

3.2.1 İtalya

İtalya halen elektriğin % 78'ini dış ülkelerden satın almakta,oyşa bu oran başlıca sanayileşmiş ülkelerde %2 ile % 8 arasında değişmektedir. Bu ithalat hem ekonomik hem de politik bir yığın risk içermektedir. Yeni enerji kaynaklarına yönelmekle hem bu riskler kalkmış olacak hem de fosil kökenli yakıtların yol açtığı çevre kirliliği azalacaktır. Bunları göz önüne alan hükümet bir enerji planı hazırlamıştır.

1. Enerji tasarrufu yapmak
2. İnsan sağlığının ve çevrenin korunması
3. Ülkedeki enerji kaynaklarının geliştirilmesi
4. Dışarıdan alınan enerji jeo-politik olarak farklı yörelere bölmektir.

Bu amaçları gerçekleştirmek için ENEL (İtalya Elektrik Kurumu) çok iddialı ve hatta hırslı denilebilecek planlar hazırlamıştır. Önümüzdeki yıllara kadar 300 -600 MW'lık rüzgar türbini tesis edilecektir. (Şu anda 25 MW'lık türbin tesis edilmiştir.)

Önceleri İtalya'nın coğrafik olarak uygun olmadığı sanılmasına rağmen, son 10 yılda yapılan ölçümlerden sonra güney kıyılarında, Apenin dağlarında ve adalarda yüksek rüzgar potansiyeli

olan yerler belirlenmiş ve bir çok şirket ve kuruluş buralarda çalışmaya başlamıştır. Bu şekilde, başlangıç olarak,

- 225 kW'lık MEDİD aerogeneratörü
 - 200 kW'lık M 30 aerogeneratörü
- şirketler tarafından gerçekleştirilmiştir.

- ENEL şu anda 50 meteoroloji istasyonunda rüzgar enerjisi amaçlı veri almaktadır.
- ALTA NURRA'da 500 kW'lık bir rüzgar türbini tesisi elektrik şebekesine bağlanmıştır.
- 1993 yılında herbiri 10 MW'lık iki rüzgar çiftliği yapılmıştır.
- İtalyan şirketleri de rüzgar türbinleriyle yakından ilgilenmekte, gerek uzak izole bölgelerde kullanım ve gerekse şebekeye bağlı elektrik üreten türbinler imal etmektedirler.
- Riva Calzoni 200-350 kW'lık türbinler imal etmektedir.

Sonuç olarak İtalya'da 5 milyar kW'lık rüzgardan elektrik üretebilme potansiyeli vardır ve teknolojinin gelişmesiyle bu miktar iki katına çıkabilecektir. Önümüzdeki yıllara kadar bu potansiyelin 1-2 milyar kWh'lık kısmının kullanılacağı hedeflenmektedir. Ancak uzun vadede bu miktarı tam olarak tahmin etmek ya da maliyetini kestirmek zordur. Ancak konvansiyonel kaynaklarla yarışabileceği sanılmaktadır.

3.2.2 İsrail

İsrail Elektrik Şirketi ilk büyük rüzgar türbinlerinin sonucunda cesaretleterek geniş bir rüzgar çiftliği kurmuştur. Yeni kurulan sistemler Yodh fath yükseltilerinde ve Aşağı Galilee düzlüklerindedir.

1987 kışında denenmiş olan 22 m. çapındaki rüzgar jeneratörü beklenilenden iyi netice vermiştir. 20 ile 90 km/h arasındaki rüzgar hızlarında çalıştırılan türbin 8 aydan az bir zamanda herhangi bir problem çıkarmadan 2200 saatten fazla çalışmış 120.000 kWh elektrik üretmiştir. Bu deneyime dayana Elektrik Şirketi 15 ilave rüzgar türbini kurmuştur. Herbiri yaklaşık 50 m. çapında 1.5 MW rated çıkışlıdır.

3.2.3 İspanya

WEG Ltd. MS-2 rüzgar türbini Tenerife'ye kurulmuştur. Burası ülkenin güneyinde Reina Sofia hava alanına, kuzey-batı yönünde yaklaşık 10 km uzaklıkta olup, kuzey-doğu ticari rüzgarlarına oldukça açıktır. Sisrtem kıyıda 150 m mesafede ve deniz seviyesinden 20 m yükseklikteki bir sırt üzerindedir. Bu sebeple 8 m/s'nin üzerinde bir rüzgar rejimine sahiptir. Proje CEC tarafından desteklenmiş olup, DG-XVII rüzgar enerjisi demonstrasyon programına dahildir. Sistem WES/US tarafında %95 elde edilebilirlik ve %27 kapasite faktörü ile başarı ile kullanılmaktadır.

3.2.4 Yunanistan

Yunan hükümetinin raporuna göre önümüzdeki 2010 yılına kadar olan yıllık enerji talebinin (şu anda 30 000 GWh civarında) yerli imkanlarla karşılanan kısmını %10'nu rüzgar enerjisi ile karşılanabileceği tahmin edilmektedir. 2001 yılına kadar kurulu gücü 100MW olan rüzgar türbinlerinin kurulması planlanmaktadır. Rapor, yeni kurulan Yeni Enerji Kaynakları Merkezi tarafından hazırlanmış olup, hükümetin bu konudaki politikasının önemli adımlarını göstermektedir.

3.3 2005 Yılında Rüzgar Teknolojisinin Muhtemel Durumu

Bugün dünya üzerinde 5334 MW' Amerika kaliforniya eyaletinde yoğunlaşmıştır.

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 amadeligi (availability) 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.

3.3.1 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 subvansede 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

3.3.2 Teknik 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 uzaklıkta 1 MW ile 100 kW'lık türbinlerin 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 inanmaktadır. Ancak Kuzey Avrupa'da tarıma açık alanlarda (yüzey

pürüzlülüğü=1) kW /h başına üretilen enerji maliyetinin,tarama alanının m²'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 dayanmaktadır.

3.3.3 Perspektifler

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.

3.3.4 Teknoloji

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

3.3.5 Finansman 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 hala Dünya Bankası,çeşitli ulusal gelişim ajansları ve diğer yardım organizasyonları gibi uluslar arası yardım ve finans kurumlarıdır.

3.3.6 Politika

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

Uluslar arası 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.

3.3.7 Yer Seçimi

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.

3.3.8 Enerji Sistemi 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.

3.3.9 Rekabet

Teknolojik gelişimimizin çevresel sonuçları hakkında oluşan ilgi ile 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 Photovoltaic : 0.3 ECU/kWh

Biyoyakıt : 0.05 ECU /kWh

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

4. RÜZGAR ENERJİSİ FORMÜLASYONU

Rüzgar enerjisinin basınç ve mutlak sıcaklığı da göz önünde tutarak hesap edilmesi Şen (1994) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$E_u = \frac{1}{2R} \left(\frac{P}{T} \right) V^3 \quad (4.1)$$

Burada E_u birim alana birim zamanda rüzgar enerjisi miktarını; P basıncı; T mutlak sıcaklığı; V rüzgar hızını ve Rüzgar gaz sabitini gösterir.

4.1 Enerji Oranları

Denklem (4.1) bir yerde rüzgar hızı, basınç ve sıcaklık verilerinin ölçülmesi halinde rüzgar enerjisinin doğrudan hesabına yarar. Ancak birbirinden farklı i ve j ile nitelendirilen iki konumda rüzgar enerjisi oranlarının alınması ile bu denklemden

$$\frac{E_{ui}}{E_{uj}} = \left(\frac{P_i}{P_j} \right) \left(\frac{T_j}{T_i} \right) \left(\frac{V_i}{V_j} \right)^3 \quad (4.2)$$

elde edilir. Bu son ifadenin sağ tarafındaki ilk oran meteorolojide sigma şeklinde adlandırılan koordinat sistemine benzer. Halton (1979) isobarik koordinat sisteminin birçok faydasından bahsederek dalgaların tamamen filtrelendiğini söylemiştir. Diğer taraftan, yeryüzü basıncı olan P_j ile normalleştirilmiş basınç $\sigma_{ij} = (P_i/P_j)$ 'dir. Buradan σ_{ij} değerinin yeryüzünde 1, ama atmosferin tepesinde 0 değerini aldığı anlaşılır.

Sıcaklık oranı $T_{ji} = (T_j/T_i)$ ise troposfer içinde $T_j > T_i$ olduğundan $T_{ji} < 1$ dir. Sadece inversiyon tabakasının bulunması halinde $T_{ji} > 1$ olacağı anlaşılır. Son olarakta, yeryüzündeki pürüzlülüğün düşey etkisi ile $V_i > V_j$ ve benzer olarak ta hız oranı $v_{ij} = V_i/V_j$ olup daima birden büyüktür. Bütün bu oran tanımlarının denklem (3.2)'de yerine konulması ile

$$E_{ij} = \sigma_{ij} T_{ji} v_{ij} \quad (4.3)$$

elde edilir. Burada e_{ij} enerji oranını göstermektedir. Bu son ifadenin çeşitli eşit değerli meteoroloji yüzeylerinin düşünülmesi ile aşağıdaki yorumları yapılabilir.

(a) **Isobarik Yüzeyler:** Böyle yüzeylerin i ve j gibi değişik iki noktasındaki basınçlar birbirlerine eşit olacağından $\sigma_{ij} = 1.0$ dir ve denklem (4.3) basitçe

$$E_{ij} = T_{j,i} v_{i,j} \quad (4.4)$$

Haline dönüşür. Bu son ifade sadece sıcaklık değişimleri dolayısı ile rüzgar enerjisindeki değişimleri verir. Fiziksel olarak eğer $T_{j,i} < 1.0$ ise $v_{i,j} > 1.0$ dir.

(b) **Isotermal Yüzeyler:** Bir yüzey boyunca her tarafta sıcaklığın aynı olması halinde bu durum ortaya çıkar ve $T_{ij} = 1.0$ dir. Böylece bu durumlarda rüzgar enerjisi sadece basınçta olan farklılıklar sonucunda ürer. Denklem (4.3) denklem (4.4)'e benzer hale gelir ve

$$e_{i,j} = \sigma_{i,j} v_{i,j} \quad (4.5)$$

olur. Hava daima yüksek basınç merkezinden alçağa doğru akar ve bu akış esnasındaki sürtünmeden dolayı rüzgar hızı alçak merkeze doğru şiddetini yitirir, bundan dolayı da $v_{i,j} > 1.0$ için $\sigma_{i,j} > 1.0$ olması veya aksi beklenir.

4.2 Düşey Rüzgar Hızı Değişimi

Sabit bir yer ve zamanda rüzgar enerjisinin sadece yeryüzünden olan yükseklik ile olan ilişkisi araştırılabilir. Bennett et al (1983) yüksek atmosfer verilerinin alçak atmosferdeki rüzgar enerjisine olan etkilerini araştırmıştır. Burada önce düşeyde hiç sıcaklık farkının bulunmadığını var sayan sabit sıcaklık durumu incelenecektir. Bu durumda, rüzgar enerjisinin oluşmasını sağlayan diğer değişkenler basınç ve rüzgar hızıdır. Bu düşey basınç değişimi birçok ders kitabında

$$P(h) = P_0 \exp\left(-\int_0^h \frac{dh}{H}\right) \quad (4.6)$$

Şeklinde verilmiştir. Burada $H = RT/gM$ atmosferin yerel ölçek yüksekliği olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, M atmosferin ortalama moleküler ağırlığını gösterir. Bazı yazarlara göre bu değer atmosferin 100 km yüksekliğine kadar sabit olarak kabul edilebilir. Bundan başka, burada 100 km'ye kadar değişimi % 5 kadar olduğundan ihmal edilebilir. Sonuç olarak isotermal atmosferde denklem (4.6)

$$P(h) = P_0 e^{-h/H} \quad (4.7)$$

şeklinde yazılabilir. Burada H basıncın $e^{-1}=0.37$ değerine azaldığı atmosfer yüksekliğini gösterir.

Diğer taraftan atmosferin sabit bir lapse rate, β 'ya sahip olduğu düşüncesi ile h yüksekliğinde sıcaklık $T=T_0-\beta h$ olarak hesaplanır ki burada T_0 ise P_0 basıncındaki sıcaklığı gösterir. Böyle bir durumda basıncın yükseklikle değişimi

$$P(h) = P_0 \left(1 - \frac{\beta h}{T_0}\right)^{3.41/\beta} \quad (4.8)$$

ifadesi ile verilir. Burada β biriminin $^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ cinsinden olduğuna dikkat edilmelidir. Basıncı-yükseklik ilişkisinin fiziksel bir esası olmasına karşılık hız-yükseklik bağıntısı tecrübi bir esasa dayanmaktadır. Bu bağıntılardan en yaygın olarak kullanılanı kuvvet kanunu şeklinde olup aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$V(h) = V_m \left(\frac{h}{h_m}\right)^{\gamma} \quad (4.9)$$

burada V_m , h_m yüksekliğinde ölçülen hız değerini gösterir, γ ise ölçüm istasyonu etrafındaki yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Denklem (4.8) ve (4.9) denklem (4.2)'de yerine konulduktan sonra gerekli cebir işlemlerinin yapılması ile

$$\frac{E}{E_m} = \left[\left(1 - \frac{\beta h}{T_0}\right) / \left(1 - \frac{\beta h_m}{T_0}\right)^{-1} \right] \left(\frac{h}{h_m} \right)^{3\gamma} \quad (4.10)$$

bulunur. Bu denklem genel olarak rüzgar enerjisinin yükseklikle değişimini verir. Uluslararası Hava Navigasyonu Komitesi (International Commission for Air Navigation, ICAN) standart atmosferi 11 km'ye kadar $p_0=1013.2$ milibar; $T_0=288$ $^{\circ}\text{K}$ ve $\beta=0.65$ $^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ olarak tanımlamıştır. Bu değerlerin denklem (4.10)'da yerlerine konulması sonunda

$$\frac{E}{E_m} = \left(\frac{1 - 2.25 \times 10^{-5} h}{1 - 2.25 \times 10^{-5} h_m} \right)^{4.25} \left(\frac{h}{h_m} \right)^{3\gamma} \quad (4.11)$$

elde edilir.

4.3 Meteorolojik Rüzgar Enerjisi Dinamiği

Atmosferdeki dinamik olayları tasvir etmek için kullanılan enerjinin, kütlenin ve momentumun korunumu kanunları nasıl her nokta ve zamanda uygulanabiliyorsa, benzer olarak basınç, nem ve sıcaklık gibi meteorolojik verilerde zaman ve konumla değiştiklerinden, bunların fonksiyonu olan enerji de zaman ve uzay ile her an değişir. Denklem (4.1)'deki enerji ifadesi kısaca

$$E = \alpha \frac{P}{T} V^3 \quad (4.12)$$

şeklinde yazılabilir ki burada $\alpha=1/2$ rüzgar dir. Aşağıdaki enerji değişimi hesaplarında enerjinin birim hacimdeki değişimi kastedilmektedir. Önce Eulerian çerçevede enerji değişiminin sabit bir noktada ne olduğu araştırılarak başlanır. Fonksiyonu olduğu meteorolojik değişkenler cinsinden enerji değişimi, dE , Taylor serisine açılıp birinci dereceden yaklaşım göz önünde tutularak

$$dE = \left(\frac{\partial E}{\partial P} \right) dP + \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right) dT + \left(\frac{\partial E}{\partial V} \right) dV + \omega \quad (4.13)$$

elde edilir. Burada ω daha yüksek mertebeden yaklaşımların sebep olduğu hatayı gösterir. Denklem(4.12)'den kısmi türevlerin burada yerine konulması ile

$$dE = \alpha \left(\frac{V^3}{T} dP - \frac{P}{T^2} V^3 dT + 3 \frac{P}{T} V^2 dV \right) \quad (4.14)$$

bulunur. İşte bu son ifade enerjinin meteorolojik ve zaman değişkenlerine göre nasıl değiştiğini hesap etmemize yarar.

(a) **Hız ile değişim:** Denklem (4.14)'nın rüzgar hızındaki çok küçük değişme, Dv , bölünmesi sonucunda

$$\frac{dE}{dV} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dV} - \frac{P}{T^2} V^3 \frac{dT}{dV} + 3 \frac{P}{T} V^2 \right) \quad (4.15)$$

bulunur. Burada dE/dV rüzgar enerjisindeki hız artım veya azalımına karşı gelen enerji değişimi miktarını gösterir. Benzer olarak hız artımı ile basınç ve sıcaklık değişimleri de, Dp/dV ve dT/dV , tesbit edilebilir.

(b) Sıcaklık ile değişim: Yine denklem (4.13)'ün dT ile bölünmesi sonucunda

$$\frac{dE}{dT} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dT} - \frac{P}{T^2} V^3 + 3 \frac{P}{T} V^2 \frac{dV}{dT} \right) \quad (4.16)$$

elde edilir.

(b) Basınç ile değişim: Benzer olarak basınç ile olan değişim yapılan basit bölme işleminin sonunda

$$\frac{dE}{dP} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} - \frac{P}{T^2} V^3 \frac{dT}{dP} + 3 \frac{P}{T} V^2 \frac{dV}{dP} \right) \quad (4.17)$$

olarak bulunur. Bu son üç ifadenin yorumlanması ile aşağıdaki önemli sonuçlara varılabilir.

(a) Bir yerde basınç, sıcaklık ve rüzgar hızında hiç değişmelerin olmaması halinde bu üç ifade de denklem (4.1)'de verilmiş olan enerji formülüne indirgenmiş olur. Ancak bu duruma pratikte pek rastlanılmaz ve bu sebeple de denklem (4.1)'in kullanılması sadece anlık hesaplar veya küçük zaman dilimlerindeki ortalama değişkenlerin kullanılması için doğru olur.

(b) Şayet basınç ve sıcaklık değişimleri olmayıp ta sadece rüzgar hızında değişimin bulunduğu var sayılırsa bu takdirde denklem (4.14)'den

$$\frac{dE}{dV} = 3\alpha \frac{P}{T} V^2 + \omega_{PT} \quad (4.18)$$

bulunur ki hatanın miktarı, \in_{PT} ,

$$\dot{W}_{PT} = \alpha \left(\frac{V^3}{T} \frac{dP}{dV} V^3 \frac{dT}{dV} \right) = \alpha \frac{P}{T} V^3 \left(\frac{1}{P} \frac{dP}{dV} - \frac{1}{T} \frac{dT}{dV} \right) \quad (4.19)$$

şeklinde hesaplanır.

Böylece bu kısımda rüzgar hızı, sıcaklık ve basınç gibi meteorolojik değişkenlerin birinde veya tümünde zaman ve konumla ile olabilecek değişiklikler halinde bunların rüzgar enerjisi formülasyonuna nasıl yansıtılacağını gösteren analitik ifadelerin bulunmasına çalışılmıştır. Bazı faktörlerin sabit kabul edilmesi ile ortaya çıkacak hata miktarları hakkında fikirler oluşturulmuştur.

4.4 Rüzgar Enerji Sistemi Ve Kontrolü

Günümüzde proje ve prototip geliştirmesi sonrası, rüzgar enerjisi uygulamaları büyük bir oranda gelişme göstermektedir.

Öncelikli olarak A.B.D. VE Danimarka'da kullanılan rüzgar türbinleri, günümüzde enerji üretiminde ve planlamasında önem kazanmaktadır. Üretilen ve planlanan enerjinin optimal bir şekilde kullanımı, kontrol işlemlerini ortaya çıkarmaktadır.

Rüzgar hızına bağlı olarak rüzgar türbin hızının optimal denetimi, güç elektroniği uygulamalarıyla sağlanmaktadır. Bu uygulamalarda iki tip rüzgar türbini kullanılmaktadır.

1- Değişken hızlı rüzgar türbinleri (DHRT)

2- Sabit Hızlı Rüzgar Türbinleri (SHRT)

DHRT'lerin başlıca üstünlükleri;

DHRT'lerin gün geçtikçe artan enerji gereksinimine cevap verebilmesi, sistem yapısı nedeniyle daha uygundur. DHRT'ler çoklu-giriş çoklu-çıkış sistemlerine, SHRT'ler ise tek-giriş tek-çıkış sistemlerine sahiptirler.

DHRT'lerin kontrolü, 3 m/s'nin altındaki düşük rüzgar hızlarında generatör hareket torkunun kontrolünden oluşmaktadır ve çıkış geri beslemeli, doğrusal ikinci dereceli optimal denetleyicilerin uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

Rüzgar türbinlerinin kontrolünde, endüstriyel standartlarda PID (Proportional-Integral-Derivative) tipi denetleyiciler kullanılmaktadır. Rüzgar hızının kübü ile orantılı enerji artışı elde edilmektedir ve bu özellik de denetleyicinin kazancını değişken yapmaktadır. Denetleyici kazancınının değişken olmasının sebebi, denetleyicinin kontrol sinyallerine karşı optimal cevap

verme genişliğinin ve giriş değişkenlerinin bu sinyallere cevap verme hızının yüksek olmasıdır.

DHRT'ler için iki adet I denetkleyiciye gereksinim duyulmaktadır. Birincisi, generatör reaksiyon tork kontrolünde, ikincisi kanat açısı kontrolünde kullanılmaktadır. SHRT'lerin kontrolü, klasik endüstriyel denetleyicilerle gerçekleştirilmektedir.

4.5 Rüzgar Türbini İşletim Ve Tasarım Prensipleri

Rüzgar türbinleri, rüzgar enerjisini mekanik enerjiye ve standart AC üretim teknikleriyle döner mekanik enerjiyi AC enerjisine dönüştürürler. Belirli bir A alanında tanımlı rüzgarın gücü aşağıdaki formül ile bulunabilir.

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$C_p = P_r / P$$

Burada, güç katsayısının belirlenmesini sağlayan C_p sistemin güç faktörünü veya verimini, $P_{\text{rüzgar}}$ ise rotor üzerinde birim zamanda yapılan işi tanımlamaktadır. Güç katsayısının değeri, %59.3 Belz Sınırı ile teorik olarak belirlenmektedir. (• Bu limit değer, rüzgar enerjisi elektrik santrallerinin en fazla %59.3 verime sahip olabileceklerini göstermektedir.

P: Birim zamanda taşınan enerji

P: Hava yoğunluğu

V: Rüzgar hızı

Olarak tanımlanmaktadır.

Rüzgar türbinlerinin tasarımı 20. Yüzyıldan önce gerçekleştirilmiştir ve bu dönemde ulaşılan enerji dönüşüm oranı %10'un altında dönüşüm oranları ile çalıştırılmıştır. En gelişkin rüzgar türbinlerinden ise maksimum aerodinamik verimle çalıştırıldığında %50 civarında enerji dönüşüm oranı elde edilebilmektedir.

Bir rüzgar santralının ekonomik durumunu incelenmesine geçilmeden önce, seçilen rüzgar kaynağı bölgesine ait verilerin bilinmesi gerekmektedir. Bir bölgenin rüzgar ile ilgili verileri meteoroloji istasyonlarında ölçülmektedir. Ancak büyük kapsamlı projelere başlanılmadan önce, bölgesel rüzgar verileri incelenerek uygulama yapılacak yer hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Rüzgar türbini tasarım özellikleri tesis edilecek ve talep edilen belirli bir mekanik yükü karşılama gereksinimine göre belirlenmektedir.

4.6 Rüzgar Enerji Çevrim Ve Kontrol Sistemi

Düşük ve yüksek rüzgar hızlarında rüzgar türbin kontrolünün tipik bir örneği incelenen sistemde görülebilecektir. Rüzgar enerji çevrim ve kontrol sisteminin, rüzgar hız oranı 8 m/s, mikli gücü yaklaşık 5 kW, üretimde iken rüzgar kesim hızı 20 m m/s' dir.

Sistem iki adet 6.3 m çaplı kanatlara, sabit titreşimli göbeğe sahip rüzgar alan rotordan ibarettir. Titreşim açısı rotor tarafından $\pm 10^0$ 'ye çıkarılmaktadır. Değişken kanat mekanizması kanat aç genişliğini -50^0 ile 75^0 arasında oluşturabilmektedir. Mil sürücü kısmı bükülmez (rijit) düşük hızlı milden, helisel dişli kutusundan, bağlantı elemanlarından ve DC jeneratörden oluşmaktadır. Burada bir Tork Transduser'i düşük hızlı milde kullanılmaktadır. Tork ölçüm genişliği 0-800 Nm arasındadır. Dişli kutusunun sabit dönüştürme oranı 14:1 olarak alınmaktadır. DC jeneratöre şönt bağlantı uygulanmıştır ve dışarıdan cebri soğutma yapılmaktadır.

Generatör endüvisi, 28.8 Ω dirençli, 30 kW gücünde direnç üzerinden soğutma fanı ile direkt bağlantılıdır. Rüzgar türbini 10 m boyunda yüksek bir kuleyle desteklenmiştir.

Sistemde üç tip aktuatör kullanılmıştır:

- 1- Kanat aç pozisyon servomotoru,
- 2- Yaw aç pozisyon servomotoru
- 3- Generatör alan denetleyicisi.

Kanat aç pozisyon servomotoru, 12 VDC tabanlı lineer (doğrusal) çalıştırılmaktadır. Yaw pozisyon servomotoru 12 V DC tabanlı 380 W sabit mıknatıslı dişli motordan oluşmakta ve DC generatör alan denetleyicisi PWM (Pulse-Width Modulation = Darbe Genişlik Modülasyonu) kıyıcıya sahiptir.

Kıyıcıya giriş gerilimi 560 V DC iken çıkış modülasyon cevap aralığı 0-560 V DC genişliğindedir.

İncelenen sistemde data çözümleri bir mikrobilgisayar ile ana kontrol merkezinden yapılabilmektedir.

Sistem değişkenleri olarak;

- a- Rüzgar hızı,
- b- Rüzgar kuvveti,
- c- Kanat gövde ve merkezi kasılmalar,
- d- Rotor azimut açısı,
- e- Generatör endüvi gerilimi ve akımı,
- f- Titreşim

tanımlanmaktadır.

Bunu takip eden işlem olarak sistem kontrol değişkenleri ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Bu kontrol değişkenleri aşağıda belirtilmektedir.

- a- Kanat açısı,
- b- Rotor hızı,
- c- Rotor torku,
- d- Yaw pozisyonu,
- e- Elektrik gücü.

4.6.1 Pi denetleyiciler kullanarak sistem kontrolü

Değişken hız kontrolünde, düşük rüzgar denetleyicisi (BRW=Below Rated Wind) ve yüksek rüzgar denetleyicisi (ARW=Above Rated Wind) olmak üzere iki adet PI denetleyicisi kullanılmaktadır.

Düşük rüzgar hızında, rotorun optimum aerodinamik verime gereksinimi olacaktır. Burada, rüzgar hızına uygun, referans rotor hızının düzenlenmesi gerekmektedir. Rotor hızı denklem (4.20)'den hesaplanmaktadır. Kanat açısının 0° olması ile rotor dengelenmektedir. Düşük rüzgar hızında sadece alan gerilimi kontrolü yapılmaktadır.

$$W_r = \text{optimum } u / (R \cos(\Theta)) \quad (4.20)$$

R, rotor yarıçapı, Θ , kanat açısı, W_r , rotor hızı, u rüzgar hızıdır. Yüksek rüzgar hızı, işletimi, kanat açısı sabit güç ortaya çıkarmakta iken sabit alan gerilimine gereksinim duymaktadır. Rüzgar hızının filtrelenmesinde, 10 s zaman sabitli alçak geçiren filtre (Low Pass Filter) kullanılmaktadır.

Tanımlamalarda Bozunum Yasası (Decay Law) kullanılmaktadır. Bozunum Yasasına göre kullanılan kontrol değişkenlerinin tanımları aktif kontrolde kullanılmaktadır. Bu değişkenler;

$$\beta(k) = \beta(k-1) / 2$$

$$\Theta(k) = \Theta(k-1) / 1.3$$

$$V_{fi} = V_{fi}(k-1) / 5 + 2.049$$

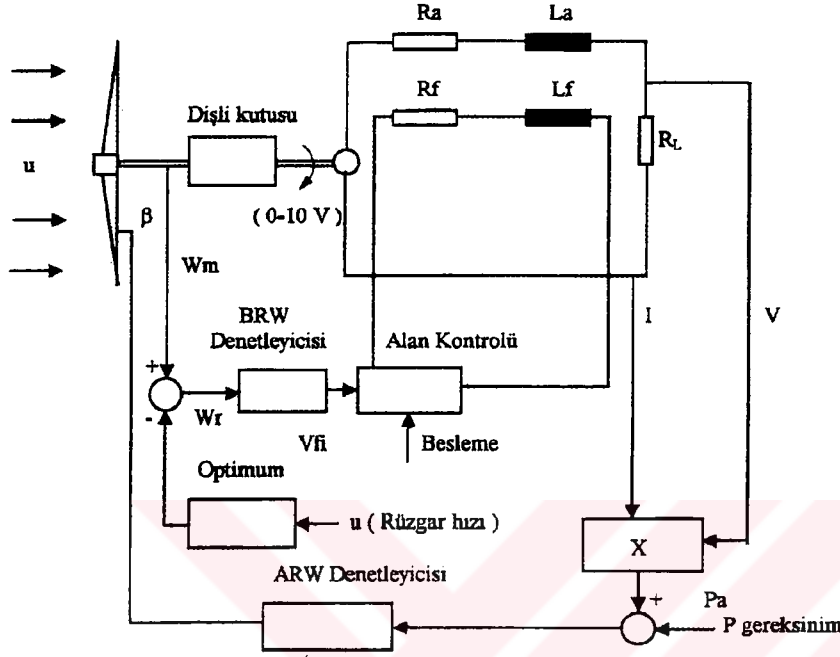
Olmaktadır. Burada β , kanat açısı pozisyonunu, Θ , kanat açısını, V_{fi} , alan kontrol gerilimini göstermektedir.

PI denetleyicilerinin genel transfer fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$G_r(z) = (q_0 + q_1 Z^{-1}) / (1 - z^{-1}) \quad (4.21)$$

Burada ki $q_0 = K_p$, oransal kazancı, $q_1 = K_p(C_i - 1)$, integral kazancı, $C_i = T_s/T_1$, tümlevsel kazancı göstermektedir.

Gösterilen PI denetleyicileri parametreleri Zieger-Nichols metodu ile tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1: Rüzgar Enerji Çevrim ve Kontrol Sistemi

4.6.2 Frekans sabitliği

Fosil yakıtla çalışan santrallerin büyük bir bölümünün yerini alabilecek potansiyele sahip olan rüzgar santral tesislerinin tasarımı yapılabilmektedir.

Santral çıkışındaki alçalıp yükselmeler nedeniyle frekans ve gerilim değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda kalmasını sağlayacak tasarımlar gerçekleştirilmeli. Kararlı bir güç sistemi frekansı için öncelikle talep edilen gücün ve üretimin, ani değişimler gözönüne alınarak ayarlanmış olması gerekmektedir. Bir ya da daha fazla üretim merkezi içeren tipik bir sistemde sabit güç değeri, öngörülebilir temel yükün kontrolü ile elde edilebilmektedir. Bu temel yüklü birimler, nominal yüklerine yakın bir güçte çalıştırılırlar. Sistem çıkış gücünün kontrolü için yükün değişken kısmı yüksek cevap hızına sahip yük izleyici birim tarafından algılanır.

Yüksek frekans bileşenlerinin ortaya çıkmasının nedenleri rüzgarın değişkenliği ve rüzgar türbin kontrol sistemidir. Yüksek frekans değişimleri, küçük genliklerdedir ve sistem frekansının kararlılığı üzerinde etkileri yoktur.

Yük denetleyici birimlerinin,değişimleri kontrol edebilmesi için,sistem frekansı üzerinde küçük bir rüzgar etkiye sahip olan normal yük değişimlerinin zamana bağımlı olarak yavaş değişim göstermesi gerekmektedir.

Etkin bir rüzgar enerjisi tesisi,bir toplama sistemi üzerinden şebekeye bağlı bir çok rüzgar türbinini içerir. Her bir rüzgar türbini bulunduğu konumun rüzgar özelliğine göre devreye girmektedir ve rüzgar hızı bölgeden bölgeye değişmektedir. Oluşturulan iyi bir kontrol merkezi ile yük değişimleri kontrol edilebilmektedir. Kararlı çalışan büyük şebekelerde,çok sayıda bulunan küçük türbinlerin sistem frekans kararlılığına etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olacağı kabul edilebilmektedir.

Tek gözlü (Islanded) şebeke üzerinde bulunan az sayıdaki rüzgar türbinleri,sistem kararlılığı üzerine yeni maliyetler ortaya çıkaracaktır. Eğer üretim kesintisi genel üretim kapasitesinin %10'undan fazla ise,sistem gücündeki değişimleri azaltmak için enerji depolama ihtiyacı gerekebilir.

4.6.3 Gerilim sabitliği

Gerilim sabitliği tanımı,öncelikle gerilimin kararlılığı ve iletim hatlarının kayıpları üzerine etkili olan reaktif gücün kontrolü üzerine odaklanmaktadır. Sabit ve değişken hızlı rüzgar türbinlerinin her ikisi de,farklı şekillerde dikkate alınması gereken reaktif güç karakteristiklerine sahiptirler.

Sabit hızlı rüzgar türbinleri,senkron servis şebekesine direk bağlı bir asenkron generatör olarak konvansiyonel bir şekilde üretilmektedirler. İndüksiyon generatörlerinin reaktif güç ihtiyacı, generatördeki anahtarlamalı seri bir kondansatör grubu ile karşılanması halinde güç faktörü tam yükte 1.0 olabilmektedir. Şekil 3.2'de 30 KVAR'lık kondansatör grubu kontaktörlerle türbin terminallerine bağlı 100 kW'lık bir rüzgar türbininin güç düzeltme sisteminin grafiğini göstermektedir.

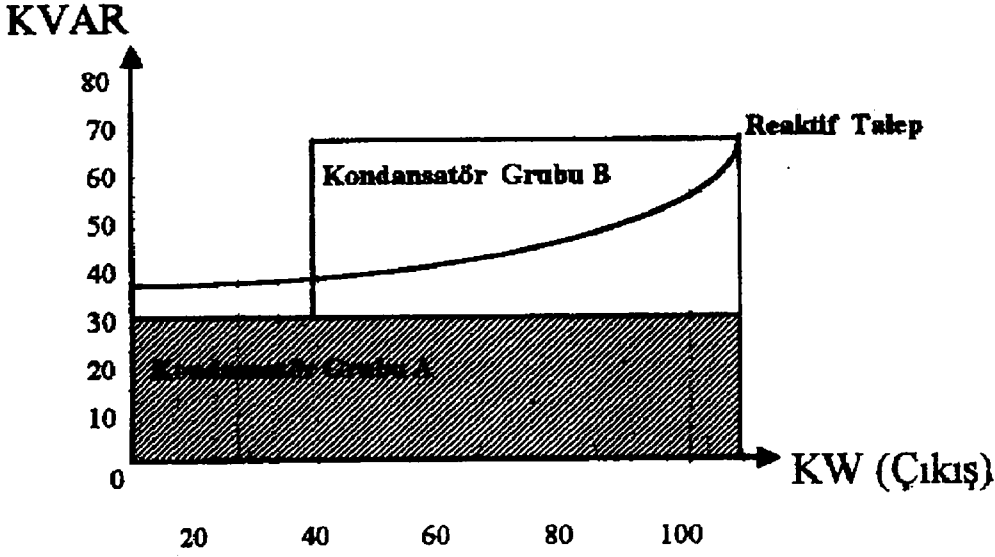
Yalıtılmış şebekeyi oluşturan ve 30 KVAR reaktif güç değerine kadar değişik güç taleplerine sahip olan alt istasyonlar ve sistemin toplam reaktif gücü,alt istasyonlarda ilave olarak bulundurulmuş anahtarlı kondansatör grupları ile düzeltilir. Gücün artması durumunda ek kondansatör grupları (kondansatör grubu B)devreye alınmaktadır. Bu metodun kullanılmasıyla yüzlerce rüzgar türbininden oluşan rüzgar güç sisteminin her güç seviyesinde

yaklaşık 1.0 güç katsayısında enerji üretimi sağlanabilmektedir. Rüzgarın zayıf olduğu süre boyunca,rüzgar türbinleri çalışmıyorken,elde edilen kapasitif etkinin,gerilimin kararlılığına yardımcı olması için servis şebeke tarafından anahtarlanma yapılabilmektedir.

Değişken hızlı rüzgar türbinlerinde,üretmiş olan değişken frekansları servis şebekesinin senkron frekansına dönüştürmek için bir elektronik güç konvertörü kullanılır. Yapısında,yan iletken güç elektroniği elemanları bulunan konvertörlerin kullanılması halinde rüzgar generatörünün hem aktif hem de reaktif gücü kontrol edilebilmektedir. Rüzgar türbini tam güçte çalıştığı sürece konvertör yardımı ile servis şebekesini kontrol eden merkez tarafından 0.9 civarında bir güç katsayısı elde edilebilir. Rüzgarın zayıf olduğu sürece rüzgar türbini aktif güç üretmez fakat konvertör yardımı ile reaktif reaktif güç üretimi söz konusu olabilmektedir.

Reaktif gücün kontrol edilmesi,enerji iletiminin yüksek verimde olmasını ve gerilim kararlılığını sağlamaktadır. Bu özellik hem güçlü rüzgar süresince aktif güç üretilirken hem de zayıf rüzgar süresince aktif güç üretilemezken söz konusu olmaktadır. Bu özellik,düşük güçlü şebekelerde gerilim kararlılığını sağlamak için önemlidir.

Rüzgar türbinlerinin,yüksek rüzgarla karşılaştıkları veya yüksüz kaldıkları sürede düşük güçlü bir şebekeye bağlı olabileceğini kabul edersek,üretilmekte olan aktif gücün şebeke aracılığı ile diğer yüklere aktarılması,düşük güçlü şebekede türbinlerde reaktif güç kontrolünü ve gerilim kararlılığını sağlayacaktır.



Şekil 4.2: 100 kW'lık sabit hızlı rüzgar Türbini güç faktörü düzeltme Sistemi Grafiği

Aktif güç üretiminde güç faktörü 1.0 olduğunda, rüzgar türbinlerinin kapasitif güç üretmesi sağlanmış olmaktadır. Kapasitif güç üretimi terminal gerilimini daha da yükseltmekte ve endüktif güç faktörü ise terminal geriliminin azalmasına neden olmaktadır. Rüzgar türbinlerinin bu yeteneği ile çıkış terminallerindeki gerilim kontrol altına alınabilmektedir.

Düşük güçlü bir şebekede rüzgarın zayıf ve yükün fazla olduğu sürede, rüzgar türbinlerinin reaktif güç kontrolü şebeke gerilim kararlılığını sağlamaktadır. Böylece iletim kayıpları ve gerilim kontrolünde kullanılan elemanların çalıştırılabilmesi için gereken enerji gereksinimleri azalmaktadır.

4.6.4 Güç kalitesi

SHRT'ler direk indüksiyon generatörlerine bağlandıklarından ürettikleri harmonikler ihmal edilebilmektedir ve senkronizasyonda problem çıkarmamaktadırlar. Rüzgar türbinlerinde ve rüzgar güç santrali alt istasyonlarında ki kompanzasyon kondansatörleri ile güç katsayısı, sistemin herhangi bir güç değeri için 1.0 değerine yakın değerde kontrol edilebilmektedir.

Değişken hızlı rüzgar generatörleri, üretmiş oldukları değişken frekanslı gücü, ulusal şebekenin ihtiyaç duyduğu sabit frekanslı güce dönüştürmek için elektronik konvertöre gereksinim duyarlar. Konvertör yardımı ile rüzgar türbini güç üretiminin düzenlenmesi, elde edilen akım

dalgası genliğinin kontrolünü sağlamaktadır. Akım dalgasının frekansı ve faz açısı,rüzgar generatöründe hazır bulunan servis geriliminin izlenmesiyle belirlenebilmektedir. -Bu yöntemde,sistem frekansı ile servis gerilim frekansının 50 ya da 60 Hz olmasına bakılmaksızın senkronize olması sağlanmaktadır. Bu yöntem ile aynı zamanda rüzgar türbininden alınan akımın faz açısı kontrol edilerek oluşturulan güç faktörü de kontrol edilebilmektedir.

Konvertördeki anahtarlamalardan dolayı tipik harmonikler oluşacaktır. Yüksek anahtarlama frekansları düşük harmonikli dalgalar üretmektedir. IGBT(Isolated Gate Bipolar Transistor) gibi katı hal yarı iletken transistörler ile yüksek frekanslı anahtarlama yapılarak harmonik bileşenleri küçük olan iyi bir akım dalgası üretilebilir. Rüzgar generatörünü servis şebekesine bağlayan yükseltici transformatörler ile gerilimin yükseltilmesi halinde düşük olan harmonikler daha da azaltılabilmektedir. Böylece ortak bağlantı noktasında rüzgar türbinleri aracılığıyla harmoniklerin bozucu etkisi çok küçük olacaktır.

4.7 WASP Modeli

Bu bölümde rüzgar atlasının oluşturulması için kullanılan fiziksel ve istatistiksel modeller sunulmaktadır. Burada verilerde ve modeldeki olası hatalar ve belirsizlikler ile ilgili bazı tartışmalara da yer verilmektedir. Bu modelin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalarda çok sayıda model kavramı test edilmiştir.Bu yaklaşımlarla ilgili detaylar,Peterson ve grubu (1984),Peterson ve Troen (1986) ve Sacre (1987) tarafından yapılan çalışmalarda yer almaktadır.

4.7.1 Temel fizik prensipleri

Burada, rüzgar ölçüm verilerinin düzeltilmesi ve frekans dağılımları ile ilgili olarak düzeltilmiş veri analizi için model setleri sunulmaktadır. Prensip olarak düzeltmeler, zaman serisi analizler, veya uygun bir frekans dağılımının saptanması ile gerçekleştirilir. Peterson (1986). Burada sunulan model **WASP** (Rüzgar Atlası Analizi ve Uygulaması) olarak bilinmektedir.

4.7.1.1 Yüzey tabaka benzerlik yasası

Atmosferin yeryüzüne en yakın olan tabakası "Atmosferik Sınır Tabakası" adını alır. Açık bir gece koşulunda 2 km.'ye kadar yükselebilir. Sınır tabakasının en aşağı bölümü yüzey tabakası olarak bilinir. Bu tabaka sınır tabaka derinliğinin yaklaşık % 10'unu oluşturur. Düzgün ve oldukça homojen bir arazide, yüksek rüzgar şiddetlerinde rüzgar profili logaritmik yasa ile saptanabilir.

$$U(z) = \frac{u^*}{k} \ln \frac{z}{z_0} \quad (4.22)$$

Burada

$U(z)$ = ortalama yer seviyesinden z kadar yukarıdaki rüzgar şiddeti

Z_0 = Yüzey pürüzlük uzunluğu

k = Von Karman sabiti (Burada $k=0.40$)

U^* = Sürtünme hızıdır.

Sürtünme hızı, yüzey gerilmesi ile ilgili olup, yüzey gerilmesi:

$$|\tau| = \rho u_*^2 \quad (4.23)$$

bağıntısı ile belirlenir. Burada ρ havanın yoğunluğudur.

Orta şiddetteki rüzgar koşullarında dahi z yüksekliğinin 30-40 km'yi aşması durumunda, logaritmik profilden sapmalar oluşabilir. Bu sapmalar türbülans dinamiğinde kaldırma kuvvetlerinin etkisi olarak bilinir.

Yüzey pürüzlüğü bu durumda sadece yüzey karakteristiklerinin değil, aynı zamanda yüzey ısı akılarının da fonksiyonu olur. Gece boyunca oluşan yüzey soğuması, rüzgar profilinin yükseklikle hızlı bir şekilde artmasına neden olur. Gündüz koşullarında ısınma, türbilansı artırır ve rüzgar profili yükseklikle daha sabit olur. Benzerlik eşitliği daha genel profiller için,

$$U(z) = \frac{U^*}{k} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \eta \left(\frac{z}{L} \right) \right] \quad (4.24)$$

Şeklinde tanımlanır. Bussinger (1973), Dyer (1974). Bu ifadede Monin-Obukhov uzunluğu (L) denilen yeni bir parametre yer almaktadır.

$$L = \frac{T_0 C_p u^3}{k_g H_0} \quad (4.25)$$

Burada,

T_0 = mutlak yüzey sıcaklığı

H_0 = yüzeydeki ısı akısı

C_p = sabit basınçta özgül ısı

g = yer çekimi ivmesi

4.7.1.2 Jeostrofik yasa ve jeostrofik rüzgar

Yüksek ve alçak basınçlarla ilgili sinoptik koşullar nedeni ile oluşan basınç farklılıklarından dolayı, atmosferik sınır tabaka rüzgarları oluşur. Basınç kuvvetlerindeki değişimler, yüzeydeki sürtünme kuvvetleri ile dengelenir. Bu denge teorik olarak, stasyoner homojen ve barotropik (basınç gradyanının sınır tabaka boyunca sabit olduğu yapı) koşullar altında sağlanır. Nötr kararlılık koşullarında bu denge Rossby ve Montgomery (1935) tarafından açıklanmıştır. Sonuç ifade, u_* sürtünme hızı ve G , jeostrofik rüzgar arasında,

$$G = \frac{u_*}{k} \sqrt{\left(\ln \left(\frac{u_z}{fz} \right) - A \right)^2 + B^2} \quad (4.26)$$

şeklinde oluşturulur. Burada,

f : Coriolis parametresi,

A ve B : amirik sabitlerdir. ($A=1,8$; $B = 4,5$).

Jeostrofik rüzgar, yüzey sınır gradyanından hesaplanabilir ve genellikle radyosunda gözlemleri ile saptanan sınır tabaka yukarısındaki rüzgar şiddetine çok yakın bir değere sahiptir. Jeostrofik yasa nötr olmayan koşullar (kararlı ve kararsız durum) için de yazılabilir. Ancak bu durumda A ve B kararlılık parametresi u 'nün fonksiyonu olur.

$$\mu = \frac{ku_*}{fL} \quad (4.27)$$

4.7.2 Kararlılık modeli

Rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalarda, logaritmik rüzgar profilindeki kararlılık modifikasyonları genellikle ihmal edilir. Düşük rüzgar şiddeti değerleri için modifikasyon

ihmal edilebilir. Burada sunulan model, basit bir nötr tabakalaşma durumu için küçük pertürbasyonlarla ilgili kararlılık modifikasyonlarını içermektedir.

Herbir ayrı rüzgar profili için ayrıntılı modellere gerek olmaksızın, yüzey ısı akısındaki değişimlerin etkilerini yaklaşık olarak hesaba katma üzere basit bir işlem benimsenmiştir. Bu yöntem, yüzey ısı akılarının sadece klimatolojik ortalamasının ve karekökünün bilinmesini gerektirmektedir. Model, jeostrofik rüzgar ifadesine ve nötr koşullardaki yüzey ısı akısının bir mertebe genişletilmesine bağlı olarak oluşturulabilir. (3.5) eşitliği G , z_0 ve f sabit alınarak türetilirse;

$$dD = 0 = \frac{du_*}{u_*} G - \frac{u_*^2}{k^2 G} \left[\left(\ln \frac{u_*}{fz_0} - A(\mu) \right) \left(\frac{du_*}{u_*} - \frac{dA}{d\mu} d\mu \right) + B \frac{dB}{d\mu} d\mu \right] \quad (4.28)$$

(4.26), (4.25) eşitlikleri ve nötr koşullar gözönüne alınırsa

$$A(0) \cong 1,8$$

$$B(0) \cong 4,5$$

$$\frac{dA}{d\mu} \cong -0,2$$

$$\frac{dB}{d\mu} \cong 0,2$$

Küçük terimler ihmal edilirse,

$$\frac{du_*}{u_*} = \left[\frac{Cg}{fT_0 c_p \rho G^2} \right] dH \quad (4.29)$$

$c = \text{sabit } (\cong 2,5)$

(4.25) eşitliğinde verilen rüzgar profilinin türevi

$$du(z) = \frac{du_*}{k} \left[\left(\ln \frac{z}{z_0} \right) - \chi \left(\frac{z}{L} \right) \right] - \frac{u_*}{k} \frac{d\chi}{dL} \frac{dL}{dH} dH \quad (4.30)$$

Nötr koşullar için, yerden z_m kadar yukarıdaki ifade :

$$\left(\frac{z_m}{z_0} \right) = \left(\frac{c}{ak} \right) \frac{u_*^3}{fG^2} \quad (4.31)$$

şeklinde verilebilir. Rüzgar şiddeti varyansı minimum ($dU(z_m)=0$) alınmaktadır.

Burada a , eğim olup, kararlı ve kararsız koşullarda ($4 \leq a \leq 5$) aralığında değişir. Nötr koşullarda geçerli basitleştirilmiş sürtünme yasası,

Δu_{*OF} : Ortalama türbülanslı gizli ısı akısına karşılık gelen sürtünme hızı

u_* : deniz seviyesindeki ($z=0$) sürtünme hızıdır.

$f(z)$ fonksiyonu:

$$f(z) = 1 - \frac{z}{z_m} \frac{\ln(z_m/z_o)}{\ln(z/z_o)} \quad (4.40)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Özellikle deniz meteoroloji istasyonlarından elde edilen meteorolojik veriler kara ve deniz üzerindeki ısı akısı parametreleri farklılıklarının göz önüne alınması ile kara üzerindeki rüzgar koşullarının tahmininde kullanılabilir. Yukarı akış yönünde sahile olan uzaklık kara-deniz üzerindeki kararlılık düzeltmeleri ile ilgili w ağırlık faktörü göz önüne alınarak,

$$w = \frac{\min(x, c)}{c} \quad (4.41)$$

şeklinde tanımlanır. Burada c , kıyı şeridinin genişliğidir.

4.7.3 Pürüzlülük değişim modeli

Logaritmik rüzgar profili, sadece arazinin homojen olması durumunda uygulanır.

Aksi takdirde sapmalar ortaya çıkar. “Etkin” pürüzlülük uzunluğu tanımlansa dahi hatalardan kurtulmak söz konusu değildir.

Ortalama yüzey gerilmeleri ve yüzey rüzgar şiddeti, basınç gradyan kuvvetinin sürtünme kuvvetine eşit olduğu seviyeye kadar yüzey koşullarına bağlı olarak değişir. Bu mesafe, G/f Rossby yarıçapı ile orantılıdır, ve 10-100 km mertebesindedir. Rüzgar frekansı dağılımında yüzey koşulları 10km'nin yukarısında ihmal edilebilir. Bir yüzeye ait pürüzlülük uzunluğu z_{o1} , diğerine ait değer z_{o2} olsun. Sınır tabaka yükseklik değeri (h)'deki artış şu ifade ile belirlenebilir, Panofsky (1973);

$$\frac{h}{z_o'} \left(\ln \frac{h}{z_o} - 1 \right) = \text{sabit} \frac{x}{z_o} \quad (4.42)$$

$$z_o' = \max(z_{o1}, z_{o2})$$

h seviyesinin aşağısında rüzgar profili bozulmaya uğrar. Sabit değer 0.9'dur. h yüksekliğinde nötr rüzgar profili kabulü ile yüzeye sürtünme hızındaki değişim ampirik olarak modellenebilir:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\ln(h/z_1)}{\ln(h/z_2)}$$

U_2 : Gözönüne alınan noktadaki sürtünme hızı

U_1 : Yüzey sürtünme hızı

4.8 Rüzgar Atlası Analiz Ve Uygulama Modeli

WHO El kitabında verilen açıklamalara dayalı olarak kullanılan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

4.8.1 Rüzgar verilerinin analiz yöntemi

Çeşitli bölgelerdeki rüzgar verilerini karşılaştırmak için verilerin standart bir yüksekliğe göre değerlendirilmesi gerekir. Bir bölgedeki uzun süreli rüzgar şiddetinin incelenmesinde güç yasasına göre interpolasyon yönteminin kullanılması uygundur.

$$\frac{u_r}{u_a} = \left(\frac{Z_r}{Z_a} \right)^p \quad \text{veya} \quad \frac{P_r}{P_a} = \left(\frac{Z_r}{Z_a} \right)^{3p}$$

Burada u_a ve u_r sırasıyla anemometrenin bulunduğu seviyeye ve referans seviyesindeki ortalama rüzgar şiddetini, P_a ve P_r ise, anemometre ve referans seviyesindeki rüzgar gücünü belirtmektedir.

1. Yöntem: Meteoroloji istasyonuna en çok 20-30 km. mesafedeki yerler için uygulanabilir. Arazi rakımı az olmalı.

2. Yöntem: 1-2 ay gibi kısa bir sürede ortalama rüzgar şiddeti belirlenir. Yakındaki uzun süreli verilerle karşılaştırarak bir ilişki katsayısı oluşturulur. Kısa ölçüm dönemi ile doğru bir faktör belirlemek zordur. Bu metod rüzgar hızının mevsimsel olarak az değiştiği bölgelerde uygulanır.

3. **Yöntem:** 2. Yönteme nazaran ölçüm süresi daha uzundur. Ancak sadece 1 yıllık verinin temsiliği yinede tartışılabilir. Rüzgar hızı da diğer meteorolojik parametreler gibi normalden farklı seyredebilir.

Çizelge 4.1: Rüzgar Enerji Potansiyelinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yöntem	Yaklaşım	Avantaj	Dezavantaj
1	En yakın meteoroloji istasyonundan rüzgar verileri ile güç çıkış karakteristikleri belirlenir.	Kısa zamanda yeni veri ile analiz yapmak	Çok geniş düz arazi için geçerlidir.
2	Sınırlı sayıda seçilen yerde ölçüm yapılır. Yakın istasyonla kaba bir karşılaştırma yapılır. Sonra güç çıkış karakteristikleri hesaplanır.	İstasyon ile seçilen bölge verileri arasında iyi korelasyon varsa 1 yönteminden daha hassastır.	Rüzgar hızında mevsimsel bir benzerlik varsa hassasiyeti kabul edilebilir mertebededir.
3	Veriler toplanır ve güç karakteristiği saptanır	Tüm arazi tipleri için geçerlidir.	En az bir yıllık gözlem gerektirir.

4.8.2 Rüzgar enerji miktarının belirlenmesi

Rüzgar enerjisi olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF):

$$P = \int_0^{\infty} p(u)(u)du \quad \text{şeklinde tanımlanır.}$$

Burada P(u) kararlı durum verim fonksiyonu olup, f(u) fonksiyonu Rayleigh dağılımı için:

$$f(u) = \frac{\pi U}{2u^2} \text{Exp} \left(\frac{\pi u^2}{4U^2} \right) \quad \text{şeklinde olup, } U \text{ uzun süreli ortalama rüzgar hızıdır. Weibull}$$

dağılımı için

$$f(u) = \frac{A}{k} \left(\frac{u}{k} \right)^{k-1} \text{Exp} \left[- \left(\frac{u}{k} \right)^k \right] \quad \text{şeklinde verilir. Burada } A \text{ ve } k \text{ şekil ve ölçek}$$

parametreler olup, $k=2$ için Weibull dağılımı Rayleiggh dağılımına dönüşür.

C_p güç katsayısı ve A_R , rotor dönüşü sırasında taranan alan olmak üzere türbin rüzgar gücü,

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho A_R u^3 \quad \text{şeklinde ve türbinin süpürdüğü birim alanda elde edilebilir. Rüzgar gücü}$$

miktarı da,

$$E = \frac{P}{A_R} = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad \text{şeklinde hesaplanır. Burada } P: \text{ Güç yoğunluğu (rüzgar enerji miktarı)}$$

5. TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ KURULU GÜCÜ VE POTANSİYELİ

Türkiye coğrafik konumu nedeni ile belirli mevsimlerde farklı basınç sistemlerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu sebeple dört mevsimin tüm özelliklerini taşıyabilmektedir. Belli başlı basınç sistemlerinin etkisi mevsimsel olarak irdelenecek olursa; kış aylarında merkezi Rusya üzerinde bulunan ve kara yüzeyinin aşırı soğuması nedeni ile, etki alanının Türkiye'nin güney enlemlerine kadar uzandığı İzlanda Alçak Basınç sisteminin etkisi altında kaldığı görülmektedir. Bu sistemlerle ilgili hava akışları dikkate alınarak, kuzeyli ve özellikle kuzeydoğulu kuvvetli hamleli rüzgarların etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca sonbahar mevsiminden itibaren özellikle Cenova körfezinde oluşan cephesel sistemlerin doğuya hareketi neticesinde de Kuzey Ege özellikle batı ve kuzeybatılı rüzgarların etkisinde kalmaktadır. Bu etki poler hava kütesinin kuzey enlemlerine doğru çekildiği ilkbahar mevsimi sonlarına kadar zaman zaman gözlenir. Yaz aylarında ise Azor Yüksek Basıncı kara yüzeyi boyunca hareket ederek, Avrupa üzerinde merkezlenir ve özellikle Türkiye'nin batı bölgelerinde kuvvetli kuzeyli akışların etkili olmasına neden olur. Aynı zamanda Basra Alçak Basıncı Türkiye'nin Güney ve Güneydoğu bölgeleri üzerinden karasal bölgelerin ısınması neticesinde hareket ederek tüm İç Anadolu ve Karadeniz kıyılarını etkisi altına almaktadır. Türkiye'nin, Güney ve Doğu bölgeleri güney ve güneydoğulu rüzgarların etkisinde kalırken batı bölgeleri de, batıda Azor Yüksek Basınç merkezi ve doğudan ise Basra Alçak Basınç merkezinin oluşturduğu kuvvetli gradyan nedeni ile hamleli kuzeydoğulu rüzgarların etkisinde kalmaktadır.

4.1 Türkiye Rüzgar Atlası

Türkiye rüzgar analizi çalışmasına bir PC paket programı olan WASP (wind atlas analysis and application program) kullanılmaktadır. Bu program menülerle işletilmektedir. Ve her menü kendi içinde aktif entegre bir programdır. Menülere gerekli girdi uygun formatta verildiğinde sonuç çıktısını hemen görmek mümkün olmaktadır. Menüler Fizik esaslı bir takım alt modellerden oluşmuştur.

Rüzgar analizinin amacı meteoroloji istasyonlarında ölçülmüş olan rüzgar hız ve yön bilgisi datasına yakın engeller çevre pürüzlülük durumu ve orografik etkilerden dolayı olabilecek etkilerin WASP programı yardımıyla hesaplanmasıdır. Burada WASP, sahip olduğu alt modelleri kullanarak yakın engellerin, pürüzlülük durumunun ve var olan orografinin etkilerini hesaplar, rüzgar datasında gerekli düzeltme yapılır. Hatadan arındırılmış bu bilgiler bölgesel rüzgar

potansiyeli tesbitinde kullanılır. Rüzgar atlası çalışması, bölgesel rüzgar potansiyelini yerden 50 m yükseklik ve 5 farklı yüzey durumu için rüzgar hızı aralıkları ve bunlara karşılık gelen rüzgar enerji yoğunluklarını gösterecek şekilde haritalandırma işlemidir.

Türkiye rüzgar atlası çalışmasında bugüne kadar 43 meteoroloji istasyonunun, 1975-1984 periyodunun, 24 saatlik anemograf rüzgar kayıtları kullanılmıştır. Bu istasyonların listesi çizelge 5.3 de, ham data incelemesi sonuçlarından bazı bilgiler çizelge 5.4 de listelenmiştir.

Türkiye rüzgar atlası çalışması devam etmektedir Henüz 43 istasyonun ham data değerlendirmesi tamamlanmak üzeredir. WASP programı ile data değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmanın başlarında meteoroloji istasyonlarından ölçüm aleti etrafındaki engellerin, sektörlere göre sırayla konum, yükseklik ve tiplerinin bildirilmesi istenmiş ve alınan bilgilere göre engel girdileri ve pürüzlülük sınıflandırmaları yapılmıştı. Ancak bu girdiler standart harita bilgilerine göre yapılırsa daha sağlıklı olacaktır düşünceleri ile burada verilememiştir. Dolayısıyla istasyonların topografik bilgilerinin (engel, pürüzlülük değişimi ve orografi) temin edilmesi beklenmektedir. Bu bilgiler ya 1/25 binlik konturları bulunan standart topografik haritalardan çıkartılacaktır ya da hazır sayısal bilgiler halinde satın alınacaktır.

Ancak burada bir fikir vermesi bakımından istasyonların ölçüm noktası üzerinde 10m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 50m, 100m, ve 200m yüksekliklerdeki ortalama rüzgar hızları ve ortalama rüzgar gücü yoğunlukları dikey ekstrapolasyonla hesaplanarak Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelgelerden görüldüğü gibi yüksekliğe çıktıkça rüzgar hızı ve rüzgar gücü yoğunluk değerleri artmaktadır. Rüzgar ölçüm bilgileri topoğrafik etkilerden arındırıldıktan sonra bir bölgeyi temsil edecektir düşüncesiyle Çizelge 5.5'te verdiğimiz bilgilerin sadece istasyon üzerindeki yükseklik şartlarına ait olduğunu belirtiriz

Çizelge 5.6'da daha önce TÜBİTAK tarafından yaptırılmış olan rüzgar istatistikleri proje çalışmasındaki, bölgesel olarak hesaplanmış Weibull Parametreleri kullanılarak 4 pürüzlülük sınıfı (Class 0, Class 1, Class 2, Class 3) ve 5 standart yükseklik (10m, 25m, 50m, 100m, 200m) için bazı istasyonların (Bozcaada, Çanakkale, Çorlu, Akcakoca Sinop, Afyon, Anamur) ortalama rüzgar hızları ve bunlara ait ortalama rüzgar gücü yoğunlukları yıllık değerler olarak hesaplanmış ve gösterilmiştir. Bu tablodan görüleceği üzere rüzgarı bir alan içinde, daha rüzgarlı alanlar vardır. Bunlar Class 0 ve Class 1'e giren alanlardır. Pürüzlülük artıkça hız ve rüzgar gücü yoğunluğu azalmaktadır.

HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/6)	m/s	8.86	8.44	8.40	8.15	7.88	7.40	7.29	6.95	6.57	6.15	5.65	5.05	4.26	2.95	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/7)	m/s	8.79	8.18	7.96	7.72	7.46	7.19	6.90	6.52	6.22	5.82	5.35	4.78	4.03	2.90	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/8)	m/s	8.43	8.25	7.85	7.43	7.41	7.16	6.90	6.52	6.31	5.92	5.14	4.59	3.87	2.68	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/9)	m/s	8.17	7.99	7.60	7.20	7.17	6.94	6.69	6.41	6.11	5.78	5.41	4.97	4.45	2.60	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/10)	m/s	7.96	7.79	7.60	7.41	7.21	6.99	6.76	6.52	6.25	5.96	5.64	5.27	4.85	2.53	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/11)	m/s	7.80	7.63	7.45	7.26	7.06	6.85	6.62	6.38	6.12	5.84	5.52	5.16	4.75	2.48	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
HESAPLANAN (TESİS) RÜZGAR HIZI	(1/12)	m/s	7.66	7.49	7.32	7.13	6.94	6.73	6.51	6.27	6.02	5.73	5.42	5.07	4.57	2.44	m/s	(TESİSTE) RÜZGAR HIZI
YILLIK ORT. MIN. HIZ: (TESİSTE)																		
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	4.902	4.595	4.269	3.957	3.637	3.320	3.004	2.693	2.372	2.055	1.739	1.423	1.107	791	474	159	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	1.550	1.450	1.350	1.250	1.150	1.050	950	850	750	650	550	450	350	250	150	50	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	672	615	557	498	438	378	318	258	198	138	78	18	18	18	18	18	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	490	459	427	395	364	332	300	269	237	206	174	142	111	79	47	16	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	416	389	362	335	309	282	255	228	201	174	144	121	94	67	41	13	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	368	344	320	296	273	249	225	202	178	154	130	107	83	59	36	12	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	334	312	291	269	248	226	205	183	162	140	118	97	75	54	32	11	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	309	289	269	249	229	210	190	170	150	130	110	90	70	50	30	10	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	290	272	253	234	215	197	178	159	141	122	103	84	66	47	28	9	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)	W/m ²	276	258	240	222	205	187	169	151	133	116	98	80	62	44	27	9	TESİS YÜKSEKLİĞİNDE GÜÇ (W/Å)
DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (MAX.)	MW (MEGAWATT)	30.586	33.014	25.371	28.638	21.723	36.774	11.012	8.620	11.405	12.292	9.786	8.763	5.695	1.653	617	27	246.084 MW (Megawatt) DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (MAX.)
DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (ORT.)	MW (MEGAWATT)	5.913	6.382	4.905	5.536	4.199	7.099	2.129	1.715	2.205	2.376	1.892	1.694	1.084	320	119	5	47.572 MW (Megawatt) DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (ORT.)
DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (MIN.)	MW (MEGAWATT)	1.720	1.857	1.427	1.610	1.222	2.065	619	499	641	691	550	493	315	93	35	2	13.838 MW (Megawatt) DOĞAL BRÜT KURULU GÜÇ POT. (MIN.)
TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (MAX.)	Milyar KWH	1474	1607	1250	1434	951	1608	458	410	599	646	429	461	295	145	54	0.1188	11852 Milyar KWH TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (MAX.)
TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (ORT.)	Milyar KWH	285	311	242	277	184	311	85	85	116	125	83	89	57	28	10	0.0220	2291 Milyar KWH TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (ORT.)
TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (MIN.)	Milyar KWH	83	90	70	81	54	90	26	25	34	36	24	26	17	8	0.3	0.0667	64.5 Milyar KWH TEKNİK POT. (KAPASİTE FAKT.) (MIN.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (MAX.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	133	145	113	129	86	145	41	40	54	58	39	41	27	13	0.496	0.0107	1067 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (MAX.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (ORT.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	26	28	22	25	17	28	08	08	10	11	07	08	05	03	0.094	0.0021	20.6 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (ORT.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (MIN.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	07	08	06	07	05	08	02	02	03	03	02	02	01	01	0.0274	0.0046	6.0 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (MIN.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (MAX.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	55.6	60.6	47.1	54.0	35.9	60.6	17.3	16.6	22.6	24.4	16.2	17.4	11.1	5.5	2.04	0.0418	46.8 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (MAX.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (ORT.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	107	117	91	104	69	117	3.3	3.2	4.4	4.7	3.1	3.4	2.1	1.1	0.39	0.0497	86.4 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (ORT.)
NET EKONOMİK POTANSİYEL (MIN.)	(T.T.V.?) Milyar KWH	31	34	27	30	20	34	1.0	0.9	1.3	1.4	0.9	1.0	0.6	0.3	0.11	0.0025	25.1 Milyar KWH NET EKONOMİK POTANSİYEL (MIN.)

NOT: En üstteki "Yıldırımlar" tablosundaki verilerin doğruluğundan ilke bu tablo dışındaki tüm verilerin sorumluluğu devlettedir.

KARŞILAŞTIRILAN GENEL SONUÇLAR -	MAXİMUM DEĞERLERİLE	ORTALAMA DEĞERLERİLE	MINİMUM DEĞERLERİLE	
EN AZ VE EN ÇOK KARŞILANMA ORANLARI	KARŞILANMA	KARŞILANMA	KARŞILANMA ORANLARI%	
1) ELEKTRİK TÜKETİMİNİN KARŞILANMA YÜZDESİ: (1995 YILINDA ÜLKE TÜKETİM TALİMİNE GÖRE)	120.9	541.2 % (yüzdeler)	7.3	30.6 % (yüzdeler)
2) ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KARŞILANMA YÜZDESİ: (1995 YILINDA ÜLKE ÜRETİM TALİMİNE GÖRE)	104.3	436.8 % (yüzdeler)	5.9	24.6 (yüzdeler)
	min.	max.	min. max. (Tehnik verimlere göre)	

82.1 MİLYAR KWH (kilotonnes) - 1995 ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİM TALİMİNİ
 102.3 MİLYAR KWH (kilotonnes) - 1995 ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM TALİMİNİ
 ASIL FILE: WGV100 MŞ. W02 (REN: 16.2.95)
 BSK1 ORJ. FILE: WGV50M02 W02
 FILE RUFOR 16.02.1995 (1105)

Çizelge 5.2: Rüzgar Enerjisi Değerlendirme Kriterleri

(I- VERİLER; II- VARSAYIM DEĞİŞKEN PARAMETRELER; III- FORMÜLLER)

FILE: WMD80295.WQ2

ORJ: 31.1.1995 (WINTOORT.WQ2)
UPD: 8.2.1995 (10:20): QPRO5TÜM TÜRKİYEDE
RÜZGAR ENERJİSİNDEN YARARLANMA İMKANLARI
(SENARYO:1 = ORTALAMA DEĞERLER)

I- VERİLER

II- VARSAYIM, PARAMETRE VE DEĞİŞKENLER:
III- FORMÜLLER

I- VERİLER

(1) (2)
ÜLKE BAZINDA GENEL VERİLER:

A - DMİ VE EİE VERİLERİ:

(METEOROLOJİK VE COĞRAFI VERİLER)

YÖRELERE GÖRE (°)

YILLIK ORTALAMA

RÜZGAR GÜÇLERİ

ELEFCE

TESPİT EDİLEN

ARAZI YÜZÖLÇÜMÜ (km²)

YÖRE KODLARI

YÖRE KODLARI	YÖRELERE GÖRE (°)	YILLIK ORTALAMA RÜZGAR GÜÇLERİ	ELEFCE TESPİT EDİLEN ARAZI YÜZÖLÇÜMÜ (km ²)	YÖRELERE GÖRE (°)	YILLIK ORTALAMA RÜZGAR GÜÇLERİ	ELEFCE TESPİT EDİLEN ARAZI YÜZÖLÇÜMÜ (km ²)
DIĞER	P (-10 W/m ²)	214480	km ²	DIĞER		
YÖRELER	O (10-20 W/m ²)	289040	km ²	YÖRELER		
VE GÜÇLERİ	N (20-30 W/m ²)	125440	km ²	ALANLARI		
	M (30-40 W/m ²)	67520	km ²			
	L (40-50 W/m ²)	37320	km ²			
	K (50-60 W/m ²)	16880	km ²	ÖNCELİKLİ		
ÖNCELİKLİ	J (60-70 W/m ²)	11960	km ²	YÖRELERİN		
YÖRELER	I (70-80 W/m ²)	6120	km ²	ALANLARI		
VE ADLARI:	H (80-90 W/m ²)	2640	km ²			
	G (90-100 W/m ²)	1680	km ² =	1680	km ²	
	F (100-110 W/m ²)	3160	km ² =	3160	km ²	
	E (110-120 W/m ²)	1120	km ² =	1120	km ²	
	D (120-130 W/m ²)	920	km ² =	920	km ²	
	C (130-140 W/m ²)	520	km ² =	520	km ²	
	B (140-150 W/m ²)	400	km ² =	400	km ²	
	A (150-160 W/m ²)	240	km ² =	240	km ²	

TOPLAM YÜZÖLÇÜMÜ: 779440 km² 8040 km² =
ÖNCELİKLİ YÖRELER
YÜZÖLÇÜMÜ TOPLAMI

B- DOĞAL VERİLER:

8760 = SAAT/YIL

C- METEOROLOJİK ÖLÇÜM YÜKSEKLİĞİ:

10 = Metre (METEOROLOJİK ÖLÇÜMLERİN
YAPILDIĞI YÜKSEKLİK)

D- 1994 YILI ENERJİ VERİLERİ: (Kaynak: DPT)

76.5 = MİLYAR KWH (kilovatsaat), 1994 YILI
ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMİ
20992 = MW (Megavat), 1994 YILITÜRBİN KURMA SIKLIĞI (YÖRESEL
ÖZELLİKLERE GÖRE):(Beher m² türbin tarama alanına karşılık)
(TÜRBİN TARAMA ALANI BAŞINA:

II- VARSAYIM, PARAMETRE VE DEĞİŞKENLER:

UYGUN ARAZİLERİN YÖRESEL

KULLANIM ORANLARI:

(KULLANIM YÜZDESİ)

(YÖRE GRUPLARI)

(BIRAKILAN ARAZİ)

65 % = A GRUBU YÖRELERDE	25 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
60 % = B GRUBU YÖRELERDE	30 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
50 % = C GRUBU YÖRELERDE	35 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
45 % = D GRUBU YÖRELERDE	40 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
35 % = E GRUBU YÖRELERDE	40 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
35 % = F GRUBU YÖRELERDE	50 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
30 % = G GRUBU YÖRELERDE	55 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
25 % = H GRUBU YÖRELERDE	60 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
22 % = I GRUBU YÖRELERDE	70 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
20 % = J GRUBU YÖRELERDE	80 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
15 % = K GRUBU YÖRELERDE	90 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
11 % = L GRUBU YÖRELERDE	100 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
9 % = M GRUBU YÖRELERDE	120 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
5 % = N GRUBU YÖRELERDE	150 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
3 % = O GRUBU YÖRELERDE	200 m ² = BIRAKILAN ARAZİ
1 % = P GRUBU YÖRELERDE	250 m ² = BIRAKILAN ARAZİ

Çizelge 5.3: Rüzgar Analizinde Yer Gözlemleri Kullanılan İstasyonlar (Tübitak-MAM Rüzgar Atlası İstasyonları verileri Kullanılmıştır.)

İstasyon No	İstasyon	Enlem	Boylam	Yükseklik
1. 0352	Adana	26 59	35 18	20
2. 0600	Adıyaman	37 45	38 17	678
3. 0190	Afyon	38 45	30 32	1034
4. 0606	Akcakoca	41 05	31 10	10
5. 0184	Akhisar	38 55	27 51	95
6. 0609	Alanya	36 33	32 00	7
7. 0320	Anamur	36 06	32 50	5
8. 0130	Ankara	39 57	32 53	894
9. 0378	Antakya	36 12	36 10	100
10. 0300	Antalya	36 52	30 44	42
11. 0618	Ayvalık	39 19	26 42	4
12. 0150	Balıkesir	39 38	27 53	147
13. 0115	Bandırma	40 21	27 58	58
14. 0627	Bergama	39 01	27 11	45
15. 0290	Bodrum	37 02	27 26	27
16. 0635	Bozcaada	39 50	26 04	40
17. 0636	Bozkurt	41 57	34 01	167
18. 0238	Burdur	37 43	30 17	967
19. 0116	Bursa	40 13	29 00	100
20. 0112	Çanakkale	40 08	26 24	2
21. 0054	Çorlu	41 10	27 47	183
22. 0180	Dikili	39 03	29 52	3
23. 0050	Edirne	41 40	26 34	51
24. 0653	Edremit	39 35	27 01	21
25. 0129	Etimesgut	39 57	32 40	806
26. 0110	Gökçeada	40 12	25 54	72
27. 0062	Göztepe	40 58	29 05	39
28. 0100	İğdır	39 55	44 03	858
29. 0024	İnebolu	41 59	3 346	64
30. 0240	İsparta	37 46	30 33	1004
31. 0677	Karapınar	37 43	33 33	997
32. 0690	Köyceğiz	36 58	28 41	24
33. 0200	Malatya	38 21	38 19	898
34. 0282	Mardin	37 18	40 44	1080
35. 0292	Muğla	37 13	28 22	646
36. 0340	Mersin	36 48	34 38	5
37. 0030	Samsun	41 21	36 15	44
38. 0061	Sarıyer	41 10	29 03	56
39. 0722	Seydişehir	37 25	31 51	1131
40. 0330	Silifke	36 23	33 56	15
41. 0026	Sinop	42 02	35 10	32
42. 0090	Sivas	39 45	37 01	1285
43. 0170	Van	38 30	43 23	1671

Çizelge 5.4: İstasyonların Ölçüm Yüksekliğindeki bazı istatistik bilgileri

İstasyon	Max. hız (m/s)	Ort. hız (m/s)	Ort. Enerji yoğunluğu (W/m ²)	Hakim yön Derece	Frekans %
Adana	33.6	1.4	5	30	16.2
Adıyaman	31.6	2.3	25	30	22.9
Afyon	36	2.7	36	330	15.6
Akcakoca	30.6	2.6	34	150	30.6
Akhisar	32.5	2.7	44	30	29.8
Alanya	35.3	1.9	9	60	22
Anamur	42.2	3.1	52	30	25.2
Ankara	34	1.8	9	30	33.1
Antakya	28.4	4	85	210	47.7
Antalya	38.7	2.7	39	300	25.6
Balıkesir	31.8	2.8	58	30	29.6
Bandırma	39.9	5.8	300	30	35.9
Bergama	38.8	3.5	59	30	59.8
Bodrum	41.7	3.7	85	30	23.8
Bozcaada	43.3	6.2	317	30	34.3
Burdur	38.8	2.5	36	120	28.6
Bursa	34.2	2.2	22	30	19.7
Çanakkale	35.4	3.9	92	30	57.9
Çorlu	30.2	3.8	96	30	33.5
Edremit	32.6	2.5	23	60	20.3
Cökçeada	35.2	3.5	69	30	36.7
Göztepe	27.4	2.2	15	30	40.1
İnebolu	41.8	3.7	63	210	43.6
Isparta	52.3	2.5	39	300	20.7
Malatya	33.4	2.7	51	210	24.8
Mardin	38.1	4.3	186	30	27
Muğla	30	2.6	30	300	32.6
Mersin	32.6	2	15	330	24.2
Sakarya	27.1	1.7	11	210	19.4
Samsun	34.5	2.7	40	210	32.2
Sarıyer	41.2	2.9	42	360	30
Sinop	40.5	3.6	84	120	24.7
Sivas	27.5	1.4	6	300	19
Van	70.1	2.1	17	120	20.4

Çizelge 5.5: İstasyonların Üzerindeki Yükseklikler İçin Ortalama Rüzgar Enerji Yoğunluğu
[Yerden İtibaren Yükseklik (m), Hız (m/s), enerji yoğunluğu (W/m²)]

Yük.	Antalya		Alanya		Anamur		Mersin		Adana	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	27	40	19	10	3.1	51	2.1	15	1.6	7
20	3.1	55	2.1	14	3.5	73	2.4	21	1.8	10
25	3.2	61	2.2	15	3.7	80	2.5	24	1.9	11
30	3.3	66	2.3	16	3.8	88	2.6	26	2.0	12
35	3.4	70	2.4	18	4.0	95	2.7	28	2.0	12
40	3.5	74	2.5	19	4.1	100	2.7	30	2.1	13
50	3.7	80	2.6	21	4.3	111	2.9	33	2.2	14
100	4.4	124	3.1	33	5.1	177	3.4	53	2.6	23
200	5.5	253	3.8	66	6.3	353	4.2	106	3.2	45

Yük.	İncobolu		Sinop		Bozkurt		Samsun		Akcakoca	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	3.7	65	3.7	85	2.9	30	2.6	41	2.6	35
20	4.3	93	4.2	120	3.4	43	3.0	57	3.0	48
25	4.5	103	4.4	133	3.5	48	3.1	63	3.1	53
30	4.6	113	4.6	145	3.7	53	3.3	67	3.2	57
35	4.8	122	4.7	156	3.8	57	3.4	71	3.3	61
40	4.9	130	4.9	166	3.9	61	3.5	74	3.4	64
50	5.2	145	5.1	182	4.1	68	3.6	81	3.6	70
100	6.1	232	6.0	283	4.8	110	4.3	124	4.3	108
200	7.6	460	7.5	556	6.0	218	5.4	253	5.3	219

Yük.	Sarıyer		Göztepe		Bursa		Adapazarı		Dikili	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	2.9	43	2.3	15	2.2	22	1.8	11	2.6	28
20	3.4	61	2.6	21	2.5	31	2.1	16	2.9	40
25	3.5	68	2.7	24	2.6	34	2.1	18	3.1	45
30	3.7	74	2.8	26	2.7	36	2.2	19	3.2	49
35	3.8	80	2.9	28	2.8	39	2.3	21	3.3	53
40	3.9	85	3.0	30	2.9	41	2.4	22	3.4	56
50	4.1	94	3.1	33	3.0	44	2.5	24	3.5	62
100	4.8	149	3.7	54	3.6	68	2.9	38	4.2	99
200	6.0	299	4.6	106	4.5	139	3.7	76	5.2	197

Yük.	Mardin		Antakya		Malatya		Adıyaman		Van	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	4.4	150	4.2	86	2.7	51	2.3	25	2.1	14
20	5.0	212	4.8	125	3.1	72	2.7	35	2.4	20
25	5.2	235	5.0	140	3.2	79	2.8	38	2.5	22
30	5.4	256	5.2	155	3.3	87	2.9	41	2.6	24
35	5.6	274	5.4	168	3.4	93	3.0	44	2.7	25
40	5.7	292	5.5	181	3.5	98	3.1	46	2.7	27
50	6.0	321	5.8	202	3.7	108	3.2	50	2.9	30
100	7.0	466	6.8	329	4.4	168	3.8	78	3.4	47
200	8.5	826	8.5	646	5.4	331	4.7	159	4.2	94

Yük.	Bozcaada		Bandırma		Gökçeada		Çanakkale		Çorlu	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	6.2	317	5.3	295	3.9	87	3.9	93	3.9	103
20	6.4	320	5.8	300	4.5	124	4.5	132	4.4	146
25	7.5	495	6.1	348	4.7	138	4.7	147	4.6	161
30	7.7	539	6.3	379	4.9	151	4.9	161	4.8	176
35	7.9	577	6.5	406	5.1	163	5.0	174	5.0	189
40	8.1	614	6.7	430	5.2	174	5.2	185	5.1	201
50	8.4	675	6.9	474	5.5	193	5.4	205	5.3	222
100	9.6	944	8.0	671	6.5	308	6.4	311	6.3	338
200	11.3	1522	9.5	1124	8.1	613	7.8	575	7.7	643

Yük.	Karapınar		Ankara		Afyon		Isparta		Burdur	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	2.8	46	1.9	10	2.3	37	2.5	38	2.5	37
20	3.2	64	2.1	14	3.2	51	2.9	54	2.8	50
25	3.3	71	2.2	16	3.3	56	3.0	60	2.9	55
30	3.5	77	2.3	17	3.4	61	3.1	65	3.1	59
35	3.6	82	2.4	18	3.6	65	3.3	71	3.2	63
40	3.7	87	2.5	19	3.7	69	3.5	75	3.3	66
50	3.9	96	2.6	21	3.8	76	3.5	83	3.4	72
100	4.6	149	3.1	34	4.5	118	4.2	132	4.0	110
200	5.7	296	3.8	68	5.6	239	5.2	264	5.0	224

Yük.	Muğla		Bodrum		Akhisar		Bergama		Edremit	
	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji	Hız	Enerji
10	2.7	25	3.7	85	2.9	45	3.5	61	2.5	22
20	3.1	35	4.3	120	3.3	63	4.0	87	2.9	32
25	3.2	39	4.4	134	3.5	70	4.2	96	3.0	35
30	3.4	43	4.6	146	3.6	76	4.4	106	3.1	38
35	3.5	47	4.8	156	3.7	82	4.5	114	3.2	41
40	3.6	50	4.9	166	3.8	87	4.7	121	3.3	44
50	3.7	56	5.1	183	4.0	96	4.9	134	3.5	48
100	4.4	89	6.1	289	4.3	152	5.8	213	4.1	77
200	5.5	177	7.6	578	5.9	304	7.2	426	5.1	153

Çizelge 5.6: Standart Pürüzlülük Sınıfları ve Standart Yüksekliklere Göre Hesaplanmış Yıllık Ortalama Hız ve Rüzgar Güç Yoğunluğu Değerleri

Z (m), Hız (m/s), Rüzgar güç yoğunluğu (W/m^2)

BOZCAADA

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	8.1 606	6.0 314	5.2 208	4.1 102
25	8.8 785	7.0 624	6.3 476	5.3 272
50	9.3 933	7.7 816	7.1 638	6.2 419
100	9.9 1097	8.4 996	7.9 808	7.1 586
200	10.4 1280	9.2 1089	8.7 924	8.0 715

ÇANAKKALE

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	6.7 342	5.0 176	4.4 117	3.5 58
25	7.3 418	5.8 287	5.2 212	4.5 125
50	7.8 497	6.4 374	5.9 293	5.2 193
100	8.2 585	7.0 467	6.6 378	5.9 272
200	8.6 683	7.6 521	7.2 445	6.7 344

ÇORLU

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	3.6 57	2.6 32	2.2 20	1.8 11
25	3.7 59	3.0 50	2.7 37	2.3 21
50	3.9 68	3.3 63	3.1 52	2.7 35
100	4.2 83	3.6 78	3.4 66	3.1 46
200	4.4 100	3.9 86	3.7 74	3.5 58

AKCAKOCA

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	6.0 273	4.5 246	3.9 95	3.1 47
25	6.4 287	5.1 224	4.6 165	3.9 106
50	6.8 348	5.6 293	5.2 227	4.5 154
100	7.2 410	6.1 357	5.8 295	5.2 215
200	7.6 479	6.7 403	6.4 344	5.9 270

AFYON

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	4.7 130	3.6 69	3.2 50	2.5 25
25	5.3 153	4.2 116	3.8 85	3.2 51
50	5.6 182	4.7 152	4.3 118	3.8 79
100	5.9 206	5.1 187	4.8 151	4.3 110
200	6.6 291	5.6 208	5.1 157	4.9 141

ANAMUR

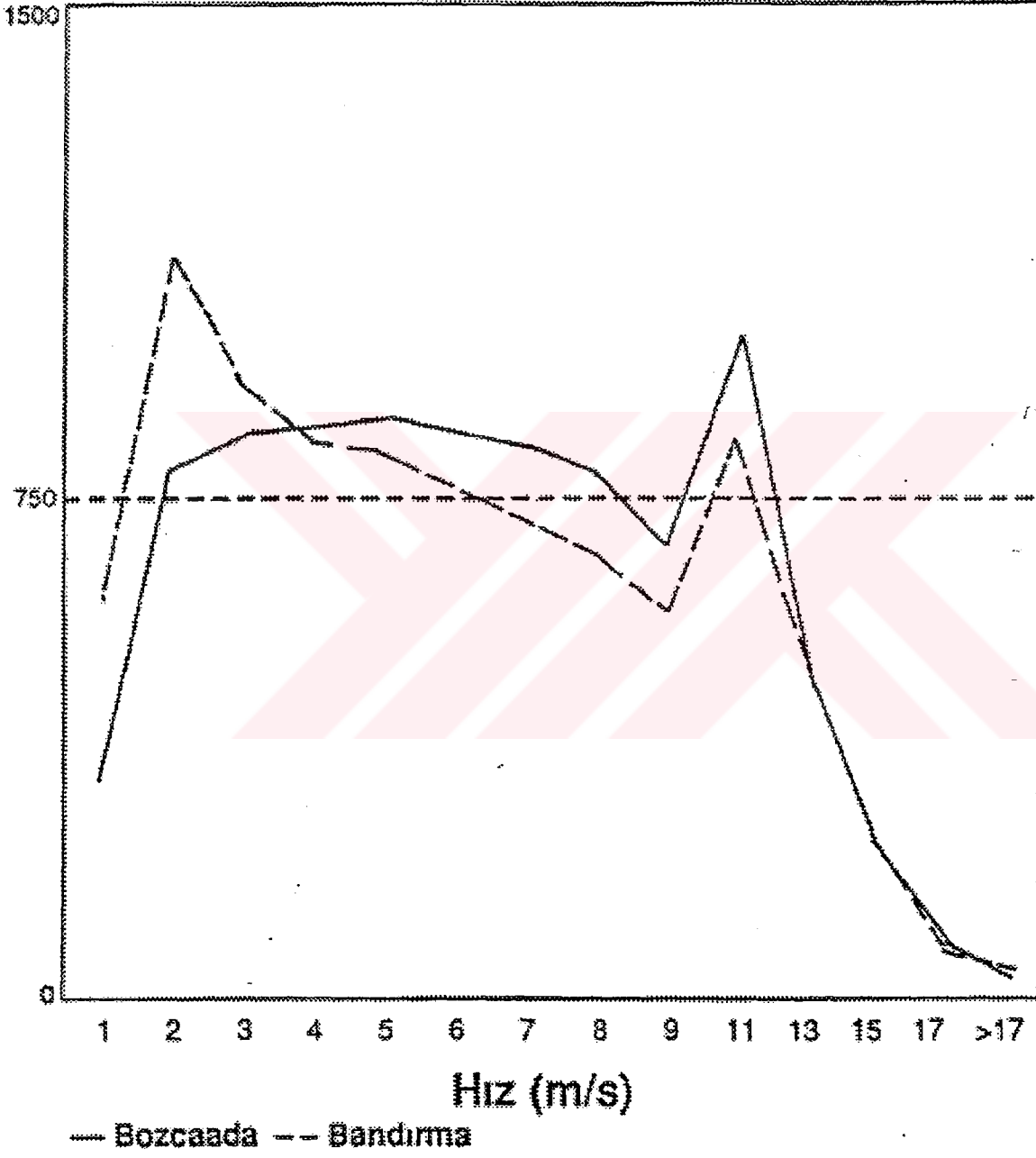
z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	5.0 164	3.8 92	3.3 57	2.6 28
25	5.4 180	4.3 137	3.8 83	3.3 60
50	5.7 210	4.7 179	4.4 141	3.8 90
100	6.0 247	5.2 218	4.9 182	4.4 134
200	6.4 296	5.6 243	5.4 212	5.0 164

* Bu tablolar TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Rüzgar Atlas İstatistikleri, Proje No: 0630018701 verileri kullanılarak hesaplanmıştır.

SİNOP

z	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
10	4.8 151	3.6 85	3.2 56	2.5 27
25	5.2 181	4.2 170	3.8 124	3.2 73
50	5.5 215	4.6 217	4.2 154	3.8 112
100	5.8 253	5.1 261	4.7 210	4.3 152
200	6.1 295	5.5 273	5.2 234	4.8 180

Esme süresi



Şekil 5.1: Bozcaada- Bandırma Esma Süreleri

5.2 Türkiye’de Yapılan Son Dönem Çalışmaları

5.2.1 Rüzgar santrali kurmak için yapılan çalışmalar

YAP-İŞLET-DEVRET modeline göre rüzgar enerjisinden elektrik üretmek için başvuran firmaların 25 Eylül 1998 tarihi listesi aşağıdadır

5.2.1.1 Sözleşmesi imzalanan rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
ÇEŞME-ALAÇATI RÜZGAR SANTRALI	ARES A.Ş. (İNERWIND)	İZMİR-ÇEŞME- ALAÇATI	7.2 MW

TOPLAM (1ADET)	7.2 MW
----------------	--------

5.2.1.2 Sözleşme görüşmeleri aşamasında olan rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
KOCADAĞ RÜZGAR SANTRALI	ASMAKİNSAN	İZMİR-ÇEŞME- KOCADAĞ	2X25.2=50.4 MW

TOPLAM (1 ADET)	50.4 MW
-----------------	---------

5.2.1.3 Fizibilite raporu değerlendirilen rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
BOZCAADA RÜZGAR SANTRALI	GENEL ENERJİ- YENİGÜN İNŞAAT	ÇANAKKALE- BOZCAADA	5 MW
ÇANAKKALE RÜZGAR SANTRALI	ASMAKİNSAN	ÇANAKKALE	30 MW
BOZCAADA RÜZGAR SANTRALI	DEMİRER HOLDİNG A.Ş.	ÇANAKKALE BOZCAADA	10.2 MW

TOPLAM (3 ADET)	45.2 MW
-----------------	---------

5.2.1.4 Revize raporu beklenen rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
AKHİSAR RÜZGAR SANTRALI	AK-EN ENERJİ (SASAŞ İNŞAAT	MANİSA- AKHİSAR	12 MW
GÖKÇEADA RÜZGAR SANTRALI	SİMELKO	ÇANAKKALE GÖKÇEADA	1.62 MW

TOPLAM (2 ADET)	13.62 MW
-----------------	----------

5.2.1.5 Fizibilite raporu beklenen rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
AKHİSAR RÜZ. SANTRALI	DEMİNER HOLDİNG	MANİSA-AKHİSAR	30 MW
KOCADAĞ RÜZ.SANTRALI	MAGE	İZMİR-ÇEŞME	43.5 MW
YAYLAKÖY RÜZ.SANTRALI	MAGE	İZMİR- KARABURUN	15 MW
ŞENKÖY RÜZ.SANTRALI	AKFIRAT A.Ş	HATAY-ŞENKÖY	12 MW
ÇEŞME RÜZ.SANTRALI	PROKON	İZMİR-ÇEŞME	12 MW
YALIKAVAK RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	MUĞLA-BODRUM YALIKAVAK	15 MW
BEYOBA RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	MANİSA-AKHİSAR BEYOBA	15 MW
LAPSEKİ RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	ÇANAKKALE- LAPSEKİ	15 MW
BANDIRMA RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	BANDIRMA	15 MW

DATÇA RÜZ.SANTRALI	DEMİRER HOLDİNG	MUĞLA-DATÇA	30 MW
KARABURUN RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	İZMİR- KARABURUN	22.5 MW
DATÇA RÜZ.SANTRALI	ATLANTİS TİCARET	MUĞLA-DATÇA	15 MW
MAZIDAĞI RÜZ. SANTRALI	DEMİRER HOLDİNG	İZMİR-ÇEŞME ALAÇATI	39 MW
HACIÖMERLİ RÜZ.SANTRALI	DEMİRER HOLDİNG	İZMİR-ALIĞA	45 MW

TOPLAM (14 ADET)	324 MW
------------------	--------

5.2.1.6 Başvuru Raporu Değerlendirilen Rüzgar Projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
KARABİGA RÜZGAR SANTRALI	AS MAKİNSAN	KARABİGA- ÇANAKKALE	15-50 MW
KAPIDAĞ RÜZGAR SANTRALI	AS MAKİNSAN	ERDEK-B.KESİR	20-35 MW
BELEN RÜZGAR SANTRALI	TEKNİK TİC.	BELEN-HATAY	20-30 MW
BODRUM RÜZGAR SANTRALI	DEMİRER HOLDİNG A.Ş.	BODRUM- YALIKAVAK	19.8 MW
İNTEPE RÜZGAR SANTRALI	İNTERWIND LTD.	ÇANAKKALE- İNTEPE	30 MW
İNTEPE RÜZ.SANTRALI	SANTAŞ A.Ş.	Ç.KALE-İNTEPE	13.2 MW

TOPLAM (6 ADET)	118-178 MW
-----------------	------------

5.2.1.7 Başvuru raporu alınıp, 6 aylık ölçüm beklenen rüzgar projeleri

PROJENİN ADI	BAŞVURAN FİRMA	YERİ	GÜCÜ
KARABİGA RÜZGAR SANTRALI	TEKNİK TİC.	ÇANAKKALE-KARABİGA	5-7 MW
KARABİGA RÜZGAR SANTRALI	AK EN	ÇANAKKALE-KARABİGA	12 MW
YELLİCE BELEN RÜZ.SANTRALI	ASMAKİNSAN	BELEN KARABURUN-	70-100 MW

TOPLAM (3 ADET)	87-119 MW
-----------------	-----------

GENEL TOPLAM=645.42-737.42 MW

5.2.2 Diğer çalışmalar

5.2.2.1 Çeşme-Alaçatı otoprodüktör rüzgar santrali

İzmir-Çeşme Germiyan mevkiinde kurulan Türkiye'nin ilk rüzgar santrali elektrik üretimine 17 Şubat 1998'de başladı. Tarihteki Germiyanoğulları sülalesinden adını alan bu köy,bu kez de doğal enerji kaynağından yararlanan ilk Türk köyü olma ünvanını kazandı. Köyün santrala uzaklığı beşyüz metredir.

Otoprodüktör statüsündeki rüzgar santrali 3 adet 500 kW'lık ENERCÖN ENERJİ-40 türbininden oluşmaktadır. Toplam kurulu gücü *1.5 MW*'tır. Sahibi DEMİRER HOLDİNG'in bünyesinde yer alan DELTA PLASTİK A.Ş.'dir. Rüzgar santrali;santral alanının 1.5-2.0 km yakınından geçen 34.5 kV'luk İzmir-Alaçatı elektrik nakil hattına Becintepe mevkiinde bağlanmıştır.

5.2.2.2 İlk Yap-İşlet-Devret modeli rüzgar santrali

Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Güçbirliği Holding A.Ş., Lockheed Yatırım Holding A.Ş., Alataş A.Ş., Ergun ÖZAKAT, Metin ATAMER ve Mehmet HANAĞASIOĞLU Ortak Girişim Grubu arasında; **Çeşme-Alaçatı Rüzgar Santrali'nin** kurulması, işletilmesi ve üretilecek elektrik enerjisinin Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'ne (TEDAŞ) satışına ilişkin imtiyaz sözleşmesi 30 Temmuz 1998 tarihinde imzalanmıştır.

İzmir ili, Çeşme Alaçatı beldesinde her biri 600 kW gücünde 12 üniteden ve diğer ilgili birimlerden oluşan toplam 7.2 MW kurulu gücünde, 3096 sayılı kanunun 4. Maddesine (Yap-İşlet-Devret Modeli) göre kurulacak olan rüzgar santralının işletme süresi 20 yıldır. **Çeşme-Alaçatı Rüzgar Santrali'nin** montaj çalışmaları tamamlanmıştır.

5.2.2.3 EİE rüzgar enerjisi gözlem istasyonları

EİE İdaresi Genel Müdürlüğü mevcut rüzgar enerjisi gözlem istasyonlarında rüzgar verilerini toplamayı sürdürmektedir.

Çanakkale ve Trakya bölgelerinde rüzgar enerjisi istikşaf etüt çalışmaları yapılmış olup Çanakkale-Bababurnu ve Gelibolu yarımadasında Rüzgar Enerjisi Gözlem istasyonu kurmaya aday lokasyonlar tesbit edilmiştir. Satın alınan gözlem istasyonlarından bir adedi istikşaf etütleri sonucunda tesbit edilen Eğirdir'e (Isparta), diğeri de Foça'ya tesis edilmiştir.

1997 yılı bütçesinden alınan iki istasyondan birisi Çanakkale-Bababurnu'na tesis edilmiş olup diğeri de Gelibolu'ya tesis edilecektir. 1998 yılı bütçesinden 2 adet istasyon alımı yapılmıştır.

5.2.2.4 Rüzgar atlası projesi

EİE Genel Müdürlüğü Türkiye'nin rüzgar atlasının hazırlanmasına yönelik bir proje başlatmıştır. Söz konusu proje DMİ ile ortaklaşa yürütülecektir. Bunun için iki kurum arasındaki protokol 15.09.1998 tarihinde imzalanmıştır.

Bu projede;

- Rüzgar enerji planlanması konusunda merkezi,bölgesel ve yerl otoritelere bir referans oluşturması,
- Rüzgar enerjisinin ekonomik katkı yapacağı alanları belirlemesi,
- Türkiye'deki rüzgar enerji genel dağılımının gerçekçi bir portresinin çıkarılması amaçlanmaktadır.

5.2.2.5 Iresmed projesi

IRESMED; Integration of Renewable Energies in Southern Mediterranean Regions-Güney Akdeniz Bölgesinde Yenilenebilir Enerjilerinin Entegrasyonu- Bu proje Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) tarafından yürütülen INTERSUDMED projesinin bir açılımıdır.

IRESMED projesi,Güney Akdeniz Ülkelerinde güneş ve rüzgar enerjisinin büyük ölçekli kırsal elektrifikasyon ve şebeke bağlantılı elektrik üretimine,entegrasyon çalışmalarını amaçlar. Ana konu yenilenebilir enerjilerin fosil yakıtlı seçenekleri ile karşılıklı rekabetidir. Proje kapsamında en düşük maliyetli olanakları seçmek için ayrıntılı fayda/maliyet analizleri yapılacak,sosyal ve çevresel konularla ilgili dış yararlar da göz önüne alınacaktır.

IRESMED projesi iki ana grupta (Task) yürütülecektir:

- Kırsal elektrifikasyon için fotovoltaikler
- Elektrik üretimine rüzgar gücünün entegrasyonu

IRESMED,Akdeniz'in her iki tarafındaki elektrik şirketleri,ulusal araştırma merkezleri ve diğer destek organizasyonlarının güçlü bir konsorsiyumunu içerir. Bu projeye EİE Genel Müdürlüğü Türkiye adına Task 2 "Elektrik Üretimine Rüzgar Gücünün Entegrasyonu" konusunda katılmaktadır. Bu konu kapsamında :

- Rüzgar gücü için site karakterizasyonu ve rüzgar kaynağının analizi
- Şebeke bağlantı konularında teknolojik hususlar
- Ekonomik hususlar ve çevresel faydaları içeren maliyet/fayda analizleri
- Pazar geliştirme konuları ve kurumsal beklentiler
- Finansal planların analizi ve özel sektör katılımı çalışmaları gerçekleştirilecektir.

Projenin finansmanı Avrupa Birliği'nden hibe olarak karşılanacaktır. Projenin yaklaşık 2 yılda tamamlanması planlanmaktadır. Avrupa Topluluğu komisyonu ile IRESMED projesinin katılımcıları arasındaki ana sözleşme EİE tarafından 3.09.1998 tarihinde imzalanmıştır. Projenin programını onaylayan bu sözleşmenin imzalanması ile projeye katılan AT ülkesi kuruluşlarının Joule kapsamında alacağı mali katkı da düzenlenmiş olmaktadır. Akdeniz ülkeleri katılımcılarının alacağı finansmanı ise INCO programı karşılayacaktır.

5.2.2.6 EİE-AREB-TŞ rüzgar santral fizibilite projesi

Bu proje ile Türkiye'de rüzgarın enerji kaynağı olarak kullanılmasına öncülük edilmesi, Türkiye'nin batı bölgesinde belirlenecek bir yerde rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, fizibilitesinin hazırlanması ve sistem tasarımı için mühendislik metodolojisi oluşturulması amaçlanmaktadır.

Proje, EİE ile Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi'nin (AREB-TŞ) imzaladığı Ortak Girişim Protokolü çerçevesinde EİE tarafından yürütülmektedir. Proje yaklaşık iki yılda tamamlanacaktır. Toplam bütçe 296 709 ECU olup bunun 160 209 ECU 'lük kısmı Avrupa Yatırım Bankası METAP kapsamında sağlanan hibe ile karşılanmaktadır.

DECON&WIND CONSULT projeye danışmanlık yapacak yabancı firma olarak yapılan ihale sonucunda seçilmiş ve konu ile ilgili sözleşme 13.01.1998 tarihinde, Avrupa Yatırım Bankası ile AREB -TŞ arasındaki Hibe Antlaşması 2 Nisan 1998'de imzalanmıştır. Projede danışmanlık yapacak olan yerli firma ise SU-YAPI A.Ş. dir. Proje 20 Nisan 1998'de başlatılmış olup, proje kapsamında düzenlenen iki günlük rüzgar enerjisi semineri 25-26 Mayıs 1998 tarihlerinde, projenin iş bölümü ile ilgili koordinasyon toplantısı ise 27-28-29 Mayıs tarihleri arasında EİE Genel Müdürlüğü'nde yapılmıştır. Proje uygulama alanı olarak GÖKÇEADA seçilmiştir. Proje ile ilgili ikinci koordinasyon toplantısı 13-18 Ağustos 1998 tarihleri arasında Ankara'da ve projenin ilk adımına göre proje alanında yapılmıştır.

Proje alanında ölçümler için 30 metrelik ölçüm direği Eylül 1998'de monte edilerek veri toplanmaya başlanmıştır. EİE'nin Gökçeada'daki mevcut gözlem istasyonunda 1994 yılından beri yürütülen veri toplama işlemi de yeni istasyona paralel olarak sürdürülecektir.

5.3 Çanakkale Civarı ve Gökçeada'nın Genel Rüzgar Kliması

Türkiye'nin batısında, Ege denizinin kuzey'inde yer alan Gökçeada coğrafik konumu nedeni ile hem genel basınç sistemlerinin mevsimsel etkisinde kalmakta ve hem de günlük rüzgar sistemleri olan kara ve deniz meltemlerinin etkisinde bulunmaktadır. Genel basınç sistemlerinin mevsimsel etkisi kısaca şu şekilde özetlenebilir. Gökçeada'da kışın Orta Avrupa üzerinden gelen kutup kaynaklı İzlanda Alçak Basınç alanına bağlı sistemler ve Rusya üzerinden Türkiye'nin Güney enlemlerine kadar inen Sibirya Yüksek Basıncı'nın neden olduğu kuvvetli kuzeydoğulu akışlar, yine bu mevsimlerde Orta Akdeniz üzerinden kanalize olup gelen sistemlerin oluşturduğu kuvvetli güney ve güneybatılı akışlar, yaz mevsiminde ise Avrupa üzerinden merkezlenen Azor Yüksek Basıncı sebebiyle oluşan kuvvetli kuzeyli akışlar etkili olmaktadır.

İncelenen bölgenin ada olması ve engebeli bir arazi yapısına sahip bulunması sebebi ile bu bölge, üzerindeki genel basınç sistemlerinin oluşturduğu akışların etkisinin yanısıra, lokal etkenlerin oluşturduğu akışların etkisinde de kalmaktadır. Öğleden sonraki saatlerde karaya göre daha soğuk olan denizler üzerinde oluşan yüksek basınç alanından, daha sıcak olan kara yüzeyinde oluşan alçak basınç alanına doğru sürekli bir akış oluşur. Bu etki kara üzerindeki ısınmanın en fazla olduğu öğlen saatlerinden itibaren başlayıp soğumanın başladığı akşam saatlerine kadar deniz meltemi şeklinde devam eder. Gece boyunca daha soğuk olan kara yüzeyinde oluşan yüksek basınç alanından denize doğru bir akış başlar. Kara meltemleri, güneşin yükselmesiyle ada üzerinde alçak basınç alanlarının oluşumuna kadar devam eder. Ayrıca bölgede yer yer dağ ve vadi meltemlerinin etkisi de görülür.

Hem genel basınç sistemlerinin oluşturduğu akış ve hem de lokal etkiler nedeniyle oluşan rüzgarın yön ve şiddetinin bilinmesi, yani bölgenin rüzgar klimasının belirlenmesi, bölgede kurulması planlanan türbinlerin en yüksek verimle çalıştırılacağı yerin ve saatlerin saptanması açısından büyük önem taşımaktadır.

5.3.1 Gökçeada'nın coğrafik konumunun incelenmesi

Ege denizinin kuzeyindeki Gökçeada Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü İstasyonu 40,1⁰N enlemi ve 25,5⁰E boylamında yer almakta olup, Ada genel olarak engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Adanın en yüksek tepesi orta kısımda bulunan 672m yükseklikteki Doruktepe'dir. Bunu sırası ile Batı ucunda yer alan 469m yükseklikte bulunan Çukatepe, kuzeydoğusunda uzanan 444m'lik Çınartepe, doğuda 360m yükseklikteki Kefala Tepesi takip

eder. Bu yükseltelerin ada boyunca üç ayrı yönde sıralanmış olması,denizden gelen rüzgar akışını iç kesimlerde bozulmaya uğratmaktadır. Bu ise adanın kuzeydoğusuna yakın bir bölgede denizden 71m yükseklikte kurulmuş olan meteoroloji istasyonunda rüzgar verilerinin sağlıklı ölçümünü etkilemektedir. Bu nedenle bu istasyona ilave olarak ve adada uzun yıllar ortalamalarına göre hesaplanan NNE, NNW ve SW'lı rüzgarın hakim olduğu dikkate alınarak,adanın güneybatı ve kuzeyinde öncelikli olarak iki ayrı istasyon daha kurulmuş, iki yıl süreyle ölçüm yapılmıştır.

5.3.2 Gökçeada rüzgar hızı ölçüm istasyonlarının yer seçimi ve verilerin toplanması

Gökçeada'da rüzgar enerji potansiyelinin belirlenebilmesi ve yöreye uygun küçük güçlü bir türbinin dizaynı amacı ile öncelikle adadaki meteoroloji istasyonuna ek olarak yeni rüzgar ölçüm istasyonlarının yerlerinin seçimi problemi ele alınmıştır. Oldukça engebeli bir yapıya sahip olan adanın topoğrafik yapısının rüzgar hızı üzerinde oluşturduğu artırıcı ve zayıflatıcı etkileri saptamak üzere en az iki mobil rüzgar ölçüm kulesi oluşturulmuştur.

Adanın en yüksek yeri olan Doruktepe ($\lambda=40,1^0N, \varphi=25,8^0E, h=640m$ ortalama deniz seviyesi (o.d.s.)ve güneyli rüzgarları en iyi şekilde temsil eden Uğurlu ($\lambda=40,1^0, \varphi=25,7^0E, h=30m$ (o.d.s.)istasyonlarında rüzgar hızı ölçüm sensörleri 10m yükseklikte olan kulelerinin kurulmasına karar verilmiştir. Doruktepe'de 1991 yılı son yarısı ile 1992 yılı ilk yarısında sonbahar-kış mevsimine ait rüzgar hızı verileri kaydedilmiş,daha sonra ölçüm sistemi Çınaraltı ($\lambda=25,8^0N, \varphi=40,2E, h= 30m$ (o.d.s.)istasyonuna taşınmıştır.

Doruktepe rüzgar hızı ölçüm istasyonu ile aynı zamanda Uğurlu istasyonu rüzgar hızı ölçümlerinin kaydedilmesine başlanmıştır.26 Ekim 1991 yılından itibaren başlatılan otomatik veri kaydı Doruktepe hariç diğer iki istasyonda sürekli olarak devam ettirilmiştir. Taşınabilir rüzgar hızı istasyonlarının kurulduğu ve otomatik kayıtlara başlandığı 26 Ekim 1991 tarihinden itibaren D.M.İ. Genel Müdürlüğü Gökçeada Meteoroloji istasyonu rüzgar hızı saatlik verileri de manuel olarak bilgisayara yüklenmiştir.

5.3.2.1 Gerekli meteorolojik veriler

Bu araştırmanın yürütülebilmesi için gerekli veriler ve işlemler şu şekilde sıralanabilir:

1. Rüzgar verileri ve diğer çevre sondaj verileri,
2. Klimatolojik analiz,(çeşitli ölçeklerde,rüzgar hızı,hava sıcaklığı,yağış ve buzlanma gibi diğer parametrelerin incelenmesi),

3. Başlangıç olarak birkaç yerde rüzgar enerjisi olasılığının incelenmesi,
4. Parametrelerin zaman serilerinin analizi,
5. Simülasyon çalışmaları (REDS dizaynlarının simülasyonu)

5.3.2.2 Planlamada izlenen adımlar

1. Rüzgar ve diğer parametrelerle ilgili ayrıntılı veri toplanması,
2. Topoğrafya, çevre ve diğer koşulların rüzgar hızı değişiminde oluşturduğu etkilerin değerlendirilmesi konusunda deneyim,
3. Arazinin incelenmesi, rüzgar hızı ve diğer verileri toplama programı, yeni ölçüm sistemlerinin kullanılması,
4. Sınır tabaka meteorolojisi, iklim analizinin yapılması

5.3.2.3 İzlenen çalışma aşamaları

1-Farklı zaman ölçeklerinde rüzgar enerji üretimi tahmini (özel amaçlar için geliştirilmiş tahmin modellerinin kullanılması)

2-REDS'nin gerekliliği, sistemlerin değerlendirilmesi.

Rüzgar verileri, Sinoptik, Aeronotik, Klimatoloji veya Tarımsal meteoroloji istasyonlarından elde edilir. Rüzgar hızının standart ölçüm yüksekliği 10m'dir. En yakın engelin anemometreye olan uzaklığı, engebe yüksekliğinin 10 katından az olmamalıdır. Aeronotik istasyonlarında sensör, pistten 6-10m yukarıya yerleştirilebilir. Zirai meteoroloji istasyonlarında sensör yüksekliği 10m olmalıdır. REDS için ölçüm istasyonları atmosferik sınır tabaka (a.s.t.) ile ilgili ayrıntılı veri (10 dakikalık ortalama rüzgar profili, türbülans ve aşağı tabakalarda ısı transferi vb. veriler) sağlayan istasyonlar olmalıdır.

5.3.2.4 Diğer veriler

Yukarı seviye rüzgar hızı, sıcaklığı ve nem değerleri de gereklidir. Komple bir REDS analizi için bölge haritası ve seçilen istasyonların rüzgar verilerinin sağlanması çok yararlı olur. Ayrıca

-şehir yerleşim planı, ekili arazi ve coğrafi bölgeleri gösteren bir harita, detaylı rakım haritası, rüzgar verilerinin elde edilebildiği bölgelerin veya veri sağlanamayan bölgeler için analiz tekniklerinin gösterilmesi,

- Referans seviyelerindeki rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi,
- Ortalama rüzgar hızı ve gücünü veren ($z=z_1$ ve $z=z_2$ için) bir tablo hazırlanması,
- Rüzgar enerjisinin mevsimsel dağılımı ve yıllık dağılımını belirleyen şekil ve tablolar oluşturulması,
- Mevsimlere göre günlük enerji değişimini gösteren haritaların yapılması gerekmektedir.

Bazı uygulamalarda REDS sistemleri,rüzgar hızının gözleendiği istasyonların çok yakınında kurulur.İstasyonlardaki rüzgar analizleri aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- a) Yıllık ortalama hızı rüzgar hızı ve güç değişimi,
- b) Aylık ortalama rüzgar şiddet ve gücü,
- c) Günlük rüzgar şiddeti ve yön frekansları.
- d) Rüzgar şiddet ve gücünün süre analizleri

5.3.2.5 Verilerin kaydedilmesi ve ölçüm periyodu

Türkiye'nin genel rüzgar yapısı başlığı altında açıklanan esaslar gözönüne alınarak seçilen Gökçeada rüzgar hızı ölçüm istasyonunda yer seviyesinden 10m yukarıda (650m o.d.s.) ölçülen rüzgar hızı yön ve şiddet değerleri,26 Ekim 1991 tarihinden itibaren otomatik olarak kaydedildiği daha önce belirtilmişti. Ekim ayı içinde kayıt aralığı $\Delta t=10$ dakika,daha sonra ise 1 saat olarak seçilmiştir. Tablo 4.7'de rüzgar hızı ölçüm sistemi (rüzgar hızı ve yön sensörleri,data-logger,hafıza ve bilgisayara veri transferi ünitesi) ile ilgili ayrıntılar sunulmaktadır.

Çizelge 5.7: Mobil Rüzgar Hızı Ölçüm Sisteminin Teknik Özellikleri

	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet	Monte Yüksekliği
Rüzgar Şiddeti	0-55m/s	0-0,45m/s	10m
Rüzgar Yönü	0-36 ⁰	1,0-5,0 ⁰	10m
Hava Sıcaklığı	(-300 ⁰)-(+50 ⁰)		2m
Data Logger			1.5m
Hafıza Modülü= 256 K(bellek)			
Bilgisayara Veri Transfer Ünites (RS232)			

Rüzgar hızı sensörlerinin monte edildiği mobil kule ve aksesuarları ile ilgili detaylar, sensörlerin ve data loggerin monte planı Şekil 4.3'de sunulmaktadır.

Data Logger, hava koşullarına direnç sağlaması amacı ile yaptırılan bir koruyucu içine monte edilmiştir. Data Logger'da kaydedilen verilere ait bir örnek veri çıktısı Tablo 4.8'de verilmektedir.

Gerektiğinde rüzgar şiddeti verilerindeki sıcaklık düzeltmelerinin yapılabilmesi amacı ile 2m yüksekliğe monte edilen bir termokupl, D.M.I. Genel Müdürlüğü'nün standart örneklerine uygun olarak yaptırılan bir radyasyon koruyucusu içine monte edilmiştir.

5.3.3 Rüzgar hızı ölçüm kulesi

Engelibeli bir arazide kule düz araziye nazaran daha yüksek konumda olmalıdır. Dağlık ve tepelik bölgelerde yerleştirme planı daha zordur. Topoğrafik etkiler, z_0 (pürüzlülük uzunluğu), yüzey ısınma farklılıkları ve ısınma miktarının günlük değişimi, kısa mesafelerde rüzgar yönü ve şiddetini önemli ölçüde değiştirir. Rüzgar şiddeti ve yönünün zamanla değişimleri yakındaki bir meteoroloji istasyonu gözlemlerinden çok farklı olabilir REDS'nin kurulacağı yer meteoroloji istasyonuna nazaran rüzgar enerjisi temini için çok daha elverişli veya daha kötü olabilir. Deniz ve kara yüzeyleri üzerinde pürüzlülük uzunluğu farklılıkları ve deniz meltemi, sahil hattı boyunca rüzgar hızlarının kara içerisindeki (sahilden 1-2 mil kadar içeride) bölgelerden daha fazla olmasına neden olabilir.

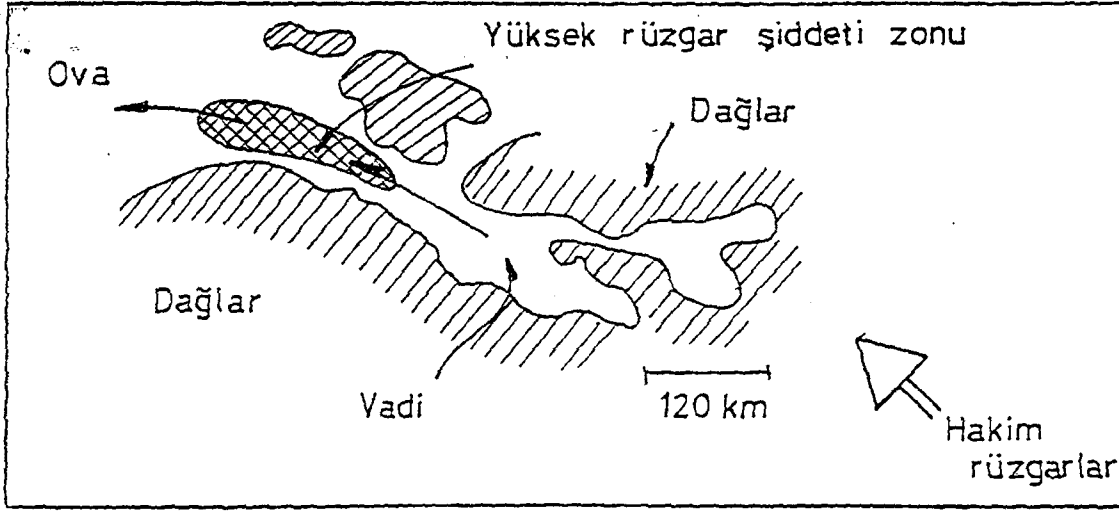
5.3.3.1 Yüksek arazinin avantajları

- Arazinin kendisi yüksek bir kule gibi davranır, rüzgar türbini rüzgar şiddeti daha yüksek olan seviyelere yükseltilmiş olur.
- Yüzey rüzgarlarının daha zayıf olduğu ve engebeli bölgeler nedeni ile akımın ayrıştığı bölgelere sistemin kurulması olasılığı söz konusu değildir.
- Yüksek arazi, akışı ivmelendirir, böylece yararlanılacak rüzgar gücü artar.

5.3.3.2 Çukur bölgelerin dezavantajları

- Küçük depresyonlar her rüzgar koşulunda gözlenebilir.
- Hakim rüzgar yönüne dik vadiler, akış hızını azaltır.
- Depresyonlar, durgun hava koşulları ile ilişkilidir.

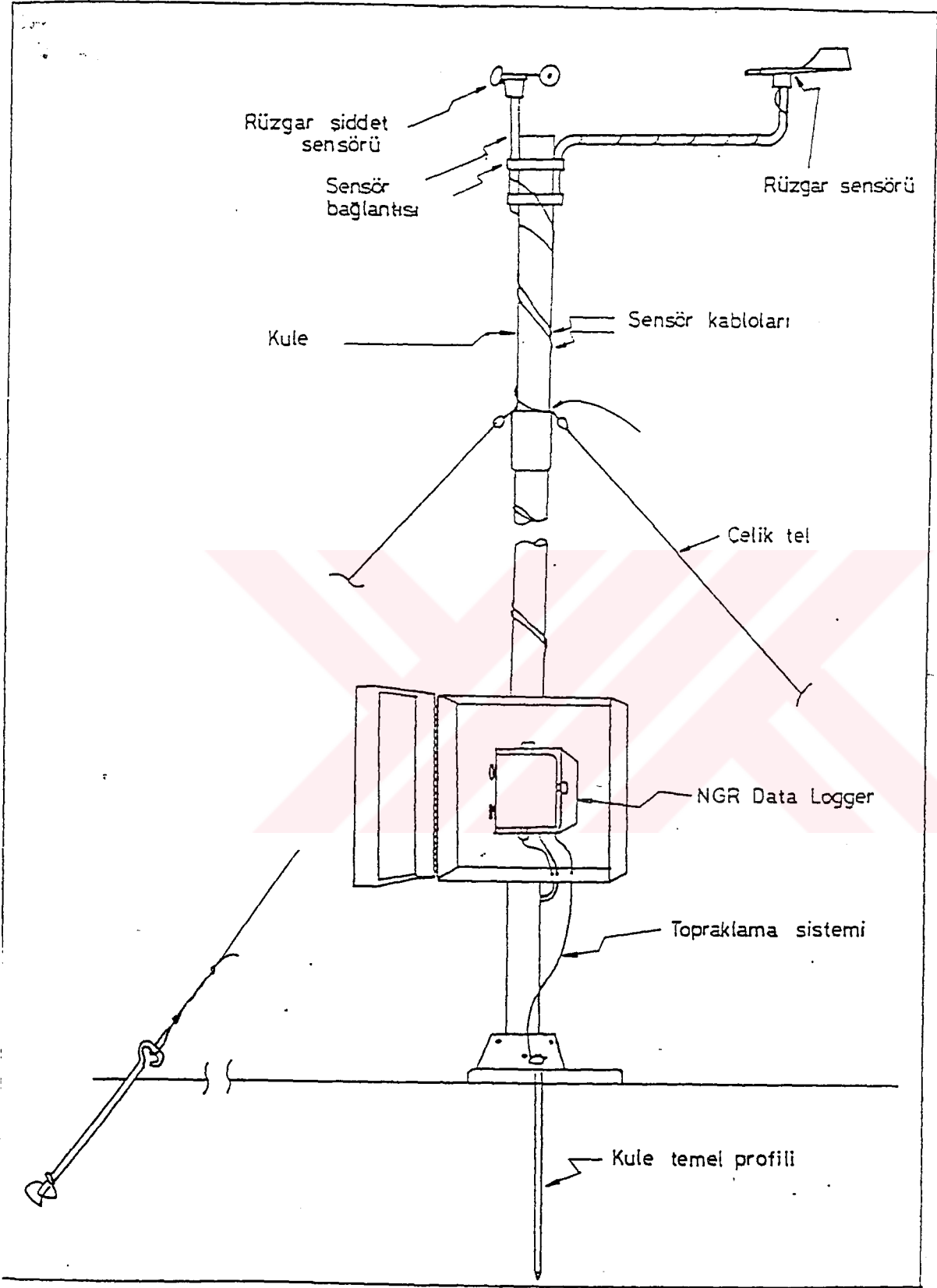
Şekil 5.2: Hakim Rüzgarın vadi ile kanalize olduğu alanda REDS'ne uygun yerler



1	2	3	4	5	6	7	8	9
003.1	032	01.8	002.1	010	01.6	090	0000	010193
004.9	022	01.0	003.6	024	00.9	090	0100	010193
004.6	045	01.3	003.4	031	01.1	090	0300	010193
004.6	059	01.1	003.5	034	01.0	090	0300	010193
007.3	053	01.7	005.5	032	01.4	090	0400	010193
005.8	039	01.8	004.5	034	01.5	090	0500	010193
007.6	024	02.3	006.0	034	02.0	089	0500	010193
009.4	015	01.6	007.5	035	01.4	089	0700	010193
009.1	015	01.7	007.0	035	01.3	088	0800	010193
007.5	027	02.0	005.9	037	01.6	088	0900	010193
005.5	035	01.6	004.4	038	01.3	088	1000	010193
005.3	039	01.6	004.6	039	01.3	089	1100	010193
006.7	035	01.6	005.3	039	01.4	088	1200	010193
009.5	024	02.1	007.7	038	01.7	088	1300	010193
011.6	020	02.2	009.7	037	02.0	087	1400	010193
013.1	017	02.1	010.7	037	01.8	086	1500	010193
013.1	017	03.0	010.4	037	02.4	086	1600	010193
012.0	020	02.3	010.1	035	02.0	085	1700	010193

1- 10 metre'deki rüzgar şiddeti
2- 10 metre'deki rüzgar yönü
3- Rüzgar şiddetinin standart sapması
4- 2 metre'deki rüzgar şiddeti
5- 2 metre'deki rüzgar yönü
6- 2 metre'deki rüzgar şiddetinin standart sapması
7- Sıcaklık
8- Saat
9- Tarih

Çizelge 5.8: N.G.R. Kayıt Sisteminde Veri -Çıktı Örneği



Şekil 5.3: Mobil Rüzgar Hızı Ölçüm Kulesi, Sensör ve data Logger Monte Planı

5.4 Gökçeada Meteoroloji İstasyonu Verilerine WASP Modelinin Uygulanması

(a) Frekans Tablosu

(b) 10 m

(c) 30 m

(d) 50 m

Çizelge 5.9: Gökçeada Meteoroloji İstasyonu Verilerine WASP Modelinin Uygulanması

(a)

Summary of data in file : C:\ \WASP\NEWMET92.DAT [per mille]

Number of observations : 8784 Observations skipped: 0

Number of reading errors: 0 Wind speed bin width: 1.0 m/s

sect	Freq	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0:	3.6	195	198	169	147	99	67	57	16	19	16	6	10	0	0	3.5	1.30
30:	34.0	42	31	53	107	163	173	171	110	70	62	16	2	0	0	6.4	2.72
60:	15.4	167	101	101	151	118	157	108	54	22	13	9	0	0	0	4.7	1.97
90:	1.7	579	238	122	54	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	1.21
120:	2.9	751	154	63	8	20	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0.8	0.86
150:	4.8	662	121	50	55	38	29	25	12	0	5	2	0	0	0	1.1	0.74
180:	5.9	312	124	147	151	102	60	43	39	19	4	0	0	0	0	3.2	1.46
210:	15.8	70	121	173	161	141	100	75	61	51	42	4	0	0	0	4.7	1.79
240:	4.7	154	110	159	213	139	95	86	24	12	7	0	0	0	0	4.0	1.97
270:	0.4	551	128	32	0	64	64	64	96	0	0	0	0	0	0	1.9	0.88
300:	0.7	455	187	109	109	47	62	31	0	0	0	0	0	0	0	1.9	1.12
330:	10.3	140	194	264	304	72	19	4	1	0	1	0	0	0	0	3.0	2.53
Total		166	101	117	145	122	113	97	61	38	31	8	1	0	0	4.7	1.78

Number of calms (included): 2 Mean wind speed: 4.0 m/s

(b)

meteoroloji		6/ 5/93 12:17									
Default Site Description*		Height: 10.0 m a.g.l.									
Sect	Rch	Input	Obstacle	Orography	A	k	%	E%			
0:	1	0.0%	0°	0.0%	2.2%	-2°	:	5.3	1.85	8.0	10.5
30:	1	0.0%	0°	0.0%	-5.7%	-8°	:	6.3	2.56	26.4	41.9
60:	1	0.0%	0°	0.0%	-18.6%	-6°	:	5.5	2.21	17.8	21.8
90:	1	0.0%	0°	0.0%	-22.5%	3°	:	1.9	0.94	2.4	0.7
120:	1	0.0%	0°	0.0%	-10.9%	8°	:	1.1	0.80	3.2	0.4
150:	1	0.0%	0°	0.0%	1.2%	5°	:	1.2	0.77	4.6	0.9
180:	0	0.0%	0°	0.0%	3.3%	-2°	:	3.6	1.49	7.2	4.2
210:	1	0.0%	0°	0.0%	-5.6%	-8°	:	4.7	1.76	12.3	11.9
240:	1	0.0%	0°	0.0%	-18.7%	-6°	:	4.5	1.82	6.4	5.0
270:	1	0.0%	0°	0.0%	-21.3%	3°	:	3.3	1.41	0.8	0.4
300:	1	0.0%	0°	0.0%	-11.6%	8°	:	3.0	1.92	2.4	0.5
330:	1	0.0%	0°	0.0%	-0.2%	5°	:	3.1	2.25	8.4	1.7
M= 4.2 m/s		E= 102. W/m ²		4.7		1.71					

(c)

meteoroloji											6/ 5/93 12:15	
Default Site Description*											Height: 30.0 m a.g.l.	
Sect	Rch	Input		Obstacle	Orography			A	k	%	E%	
0:	1	0.0%	0°	0.0%	-1.3%	-1°	:	6.2	1.67	5.3	5.1	
30:	1	0.0%	0°	0.0%	-5.3%	-4°	:	8.4	2.67	27.1	42.3	
60:	1	0.0%	0°	0.0%	-12.6%	-3°	:	7.8	2.26	19.7	27.1	
90:	1	0.0%	0°	0.0%	-17.3%	1°	:	2.8	0.97	2.6	1.0	
120:	1	0.0%	0°	0.0%	-10.7%	4°	:	1.5	0.85	3.3	0.3	
150:	1	0.0%	0°	0.0%	-3.7%	3°	:	1.6	0.81	4.3	0.7	
180:	0	0.0%	0°	0.0%	-2.0%	-1°	:	4.6	1.53	5.9	2.7	
210:	1	0.0%	0°	0.0%	-5.6%	-4°	:	6.4	1.81	13.0	12.2	
240:	1	0.0%	0°	0.0%	-12.2%	-3°	:	6.3	1.88	7.1	6.2	
270:	1	0.0%	0°	0.0%	-13.8%	1°	:	4.8	1.46	0.9	0.5	
300:	1	0.0%	0°	0.0%	-11.8%	4°	:	3.9	2.11	2.6	0.5	
330:	1	0.0%	0°	0.0%	-3.0%	3°	:	3.9	2.44	8.3	1.4	
M= 5.7 m/s E= 249. W/m ²								6.4	1.74			

(d)

meteoroloji											6/ 5/93 12:12	
Default Site Description*											Height: 50.0 m a.g.l.	
Sect	Rch	Input		Obstacle	Orography			A	k	%	E%	
0:	1	0.0%	0°	0.0%	-0.7%	-1°	:	6.8	1.67	4.8	4.2	
30:	1	0.0%	0°	0.0%	-4.3%	-3°	:	9.6	2.74	26.9	41.5	
60:	1	0.0%	0°	0.0%	-9.7%	-2°	:	9.0	2.30	20.2	28.8	
90:	1	0.0%	0°	0.0%	-12.3%	1°	:	3.3	0.99	2.7	1.1	
120:	1	0.0%	0°	0.0%	-7.5%	3°	:	1.8	0.88	3.3	0.3	
150:	1	0.0%	0°	0.0%	-2.3%	2°	:	1.9	0.83	4.3	0.7	
180:	0	0.0%	0°	0.0%	-1.2%	-1°	:	5.3	1.59	5.6	2.6	
210:	1	0.0%	0°	0.0%	-4.4%	-3°	:	7.2	1.85	13.0	12.0	
240:	1	0.0%	0°	0.0%	-9.5%	-2°	:	7.2	1.92	7.3	6.4	
270:	1	0.0%	0°	0.0%	-10.6%	1°	:	5.6	1.50	0.9	0.5	
300:	1	0.0%	0°	0.0%	-8.1%	3°	:	4.5	2.25	2.7	0.5	
330:	1	0.0%	0°	0.0%	-1.9%	2°	:	4.5	2.59	8.3	1.4	
M= 6.5 m/s E= 363. W/m ²								7.3	1.78			

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, jeotermal, modern biyokütle ve küçük hidroelektrik enerjiler) dünya enerji talebinin ancak +1,9'unu karşılayabilmektedir. Bu orana geleneksel biyokütle (odun) ve büyük ölçekli hidroelektrik enerji üretimi de dahil edildiğinde %17.7 olmaktadır.

Mevcut politikaların devam ettirilmesi halinde bu % 1.9 oranındaki katkı, 2020 yılında %4 olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik edici politikalar güdülmesi haline ise, 2020 yılında dünya enerji talebinin % 112.1'ini karşılayabileceği tahmin edilmektedir.

2000 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya enerji üretimi içindeki payı %2.2 olacağı ve bu oranın %3'ünün rüzgar enerjisi yardımıyla karşılanacağı tahmin edilmektedir. (WEC Renewable Energy report 1993). Gerçekte güneş ve rüzgar enerjilerinin, ülkelerin enerji üretimleri üzerindeki katkıları, söz konusu enerjilerin ülkedeki potansiyeline bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Yakın geleceğin enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisi ile ilgili teknolojinin dünyada çok hızlı bir şekilde geliştiği bilinmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde, rüzgar enerjisi teknolojileri konusunda sürdürülen araştırma-geliştirme ve uygulama çalışmaları paralelinde, Ülkemizde de bu konularda çeşitli kamu kurum ve kuruluşları ile bazı üniversitelerimizde çalışmalar sürdürülmektedir.

Dünyada rüzgar enerjisi konusundaki teknoloji bilhassa doğrudan şebeke bağlantılı sistemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ülkemizde ise Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz Bölgelerimizin rüzgar enerjisi potansiyelinin ümit verici seviyelerde olduğu tespit edildiğinden bu ve buna benzer yörelerimizde anılan rüzgar sistemlerinin uygulanması mümkün olabilecektir.

2096 Sayılı kanun ve ilgili yönetmelikler, rüzgar potansiyelimizin değerlendirilmesi hususunda, gelişmiş ülkelerdeki en son teknolojinin özel sektör kanalıyla girmesine imkan verecek şekilde olup, bu konu ülkemizdeki özel sektörün büyük ilgili odağı haline gelmiştir. Bu bağlamda bakanlığımıza çeşitli şirketler tarafından ilk etapta toplam yaklaşık 790 MW potansiyelde 29 müracaat yapılmıştır. Yakın gelecekte bu potansiyelin yine özel sektör kanalıyla yaklaşık 950 MW'a çıkacağı tespit edilmiştir.

Mevcut ve yeni teknolojileri yakından takip etmek ve ülkemiz şartlarında özümmlenebilecek uygun teknolojilerin transferi amacıyla dünyadaki araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin izlenmesi ülkemiz açısından önem arz etmektedir .Türkiye Rüzgar potansiyelinin ülke ekonomisine kazandırılması doğrultusunda gayretli çalışmalar yapılmalıdır.

Türkiye'de rüzgar enerjisinin etkili bir biçimde geliştirilebilmesi için kısa, orta ve uzun dönemli aksiyon programı hazırlanmalı, söz konusu programa temel olacak ana konular aşağıdaki gibi olmalıdır.

1. Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinin uygun teknoloji ile belirlenmesi
2. Türkiye rüzgar enerjisi ar-ge ve uygulama önceliklerinin ve ilgili hedeflerin belirlenmesi
3. Türkiye'de rüzgar enerjisi alanındaki faaliyetlerin statüsünün belirlenmesi
4. Türkiye'de rüzgar enerji konusundaki sorunların ve çözüm yollarına ilişkin yöntemlerin belirlenmesi
5. Rüzgar enerjisi alanındaki teknolojik gelişmelerin uluslar arası statüsünün belirlenmesi
6. Rüzgar enerjisinin geniş çapta tanıtımına yönelik faaliyetlerde bulunulması

Diğer faaliyetler:

- I. Yayın faaliyetleri,
 - Rüzgar enerjisi konusunda aydınlatıcı periyodik yayınların yapılması,
- II. Seminer, konferans, kongre ve toplantılar düzenlenmesi,
- III. Workshop ve sergiler düzenlenmesi,
- IV. Kamuoyu bilincinin artırılmasına dönük medya faaliyetleri,
- V. Kişi ve kuruluşlara danışma hizmeti verecek birimler (merkezler) oluşturulması,

Ülkemiz enerji gereksiniminin karşılanmasında rüzgar kaynağının katkıları olmalıdır. Ve kuşkusuz uzun dönemde olacaktır. Türkiye'de dikkate alınmaya değer bir rüzgar enerjisi potansiyeli olduğunun işaretleri olmakla beraber, bu günden bu kaynağın enerji problemlerimize olan katkısının ne boyutlarda olabileceğini kesin olarak tespit edebilmek için gerekli çalışmalar yapılmaktadır.

Türkiye'de rüzgar enerjisi kullanımını özendirmek ve sistem tasarım için metodoloji oluşturmak amacıyla Türkiye'nin batı bölgesinde belirlenecek bir yerde rüzgar enerjisi fizibilite çalışması yapılmalı. Bu çalışmayı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, EİE, ve AREB-TŞ üstlenmelidir.

Söz konusu çalışmanın hedefleri:

- Türkiye'de rüzgarın alternatif enerji kaynağı olarak kullanımına öncülük etmek. Bu amaçla seçilen bölgede rüzgar enerjisi potansiyelini ve fizibilitesini belirlemek.
- Türkiye'deki Resmi Kurumlar ve özel sektör tarafından kabul edilecek şekilde rüzgar tarlalarının sistem tasarımı ve gelişimi için mühendislik metodolojisini oluşturmak.
- Şebeke bağlantılı Rüzgar Elektrik Dönüşüm Sistemlerinin kesin proje çalışmaları için kaynak oluşturmak ve bu sistemlerin tesis edilmelerini yaygınlaştırmak.
- Bu çalışmanın rüzgar açısından zengin olduğu tahmin edilen diğer bölgelere uygulanarak rüzgar enerjisi üretimi için ön fizibilite çalışmalarına başlangıç oluşturmak.
- Gelecekte söz konusu sistem teknolojisinin Türkiye'de üretimini sağlamak üzere gerekli talebi yaratacak değerlendirmeler yapmak.
- Fizibilite çalışması yapılacak bölgede Çevresel Etki Değerlendirme çalışması yapılarak rüzgar sistemi kurulması durumunda oluşabilecek etkileri önceden belirlemek.
- Rüzgar enerjisinin yaygın kullanımını teşvik ederek sistemdeki konvansiyonel kaynakların yarattığı kirliliği azaltmak, şeklinde olmalıdır.

KAYNAKLAR

Atlı, C., (1996) "Türkiye'de Alternatif Enerji Kaynakları", Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Akgün, N., (1995), "Türkiye Rüzgar Atlası Çalışması", Kaynak Elektrik Dergisi , Sayfa: 89, Sayı 87 -1995-4, İstanbul.

Şener, Y. A., (1994) "Rüzgar Enerjisi Potansiyelini Belirleme Kriterleri", Türkiye 1. Ulusal Rüzgar Enerjisi Sempozyumu, İstanbul.

Tolun, S., Erim, Z., Aslan, Z., Yükselen, A., Menteş, S., ve Beşerik, G., (1994), "Çanakkale Civarında Rüzgar Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yöreye Uygun Küçük Güçlü Bir Rüzgar Türbini Dizaynı", DPT Destekli Proje ,Proje No: 30/90K121100 , İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ültanır, M. Ö., (1996), " Yel Değirmenlerinden Günümüze Rüzgar Enerjisi", Bilim ve Teknik Dergisi , Sayfa: 56-61, Nisan 1996, Ankara.

Uyar, T. S., Erkan, K., ve Karakaş, E., (1995) "Rüzgar Enerji Sistemi ve Kontrolü", Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi dergisi, Sayı: 1995-2, Sayfa: 83, İstanbul.

Altuntaşoğlu, Z., (1997), "Rüzgar teknolojisinin Muhtemel Durumu ve Ekonomisi", Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği- Türkiye Şubesi Bülteni. Sayı: Şubat 1997, sayfa: 14, Ankara.

Sarıkayalar, O., (1998), "Rüzgar Enerjisi ve Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Haziran 1998, İstanbul.

"Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği-Türkiye Şubesi Yayını", E.İ.E. Genel Müd., Sayı: 4, Aralık 1998 ,Eskişehir Yolu 7. Km. no: 166, Ankara.

Troen, I., ve Petersen, E. L., (1989) " European Wind Atlas" , Risoe National Lab, Roskilde Denmark.

Yücel, F. B., (1994), Enerji Ekonomisi, PK.3 Yenişehir, Ankara.

Atlı, C., ve Çakır H., (1999), "Rüzgar Enerjisi". Elektrik Dergisi, Sayı: 6, Sayfa: 16-20, Mayıs 1999, İstanbul.

Natarajan, K. ve Aslan, Z. (1994), "Meteosat Uydu Verilerine Dayalı Olarak Rüzgar Hızı ve Enerji potansiyelinin Belirlenmesi", Türkiye 1. Ulusal Rüzgar Enerjisi Sempozyumu, İstanbul.

Nedwind b.v., Şirket Tanıtım Kataloğu, Remmerden 9 P.O. Box: 118 3910 AC Rhenen.

TW 600a- Aktiv-Stall, Rüzgar Türbini Tanıtım Kitapçığı, tacke Windenergie GmbH, Holsterfeld 5a, 48499 Salzbergen, Germany.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 18.09.1974

Doğum yeri Ağrı

Lise 1989-1992 Bursa Fen Lisesi

Lisans 1992-1996 İstanbul Üniversitesi Müh. Fak.
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü

Yüksek Lisans 1997-2000 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Müh. Programı

Çalıştığı kurumlar

1996-1997 Y.T.Ü-BEDAŞ Kontrolörlük Hiz.. Yürütücülüğü
1998-Devam ediyor YTÜ Elektrik- Elektronik Fak. Uzman