



TOKAT İLİ RÜZGAR ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail TERZİ

Yüksek Lisans Tezi
Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Prof. Dr. Ali KASAP
2014
Her Hakkı Saklıdır

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOKAT İLİ RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail TERZİ

TOKAT

2014

Her Hakkı Saklıdır

Prof. Dr. Ali KASAP danışmanlığında, **İsmail TERZİ** tarafından hazırlanan bu çalışma 24/07/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali KASAP

İmza: 

Üye : Prof. Dr. Sefa TARHAN

İmza: 

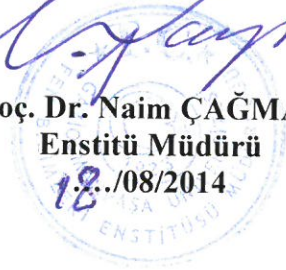
Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan POLATCI

İmza: 

Yukarıdaki Sonucu Onaylarım



Doç. Dr. Naim ÇAĞMAN
Enstitü Müdürü



TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğuna, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İsmail TERZİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOKAT İLİ RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İsmail TERZİ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fen bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KASAP

Bu çalışmada, Tokat'ın rüzgar enerjisi potansiyeli değerlendirildi. Enerjinin tanımı ile enerji kullanımının geçmişten bugüne gelişimi ele alındı. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gerekliliği anlatılarak; rüzgar enerjisinin değerlendirilmesi yapıldı. Rüzgar enerjisinin avantaj ve dezavantajlarından bahsedilip; dünya ve Türkiye'deki gelişimi incelendi.

Çalışma; Tokat Merkez, Almus, Artova, Erbaa, Niksar, Reşadiye, Turhal ve Zile ilçelerini kapsamaktadır. Yukarıda ismi geçen Tokat Merkez ve yedi ilçesinin, bir yıl boyunca her ayın belirlenen günlerinde sıcaklık, rüzgar hızı, nem ve rüzgar yönü verileri alınarak, aylık ortalamalar elde edildi. On iki aylık ortalamalardan merkez ve her ilçe için yıllık ortalamalar bulundu. Yıllık ortalamalardan da il genelinin sıcaklık, rüzgar hızı, nem ve rüzgar yönü genel ortalamaları hesaplandı. Yıllık ve genel ortalamalar çalışma içerisinde tablolar halinde gösterildi. Günlük verilerin ve aylık ortalamaların bir aylık örneği (Ağustos) ek'de gösterildi. Veriler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 10 metre istasyon yüksekliğinde yapmış olduğu ölçümlerden elde edildi. Çalışma da en yüksek rüzgar hızı değeri 11,7 Km/sa olarak Almus ilçesinde, en düşük rüzgar hızı değeri ise 6,5 Km/sa olarak Turhal ilçesinde ölçüldü. Tokat il geneli rüzgar hızı ise 8,71 Km/sa olarak kaydedildi. İl geneli rüzgar yönü ise kuzey olarak belirlendi.

2014 Yılı, 76 sayfa

Anahtar kelimeler: Tokat, Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi, Rüzgar Potansiyeli

ABSTRACT

Master Thesis

ASSESSMENT OF WIND POWER POTENTIAL OF TOKAT PROVINCE

İsmail TERZİ

**Gaziosmanpasa University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ali KASAP

This study evaluates the wind power potential of Tokat. It addresses the definition of power and historical development of power use. Necessity for renewable energy sources is described and wind power is evaluated. The developments of wind in the World and Turkey are examined.

The study covers Tokat central, Almus, Artova, Erbaa, Niksar, Reşadiye, Turhal and Zile districts. Monthly average values were obtained by collecting temperature, wind speed, humidity and wind direction data on certain days of every month throughout a year in Tokat central and its aforementioned seven districts. Annual averages were obtained for the central part and every district using averages of twelve months. Annual averages led to calculation of general provincial wide averages of temperature, wind speed, humidity and wind direction. Annual and general averages are presented in tables in the study. One month example for daily data and monthly averages (August) is provided in Annex Data were obtained from measurements made by the General Directorate of Meteorology at 10 meter station height. In this study, the highest wind speed value as 11.7 Km/h in Almus, the lowest wind speed as 6.5 Km/h in Turhal were measured. Wide wind speed in Tokat county is recorded as 8,71 Km/h. General wind direction in county is north.

2014 Year, 76 pages

Keywords: Tokat, Alternative Energy, Wind Power, Wind Potential

TEŞEKKÜR

Çalıőmamn baőından beridir, tezimin hazırlanmasında bana her konuda yardım ve desteği ile emeği geçen, fakültemizin değerli Dekanı danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali KASAP'a, yine çalıőmam boyunca benden hiçbir maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve sevgili eőim Dilek TERZİ'ye teőekkürlerimi sunuyorum.

İsmail TERZİ

Ağustos 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
Enerji.....	11
Enerji Kullanımının Geçmişten Bugüne Gelişimi.....	12
Yenilenebilir Enerji.....	16
Rüzgar Enerjisi.....	22
Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi.....	23
Avantaj Ve Dezavantajları.....	26
Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu.....	27
Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin Durumu.....	36
Tokat’ta Rüzgar Enerjisinin Durumu.....	44

3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
3.1.Materyal.....	46
3.2.Yöntem.....	47
4.BULGULAR.....	48
4.1. Tokat İl Merkezi.....	48
4.2.Almus.....	50
4.3.Artova.....	51
4.4.Erbaa.....	53
4.5.Niksar.....	54
4.6.Reşadiye.....	55
4.7.Turhal.....	57
4.8.Zile.....	58
4.9. Tokat İl Geneli.....	59
5.SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR.....	66
EKLER.....	68
Ek-1.....	68
Ek-2.....	69
Ek-3.....	70
Ek-4.....	71

Ek-5.....	72
Ek-6.....	73
Ek-7.....	74
Ek-8.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	76

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

TWh	Tera Watt Saat
kWh	Kilo Watt Saat
MW	Mega Watt
GW	Giga Watt
ppm	Parts Per Million (milyonda bir birim)
KF	Kapasite Faktörü
€	Euro
\$	Dolar

Açıklama

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AWEA	Amerika Rüzgar Enerjisi Birliği
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EWEA	Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği
IAEA	Uluslar arası Atom Enerjisi Ajansı
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
OECD	Ekonomik Kalkınma Ve İşbirliği Topluluğu
REPA	Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	Rüzgar Enerjisi Santrali
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TYDTA	Türkiye Yatırım Destek Ve Tanıtım Ajansı

WWEA

YEGM

YEKDEM

Dünya Rüzgar Enerjisi Derneği

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Farklı Enerji Kaynaklarının Ürettiği Karbondioksit Miktarı.....	18
Tablo 2. Dünya Rüzgar Kurulu Gücünün Dağılımı.....	34
Tablo 3. Türkiye Rüzgar Potansiyeli	38
Tablo 4. İşletmedeki Lisanslı Rüzgar Santralleri	41
Tablo 5. İşletmedeki Yap-İşlet-Devret Rüzgar Santralleri.....	42
Tablo 6. Tokat İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi	45
Tablo 7. Tokat Merkez 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	48
Tablo 8. Almus 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	50
Tablo 9. Artova 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	51
Tablo 10. Erbaa 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	53
Tablo 11. Niksar 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	54
Tablo 12. Reşadiye 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	55
Tablo 13. Turhal 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	57
Tablo 14. Zile 1 Yıllık Ölçüm Verileri.....	58
Tablo 15. İl Geneli Yıllık Veri Ortalamaları En Düşük Ve En Yüksek Değerler.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. 2035 Yılı Enerji Ve İklim Senaryolarına Göre Dünya Birincil Enerji Talebi....	15
Şekil 2. 2023 Yılında Birincil Enerji Talebimiz.....	16
Şekil 3. 2013 yılı ülkemizdeki 4 aylık enerji yatırımları.....	21
Şekil 4. Basınç Farkıyla Rüzgar Oluşumu.....	22
Şekil 5. Eski Dönüm Yel Değirmenleri.....	28
Şekil 6. Çok Kanatlı Amerikan Tipi Yel Değirmeni.....	29
Şekil 7. Gedser Türbini.....	30
Şekil 8. Dünyanın Teknik Rüzgar Potansiyel Dağılımı.....	32
Şekil 9. Dünyanın Ekonomik Rüzgar Potansiyel Dağılımı.....	33
Şekil 10. Dünyanın Rüzgar Kurulu Güç Hedefleri.....	34
Şekil 11. Türkiye Rüzgar Enerjisi 2023 Projeksiyonu.....	37
Şekil 12. Türkiye Rüzgar Atlası.....	38
Şekil 13. İllerin Kurulu Güce Göre Rüzgar Enerjisi Dağılımı.....	39
Şekil 14. Türkiye Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün İllere Göre Dağılımı.....	40
Şekil 15. Rüzgar Santrallerindeki Türbinlerin Üreticilere Göre Dağılımı.....	40
Şekil 16. Yıllara Göre Ülkemizde Rüzgar Enerjisinin Gelişimi.....	43
Şekil 17. Tokat İli Rüzgar Hız Dağılımı-50 metre.....	44
Şekil 18. Tokat İli Kapasite Faktörü Dağılımı-50 metre.....	44
Şekil 19. Tokat Killik Rüzgar Enerji Santrali.....	45
Şekil 20. Tokat Rüzgar Enerjisi Santral Haritası.....	61

1.GİRİŞ

İnsanlık için çok önemli olan enerjiyi elde etmede birçok değişik yöntemler kullanılmış ve uzun soluklu çalışmalara imza atılmıştır. Enerji kullanımının gelişimi ve enerjinin üretiminde, küresel anlamda insanlar hep önde olma güdüsüyle hareket etmişlerdir. Bunun sonucunda ise çok büyük rekabetlerin ortaya çıkmasına yol açmışlardır. Öyle ki enerji kaynaklarını iyi kullananlar gelişirken, kullanamayanlar sömürgeye maruz kalmışlardır.

Küreselleşmenin etkisiyle birlikte enerjinin önemi daha da artmış ve ülkelerin enerjiye olan talepleri yükselmiştir. Ülkeler enerji taleplerini karşılamada kullanacakları enerji kaynaklarını değerlendirirken bu kaynakların maliyetlerini, başka ülkelere olan bağımlılığını, çevreye ve insan sağlığına etkilerini göz önünde bulundurmalarıdır. Enerjiyi üretebilmek için kullanılacak kaynaklar: fosil, yenilenebilir ve nükleer kaynaklardır. Dünya enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan fosil yakıt kaynaklarının kullanım sürelerinin kısıtlı olması ve çevreye verdikleri zararlar düşünülünce yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da iyi anlaşılmaktadır. Bundan dolayı ülkeler artan enerji talepleri doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Son yıllarda alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesine, bu kaynaklardan enerji elde edilmesine ve kullanılmasına önem verilmiştir. Bu sebeple günümüzde başta rüzgar olmak üzere birçok yenilenebilir kaynaklar, enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmalıdır.

Dünyada ve özellikle Avrupa'da büyük bir gelişim içerisinde olan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de rüzgâr enerjisidir. Rüzgar: Temiz, doğaya zararı yok denecek kadar az, yüksek verime sahip olan bir enerji kaynağıdır. Temel tüketim enerjisi elektriği elde etmede kullanılan en cazip alternatif enerji kaynaklarından. Rüzgâr enerjisi: Yerli, dışa bağımlı olmayan, doğal, gelecekte de aynı oranda temin edilebilecek, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmayan, fosil yakıt kullanımını azaltan, istihdam yaratan, döviz kazandırıcı bir kaynaktır. Ayrıca dünyada gelişim hızıyla rüzgâr endüstrisi dikkat çekici bir potansiyele sahiptir(Çağlar ve ark. 2008).

Son yıllarda birçok ülkede rüzgâr türbinlerinin ileri teknolojiyle yapılması ise bu gelişimin ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda başta Avrupa Birliği olmak üzere, dünyada birçok gelişmiş ülke ileriki yıllara ait, rüzgâr enerjisi politikalarını ve hedeflerini oluşturmuşlar ve hedefe ulaşmak için rüzgâr sanayisine büyük yatırım yapmışlardır. Örneğin başta Çin olmak üzere ABD, AB, birçok gelişmiş ülke ve ülkemiz önümüzdeki yıllarda rüzgâr enerjisinden elektrik eldesini % 20'nin üzerine çıkarmayı hedeflemişlerdir.

Geçmiş yıllarda rüzgârdan elektrik üretimi ülke bazında olurken daha sonraları il bazına, şirket bazına inmiş ve günümüzde ise herkesin rüzgâr gibi alternatif enerji kaynaklarından kriterler kapsamında kendi elektrik enerjisini üretebilme imkânı ortaya çıkmıştır.

Türkiye enerji açısından kendine yeter bir ülke konumunda olmadığından üretiminin yaklaşık üç katı oranında enerjiyi ithalat yoluyla karşılamaktadır. Bu hem ekonomik bakımdan bir maliyet oluşturmakta hem de dışa bağımlılık nedeniyle siyasi anlamda da sıkıntıların oluşmasına sebep vermektedir. Bu sebeple dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması amacıyla yerli kaynaklar ön plana çıkarılmakta ve bu konuda yapılan çalışmalar giderek hızlanmaktadır (Başol,1996).

Ülkemizde rüzgâr santrallerinin geliştirilmesi için özel sektöre teşvikler ve kolaylıklar sağlanmaktadır. Ülkemizde uygulanmakta olan destek sistemi teşvikli sabit fiyat mekanizmasıdır. Teşvik oranları kullanılacak yenilenebilir enerji kaynağına göre değişmektedir. Tarife geçerlilik süresi 2015 yılı sonuna kadar devreye girme koşulu ile 10 yıldır. Yerli teknoloji oluşumunu teşvik etmek amacıyla da bu tesislerde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamının yerli üretim olması halinde üretilen elektrik enerjisi için 5 yıl süre ile ilave fiyat uygulanacaktır. YEK'den üretilen elektriğin tüketiminin sağlanması için tüketicilere elektrik satışı yapan tedarikçilere belli miktarda alım zorunluluğu ve buna uyulmaması halinde ceza öngörülmektedir. Diğer yandan arazi kullanımı ile ilgili bazı destekler de vardır. Bunun yanında; YEK kanununda son yapılan değişiklikler ile sağlanan teşvikler, 4628 sayılı Kanun ve ilgili yönetmeliklerle sağlanan teşvikler de vardır(Altuntaşoğlu,2011).

Bu çalışmada Tokat ilinin rüzgâr enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir. Çalışmanın asıl amacı çalışmaya konu olan Tokat Merkez ve yedi ilçesinin herhangi bir

noktasında değil; ilgili yerlerin rüzgar potansiyelinin genel anlamda değerlendirilmesinden ibarettir.

İl merkezi ve yedi ilçenin (Almus, Artova, Erbaa, Niksar, Reşadiye, Turhal, Zile) rüzgâr hızı, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün Tokat Merkez ve bu ilçelerinde bulunan istasyonlarında günlük yapmış olduğu ölçümlerden, ayların belirlenen günlerinde kaydedilmiştir. Rüzgâr hızı ölçümlerinin yanında sıcaklık, nem ve rüzgâr yönü verileri de alınmıştır. Elde edilen veriler her ayın belirlenmiş günlerinde her bölge için ayrı ayrı yapılan ölçümlerden oluşmaktadır. Alınan ölçümler sonrası her bölgenin elde edilen verileri için önce günlük tablolar oluşturulmuş, günlük tablolardan da aylık ortalamalar bulunmuştur. Daha sonra aylık ortalamalardan, yıllık ortalamaların tabloları oluşturulmuş; son olarak ise sekiz bölgenin genel tablosu oluşturulup il geneli tablosu olarak gösterilmiştir. Yıllık ortalama tabloları ve genel ortalama tablosu tez içerisinde gösterilerek her tablo değerlendirilmeye alınmıştır.

Çalışmada, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün yanında, Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)'nın rüzgar enerjisi kaynak bilgilerinden de yararlanılmıştır. Tez ölçümleri, Ağustos 2012 ile Temmuz 2013 tarihleri arasında, her bölge için bir yıl süre ile aralıksız olarak yapılmıştır.

2.KAYNAK ÖZETLERİ

Berberoğlu (1982), çalışmada enerjinin tanımına değinilmiştir. Ülkemizin ekonomisi için önemli yere sahip olan elektrik enerjisinin durumu değerlendirilip, elektrik enerjisi üretim alternatifleri aranmıştır. Çalışmada enerji kaynakları ele alınmış; birincil enerji kaynaklarının enerji üretiminde ön plana çıktığı ve ekonomiye önemli ölçüde katkı yaptığı belirtilmiştir.

Altun (1996), Türkiye'nin hidrolik potansiyeli ve gelişme durumunu ele alan Altun, enerjinin günümüzde ekonominin temel şartı olduğuna ve bunun yanında enerjinin çevresel, siyasal, toplumsal ve hukuksal önemine vurgu yaparak, dünyada çoğu ülkenin artık enerji ihtiyacını büyük oranda alternatif enerji kaynaklarından karşıladığına ve bu enerjinin öneminin her geçen gün daha da arttığına buna paralel olarak da gelişme gösteren alternatif enerji kaynaklarının ülkemiz için önemine ve ülkemizde ki gelişimine değinmiştir.

Başol(1996), çalışmasında küreselleşen dünyada gözle görülür hızlı bir değişim yaşandığını, bu değişimde yer alabilmenin, her ülkenin arzu ettiği bir durum olduğunu söylemektedir. Gelişmekte olan ülkeler açısından ise hem bu değişimi yakalamak hem de sahip olduğu kaynakları daha etkin kullanmak oldukça önemlidir. Bu değişim sürecinde, ülkeler arasında hızlı bir rekabet ortamı yaşanmaktadır. Bu rekabet ortamında gelişmekte olan ülkeler için başarılı olabilmenin yolu kalkınma sürecini hızlandırmaktan geçmektedir. Kalkınmayı bir amaç olarak kabul eden (az gelişmiş ve gelişmekte olan) ülkeler, doğal kaynakları, tarihi süreç içerisinde daima kullanmış ve bu sayede bazı dönemlerde gelişmiş ve zenginleşmişlerdir. Günümüzde, sanayileşmiş olan ülkeler, her şeyden önce doğal kaynaklarını harekete geçirerek, bu düzeyi yakalamışlardır. Gelişmekte olan ülkeler, doğal kaynaklardan daha verimli yararlanmanın yollarını aramalıdır. Bunun için en uygun yolun yeterli düzeyde kalifiye insan gücünü sahip olmaktan geçtiği belirtilmektedir.

Hau (2008), rüzgâr enerjisinin arka plana bırakıldığı dönemi ele alan yazar özellikle Avrupa'da ve Almanya'da bunun sebeplerini açıklamış dizel yakıtların o dönemdeki ucuzluğu sebebiyle rüzgâr enerjisinin öneminin azalığını vurgulamıştır. Artık rüzgâr enerjisi öneminin anlaşıldığını ve rüzgâr türbininin dünyanın artık birçok

ülkesinde bulunduğunu bildirmiştir. Almanya'nın rüzgâr türbini ve rüzgâr enerjisinde çok önemli yol kat ettiğinin altını çizen yazar Almanya'nın denizde de rüzgâr türbinlerinin çok iyi gelişmesi gerektiğini anlatmaktadır. Rüzgâr türbininin dünyadaki Avrupa'daki ve Türkiye'deki tarihsel gelişimine de değinilmiştir.

Pala (1996), yakın geçmişte yaşanan iki petrol krizi, tüm dünyayı olumsuz ekonomik gelişmelerle uğraşmak zorunda bıraktı. Her iki krizin gelişmiş ve az gelişmiş ülkeler üzerindeki etkileriyle birlikte, kriz çıkış dinamiklerine ve özellikle ilk krizde yaşanan fiyat artışlarına tarafsız kalan, hatta kimi zaman bizzat destekleyen ABD stratejisinin hedeflerini, bugüne yansımalarını ve geleceğe yönelik ipuçlarını inceleyen "20. Yüzyılın Şeytan Üçgeni: 'ABD-Petrol-Dolar' ilişkisini kullanarak, küresel egemenliğini nasıl perçinlediğini bilimsel bir yaklaşımla ortaya koyuyor. ABD'nin 1970'lerde mevcut dolar sistemini çöküşten kurtarıırken izlediği stratejileri zengin belgelere dayanarak anlatan çalışma, "her kötülüğün altında ABD aramak" nitelemesine kesinlikle düşmeyerek, ABD'nin dünyanın başına nasıl çoraplar ördüğünü bilimsel yansızlıkla ve çok rahat okunur bir dille ortaya koyuyor.

Ünalın (1997), enerji, iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanır. Endüstriyel manada insanlığı huzuru ve refahı için hizmet veren her enerji türü mühendislik ilgi alanına girer. Günümüzde endüstrinin en temel enerji tüketimi elektrik enerjisi olup, onu ısınma veya ısıtma amaçlı fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğal gaz...) takip etmektedir. Geçmişten günümüze elektrik ekseriyetle hidrolik santraller vasıtasıyla üretilmektedir. Arazi yapısı ve nehir potansiyeli uygun olmayan ülkeler ise termik santraller vasıtasıyla elektrik ihtiyacını karşılamışlardır. Tüm ülkeler yine ısınma ihtiyacını kömür veya petrol ile karşılamaktadırlar. Diğer taraftan enerji ve yakıt talebi sürekli olarak artmaktadır. Dolayısıyla hidrolik santraller veya termik santraller vasıtasıyla ve kömür veya petrol vasıtasıyla yakıt talebi karşılanamaz hale gelmesi kaçınılmaz bir gelecektir. Özellikle kömür ve petrol rezervlerinin sınırlı olması ve bir gün mutlaka bitecek olması gelecekteki enerji talebini planlayan enerji projeksiyonları tarafından çok önemle değerlendirilmelidir. Hiç şüphesiz en temel alternatif enerji tasarruf veya izolasyon ile kazanılan enerjidir. Türkiye'nin enerji profilinin alternatif enerji kaynakları açısından önemi vardır. Ülke bağımsızlığının büyük oranda enerjiye bağlı olması bu önemi daha da artırmaktadır.

Özdamar (2000), bu çalışmada, enerji ihtiyacının karşılanmasında gelecekte daha fazla rol alacağı anlaşılan rüzgâr enerjisinin, dünya ve Türkiye'deki kullanımına ilişkin genel bir durum değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla; öncelikle dünya ve Türkiye'de rüzgâr enerjisi kullanımının tarihsel gelişimi aktarılmış, ardından da rüzgâr enerjisi potansiyeli, rüzgarın oluşumu ve rüzgar ölçümleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra da; rüzgârın güvensizliği, bir evin elektrik enerjisi gereksiniminin sadece rüzgârdan karşılanması ve rüzgar elektriğinin ekonomikliği konularındaki rüzgar enerjisi kullanımına yöneltilen eleştiriler irdelenerek, somut cevaplar verilmiştir.

Avşar ve ark (2001), Bu çalışmada, rüzgâr enerjisi kaynakları, rüzgârın özellikleri, rüzgar enerjisi ve gücü, Türkiye'nin rüzgar enerjisi, rüzgar enerjisinin uygulama sahaları, elektrik enerjisi üretimi, rüzgar çiftlikleri, rüzgar enerjisi santralleri, rüzgar türbinleri, savonius türbini, Türkiye'de uygulama örnekleri üzerine araştırma yapılmıştır. Afyon yöresinin rüzgâr potansiyeli incelenmiş, rüzgâr potansiyeline göre savonius rotorlu rüzgâr türbini tasarlanmış ve flex-glass malzemeden imalatı yapılmıştır. Tasarlanan türbin yanında elektrik enerjisi üretimini yapabilen türbinde kazanılmıştır.

Gençoğlu (2002), Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemiz, birçok ülkede bulunmayan jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8 'ine sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu nedeniyle büyük oranda güneş enerjisi almaktadır. Türkiye, hidrolik enerji potansiyeli açısından da dünyanın sayılı ülkelerindedir. Rüzgar enerjisi potansiyeli yaklaşık 160 TWh olarak tahmin edilmektedir. Bu enerji kaynaklarının maliyetleri oldukça azdır. Yenilenebilir olduklarından dolayı tükenmezler ve konvansiyonel yakıtların aksine çevre ve insan sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmazlar. Bu çalışmada; Türkiye 'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynakları ayrı ayrı incelenerek, mevcut durum ve sahip olunan potansiyeli daha verimli olarak kullanabilme imkanları araştırılmıştır. Ayrıca enerji sorununun çözümüne ilişkin bazı öneriler sunulmuştur.

Şen (2002), bir toplumun gelişmişlik ölçülerinden önemli bir tanesi de harcadığı enerji miktarıdır. İnsanlık medeniyet tarihine bir göz atılırsa enerji türlerinin gelişerek artması ile medeniyetlerdeki bilim ve teknoloji de o ölçüde artmıştır. Gelecek yüzyılda su ile beraber dünyada en fazla aranır varlık olarak insanlığın gündemini sürekli olarak işgal edecek olan temiz enerji kaynakları hakkındaki bilgilerin, değişik bilimsel toplantı ve panellerde konuşulmasına ülkemizde son 15-20 yıl içinde başlanmıştır. Maalesef bu konuda eğitim veren kuruluş ve akademik bölümler ülkemizde çok yetersizdir. İşte bu konuda geleceğin gelişmiş eleman açığını şimdiden kapatmaya hazırlık olarak İTÜ İnşaat Fakültesinde Temiz Enerji Kaynakları ve Modellenmesi ismi altında bir ders lisans seviyesinde açılmıştır.

Gürbüz (2003), çalışma ana hatlarıyla Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji alanında kat ettiği yolları buna paralel olarak yenilenebilir enerjinin gelişimine değinilmiştir. Yenilenebilir enerjinin her geçen gün artan önemi ve enerji üretimine kazandırılması gerektiği öngörülmektedir. Avrupa Birliği son yıllarda yenilenebilir enerjiye büyük önem vermiş, bu kaynaklardan enerji üretim oranını oldukça yükseltmiştir.

Çalışmada Avrupa Birliğinin yenilenebilir enerji kaynakları ve ülkemizde ki durumu da karşılaştırılmış bu alanda yenilenebilir kaynaklara daha çok yönelmemiz gerektiği de vurgulanmıştır.

Yamak (2006), insanlar tarih boyunca enerjiye ihtiyaç duymuşlardır. Diğer canlı varlıklar gibi sadece besinler yoluyla aldıkları enerjiyle yetinmemişler ve besin kaynakları dışında çeşitli enerji kaynakları keşfederek bu kaynakları çeşitli teknolojiler sayesinde ısı, mekanik ve elektrik enerjisine çevirmeyi öğrenmişlerdir. Toplumların gelişmesiyle birlikte enerjinin elde edilmiş biçimi ve kullanım alanlarında farklılıklar, değişimler ve gelişmeler yaşanmıştır. Yapılan çalışmada bu noktadan hareketle insanoğlu için vazgeçilmez nitelikte olan enerjinin ne şekilde elde edildiği, kullanım alanları, kullanım miktarları ve kaynaklarından bahsedilmiş dünya ve Türkiye ölçeğinde özellikle yenilenebilir enerji kaynakları detaylı bir incelemeye tabi tutulmuştur.

Çağlar ve ark. (2008), günümüzde ülkelerin ekonomik kalkınmalarının, küresel ekonomide rekabet gücü elde edebilmelerinin ve toplumsal gelişme sağlayabilmelerinin önemli unsurlarından biri enerjidir. Enerji ve özellikle elektrik enerjisi, uzun yıllar boyunca Türkiye'nin önemli sorunlarından biri olmuştur ve bugün Türkiye'nin içinde bulunduğu enerji sorununun gelecekte de devam edeceği tahmin edilmektedir. Türkiye enerji ihtiyacını petrol, doğal gaz ve kömür gibi birincil enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Bu kaynaklardan özellikle petrol ve doğal gazda tam bir dışa bağımlılık söz konusudur. Öyle ki 2006 yılında ithal edilen 28 milyar \$'lık enerji, Türkiye'nin yine aynı yıldaki dış ticaret açığının yarısı kadardır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan, dünyada ve özellikle Avrupa'da büyük bir gelişme içerisinde olan rüzgâr enerjisinin Türkiye'de kullanımı yok denecek kadar azdır. Türkiye'nin teorik olarak rüzgâr enerjisi potansiyeli 83 000 MW'dır ve bu potansiyel teorik olarak elektrik üretiminin tamamını karşılayabilecek yeterliliktedir. Artan nüfus, şehirleşme ve sanayileşme çabaları, Türkiye'nin enerji üretimi ile tüketimi arasındaki açığı gün geçtikçe daha da arttırmaktadır. Enerji kaynaklarının yakın gelecekte tükenmesi olasılığı da göz önünde bulundurulursa, Türkiye'nin, çevreye zararı olmayan, ekonomik bir kaynak olan, teknolojik gelişimi hızlı olmasının yanı sıra istihdam oluşturabilme özelliği olan, dış ülkelere bağımlı kalmayacağı, yüksek potansiyele sahip olduğu rüzgâr enerjisine gereken teşvik ve yatırımları yapması gerektiği vurgulanmaktadır.

Gülay (2008), ham petrol fiyatlarında ilk olarak 1970'li yıllarda başlayan yükseliş hareketi, petrolün küresel ticarete konu bir mal olarak endüstriyel uygulamalarda yaygınlaşmasıyla birlikte önemini kaybeden yenilenebilir enerji kaynaklarını tekrar uluslararası kamuoyunun gündemine getirmiştir. Bu dönemden itibaren başta enerji fiyatlarındaki yükseliş ile fosil enerji (petrol, doğal gaz, kömür) kaynaklı küresel sıcaklık artışının ekolojik yaşam üzerindeki olumsuz etkileri; güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik (hidrolik), biokütle ve diğer (dalga, gelgit vd.) yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kadar, yeni teknolojilerin geliştirilmesine de zemin hazırlamıştır. Bu noktada özellikle Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler, birliğin enerji alanındaki dışa bağımlılığının azaltılması, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve ani küresel iklim değişikliğinin önlenmesi amacıyla yenilenebilir enerjiyi önemli bir araç olarak görmektedir. Türkiye'de de, gerek AB'ye tam üyelik süreci içerisinde yer alınması gerekse enerji tüketim yapısında petrol ve doğal gaz ağırlıklı fosil kaynak

payının dış alım yoluyla artması, yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye açısından önemini açıkça ortaya koymaktadır. Çalışmada, AB ve Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yaklaşımları karşılaştırmalı olarak incelenmekte olup; bu ekseninde Türkiye'nin geçmiş ve günümüzdeki başarımının geleceğe yansımaları ve çeşitli politika önerileri üzerinde durulmaktadır.

Çakar ve ark (2009), yenilenebilir enerji kaynakları bilindiği gibi sürekliliği itibarıyla sürdürülebilir olmalarının yanında dünyanın her ülkesinde var olabileceği özellikleri ile büyük önem taşımaktadır. Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarının çevreye olan etkilerinden daha azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut ekonomik ve teknik sorunların çözülmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Bu çalışmada başlıca yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi verilerek, Türkiye'deki potansiyelleri ele alınmıştır.

Altuntaşoğlu (2011), bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgârdan üretilen elektrik enerjisinin desteklenmesi konusunda uygulanmakta olan teşvikler ile Türkiye'de rüzgârdan elektrik üretimi konusunda uygulanmakta olan teşvikler incelenmektedir.

Anonim (2012 a), çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları ve önemi anlatılmaktadır. Yenilenebilir enerjiye yönelme nedenleri, enerji arz güvenliği, enerjinin sosyal ve ekonomik etkileri, enerji üretiminin yol açacağı çevresel etkiler, enerjide sürdürülebilirliğin tanımı, fosil yakıtlar ve çevresel zararları, yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri ve bu kaynakların önemi ile kullanımdan doğan avantaj ve dezavantajlarına değinilmektedir.

Anonim (2012 b), yazıda günümüzde daha çok elektrik üretimi için kullanılan rüzgar enerjisinin Türkiye'deki yeri ve önemini incelenmektedir.

Anonim (2012 d) , rüzgar enerjisinin dünyadaki ve Avrupa Birliği'ndeki durumu hakkında bilgi verilmektedir.

Anonim (2012 e), Avrupa Birliği'nin 2020 rüzgar sanayi hedefleri anlatılmaktadır.

Anonim (2012 f), raporda, ülkemiz enerji sektörünün durumu irdelenmekte, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarında değerlendirmeyi bekleyen potansiyel vurgulanmakta, Türkiye'nin Enerji Görünümü vurucu bir şekilde ve güncel verilerle anlatılmakta, enerji sorununun kamusal ve ulusal çıkarlar doğrultusunda çözümü için, planlı ve programlı bir yaklaşımla hazırlanan kapsamlı önerilerde bulunmaktadır.

Enerji

Enerji insanlığın doğuşuyla ortaya çıkan, insan hayatının olmazsa olmaz en önemli unsurudur. Enerji iş yapabilmenin temeli, hayatın fonksiyonel bir gereğidir. Enerji insan metabolizmasının en önemli çalıştırıcısı, vücudun bütün hareketlerinin ortaya çıkmasının bağlı olduğu bir durumdur. Enerjinin olmadığı yerde hareketten bahsedilemez. Bu önemli gereklilik sadece insan için değil bütün evren için geçerlidir. Bu yüzden enerji kâinatın varoluşuyla oluşan, varlığının gerekliliği ve önemi her geçen gün daha da iyi anlaşılan asli ihtiyaç olarak geçmişten bugüne değişik şekillerde ve formlarda kullanılmıştır. Enerji hayatın ritmini belirleyen en önemli etkidir. Tabiatın düzende kalması ve insanlığın hayatını rahatça sürdürmesi tamamen enerji unsurunun kusursuz bir sistem içerisinde varlığını sürdürmesine bağlıdır. İnsan metabolizmasının çalışması, evrendeki gezegenlerin hareketi, mevsimlerin oluşumu kısacası gezegende meydana gelen bütün hareketler bir enerjinin varlığıyla olmaktadır. Üretmenin, gelişmenin, beslenmenin, güçlü olmanın ve yeni dünya düzeninde söz sahibi olmanın artık enerjiyi en iyi şekilde kullanmaya ve her geçen gün alternatifini oluşturmaya bunu da sürdürülebilir hale getirmeye bağlı olduğu unutulmamalıdır. Ülke politikalarında enerji hemen hemen başrolü oynamaktadır. Bu noktada bir ülkenin bağımsızlığı artık kendi enerjisini karşılayabilme potansiyeli ile belirlenmektedir. Enerji olmadan endüstri, endüstri olmadan refah ve mutlu toplum veya bağımsızlığını koruyabilme yeteneği olmayacağı için enerjisiz bir ülke siyaseti düşünülemez. Şu anda meydana gelen ekonomik krizler ile 1974 yılında meydana gelen ve petrol fiyatlarının aşırı yükselmesi ile sonuçlanan petrol krizi enerjinin önemini ortaya koymaktadır.

Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla enerjiye olan ihtiyaç ve buna paralel olarak da talep hızla artmaktadır. Rezervleri sınırlı olan ve geçmişten günümüze hızla kullanılan bazı yenilenemeyen enerjilerin artık bitim noktasına gelmesi, dünya kamuoyunda endişeler uyandırmakta ve alternatif enerji kaynaklarının önemini ortaya çıkararak bu enerjilerin en verimli ve kolay kullanışlı hale getirilmesinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Enerji kısaca bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Tabiattaki canlı ve cansız tüm varlıklar bir sistemden ibaret olduğuna göre bu sistemin düzenli çalışması ise enerjinin akışıyla gerçekleşmektedir. Ancak muhtevası bakımından enerjiyi ele alacak olursak çok fonksiyonlu bir kavram ortaya çıkacaktır.

Endüstriyel manada insanlığın huzuru ve refahı için hizmet veren her enerji türü mühendislik ilgi alanına girer (Ünalın, 1997).

Türk Dil Kurumu sözlüğünde “Enerji maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç” olarak tanımlanmıştır.

Başka bir ifadeyle enerji: Bir maddenin, makinenin ya da maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Berberoğlu, 1982) .

Enerji maddenin bir özelliğidir ve madde enerjiye sahiptir. Günlük hayatta “enerji” terimi ile enerjinin geçebilen şekilleri olan iş ve ısı kastedilmektedir. Isı suyu kaynatır ve bundan elde edilen buhar enerjisi türbinleri çevirerek elektrik üretebilir. Görüldüğü gibi ısı enerjinin bir şeklidir. Elektrik enerjisi daha başka türden bir enerji çeşididir. Bazı kimyasal tepkimeler sonucu ortaya çıkan elektronlar bir elektrik akımı meydana getirir. Pil bu yolla üretilen bir elektrik kaynağıdır. Görüldüğü gibi toplumlar geliştikçe enerjinin elde ediliş biçimleri ve kullanım alanları değişme ve gelişme göstermektedir (Bockris ve ark.,1993).

Elektrik enerjisi insanlığın en çok ihtiyaç duyduğu, hayatın olmazsa olmazı haline geldiği ve üretimi için en çok çaba ve maliyet harcanan enerji türüdür. Artık günümüzde de bu enerji türünün en ekonomik ve kolay bir şekilde insana ve çevreye zarar vermeden nasıl elde edilebileceği yolları araştırılmakta var olan bütün alternatiflerin ortaya çıkarılmasında olumlu bütün yollar kullanılmaktadır. Normal hayatta ve sanayi kullanımında temel enerji tüketimi elektrik enerjisi olup, onu ısınma ve ısıtma enerjisi olan fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğal gaz...) takip etmektedir.

Enerji Kullanımının Geçmişten Bugüne Gelişimi

Dünya nüfusunun artması, sanayinin ve kentleşmenin üst düzeyde gelişme göstermesi, insanların daha lüks yaşama arzusu, her alanda (ör: Tarım, sanayi) ve üretimin olduğu her yerde insan gücünden ziyade makineli işe geçilmesi araç kullanımının artması gibi durumlar enerjiye olan ihtiyacı her geçen gün daha da artırmıştır. İnsanlar enerji ihtiyacını gidermek için sınırlı kaynaklardan ziyade alternatif kaynakların kullanımına yönelmişlerdir. Bu da bu sektörün gelişmesine ve alternatif kaynakların en verimli bir şekilde kullanımıyla enerji ihtiyacının bu kaynaklardan karşılanmasına olanak sağlamıştır. Tarih boyunca insanlığın sahip olduğu tek enerji

kaynağı kendi vücudu olmuş; gıdalarla alınan 2500-3000 kaloriyi kasları yardımıyla 500-600 kaloriye eşit mekanik enerjiye dönüştürmüştür.

Yüzyıllar boyunca insanlık âlemi kas gücünü enerji kaynağı olarak kullanmakta ve kölelik enerji verimliliği açısından uygun ve meşru bir sistem olarak kabul görmekteydi. Çünkü bir insan enerji verimliliği açısından hayvanlardan üstün durumdaydı. Bunun da sebebi insanoğlunun sadece basit enerji harcaması şeklinde değil aklıyla hareket etmesi nedeniyle mevcut gücünü en iyi ve verimli şekilde kullanmasına olanak sağlamasıydı. Hayvanların evcilleştirilmesiyle birlikte insanoğlu yeni bir enerji kaynağına sahip olmaya başladı.17. yy.a kadar insanoğlu ulaşım ve nakil ihtiyaçlarını karşılamak üzere hayvanlardan ve enerjilerinden yararlandı. 18. yy. sonuna kadar Avrupa'nın enerji potansiyeli iş hayvanlarının gücüne dayalı bulunmaktaydı. 20. yy. başlangıcına kadar ülkelerin iş hayvanları sayısı enerji potansiyeli açısından önemli bir gösterge olarak kabul edilmiştir.

Bunun yanı sıra insanoğlunun güneş, rüzgâr ve biokütle enerjisini kendi geliştirdiği yollarla başka enerjiye dönüştürüp yararlanması oldukça eskilere dayanmaktadır. En eski rüzgar kuvvet makinesi olan yel değirmeninin, bundan 3000 yıl önce İskenderiye yakınlarında yapıldığı tahmin edilmektedir(EİE, 2012)(Şekil 5).

İnsanlar tarih boyunca enerjiye hep ihtiyaç duymuşlardır. Diğer canlı varlıklar gibi sadece besin yoluyla aldıkları enerjiyle yetinmemişler, besin kaynakları dışında enerji kaynakları keşfederek bu kaynakları çeşitli teknolojiler sayesinde ısı, mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürmeyi öğrenmişlerdir. Bu dönüşümlerle petrolün 20. yy. da popüler bir enerji kaynağı olarak ülkelerce benimsenmesi ve teknolojik gelişim ve kalkınmanın petrol eksenli devam etmesi neticesinde fosil yakıtlar diğer enerji kaynaklarından yararlanılması ve kullanılmasının önüne geçmiştir. Zira 1970'lerde yaşanan petrol krizi ertesinde dünya ölçeğinde meydana gelen ekonomik sorunlar ve bunların başlıca sebebi olan petrol bağımlılığı dünya devletlerini alternatif enerji kaynaklarına yönelmeye, bu kaynaklardan enerji üretmenin yollarını aramaya ve yatırım yapmaya yöneltmiştir. Özellikle dünya ölçeğinde meydana gelen çevreye karşı büyük hassasiyet ve küresel ısınma, ozon tabakasının delinmesi gibi küresel sorunlar nedeniyle İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü gibi uluslararası uzlaşma ve çözüm arayışları sebebiyle fosil yakıt kaynaklarına olan ilgi azalmak durumunda kalmıştır. Bu sebeple insanoğlu eskiden olduğu gibi yine çevreyle dost yenilenebilir

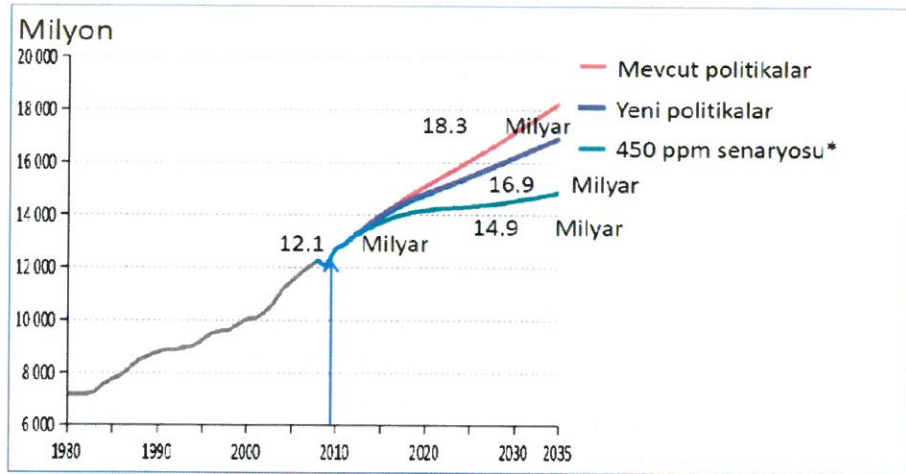
enerji kaynaklarına yönelmek zorunda kalmış ve araştırma-geliştirme harcamalarını bu konuya yönlendirmiştir (Yamak,2006).

Teknolojinin de gelişimine paralel olduğunu düşünecek olursak, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yakın tarihe kadar sahip olunan potansiyelin çok altında kullanımını görmekteyiz. Burada gerek konuyla ilgili çalışmalar gerekse bu alanda yapılan araştırma-geliştirme programlarına çok az yer verilmiş olması, diğer fosil yakıtların varlığı ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının hat safhada olması etkili olmuştur. Son yıllarda ise dünyada ve ülkemizde artık yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi anlaşılmış, teknolojinin de bu alanda kullanılması hız kazanmıştır.

Dünyada artık küçük çaplı rüzgâr türbinleri değil, uçak kanatlarıyla aynı, hatta daha büyüklükte türbinler üretilmeye ve kullanılmaya başlanılmış, uygulamada büyük yollar kat edilmiş verimde ise hemen hemen istenilen düzeye gelinmiştir. Çağımız artık bir enerji çağı haline gelmiştir. Enerjinin bütün versiyonlarını kullanarak en üst düzeyde yararlanılmalıdır. Öyle ki; evlerde, iş yerlerinde, okullarda, hastanelerde, trafikte, kısacası içeride ve dışarıda tüm alanlarda enerjiye eskiye oranla çok çok daha fazla ihtiyaç duyar hale gelindi. Bu yüzden günümüz enerji ihtiyacını karşılamak için, eskiden olduğu gibi sınırlı veya zararlı kaynaklar değil; yenilenebilir, çevreye ve insana duyarlı kaynaklar her geçen gün biraz daha ön plana çıkarılmalıdır. Geçmiş tarihte hazır enerji kullanım alışkanlığı varken artık dönüşümlü enerji kullanımının olması gerektiğinin bilincinde olunmalıdır. Eski tarihlerde rüzgâr doğrudan önüne geçip serinlemek veya maddelerde ki kütle farkından dolayı rüzgâr önüne düşürülerek ayrıştırmada; güneş doğrudan ısınma veya kurutmada; su doğrudan yıkama veya sulamada vb. doğal kaynaklar da aynı şekilde doğrudan ihtiyaç gidermede kullanılırdı. Artık günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte bu kaynakların da dönüşümü yapılarak, enerji alanında çığır açılmış, her bir kaynaktan farklı alanlarda enerji üretilmeye ve enerji ihtiyacı giderilmeye başlanılmıştır. Rüzgârdan elde edilen elektrik enerjisi ve gelişen teknoloji birleştirilmiş serinlemede ve ısıtmada kullanılan teknoloji harikası çok şık ve kullanışlı klimalar ve vantilatörler üretilerek rüzgâr bir bakıma elektrik kablolarıyla evlerin, iş yerlerinin, hastanelerin, okulların, araçların ve hayatın her alanının içine kadar getirilmiştir.

Enerji ve iklim senaryolarına göre dünya birincil enerji talebine bakacak olursak Uluslararası Enerji Ajansının tahminlerine göre 12,13 milyar TEP olan dünya birincil enerji talebinin 2035 yılında:

- ✓ Mevcut enerji politikaları ile devam senaryosuna göre %51 oranında artışla 18,3 milyar TEP
- ✓ Verimliliğin teşvik edildiği yeni politikalar senaryosuna göre %40 oranında artış ile 16,96 milyar TEP
- ✓ 450 ppm senaryosuna göre %23 oranında bir artışla 14,85 milyar TEP'e ulaşması beklenmektedir(Şekil 1). Söz konusu senaryoların tamamına göre fosil yakıtların (petrol, doğal gaz, kömür) payları nispeten azalmakla birlikte, miktarsal olarak artmakta ve bu yakıtlar hâkim kaynaklar olmaya devam etmektedir.



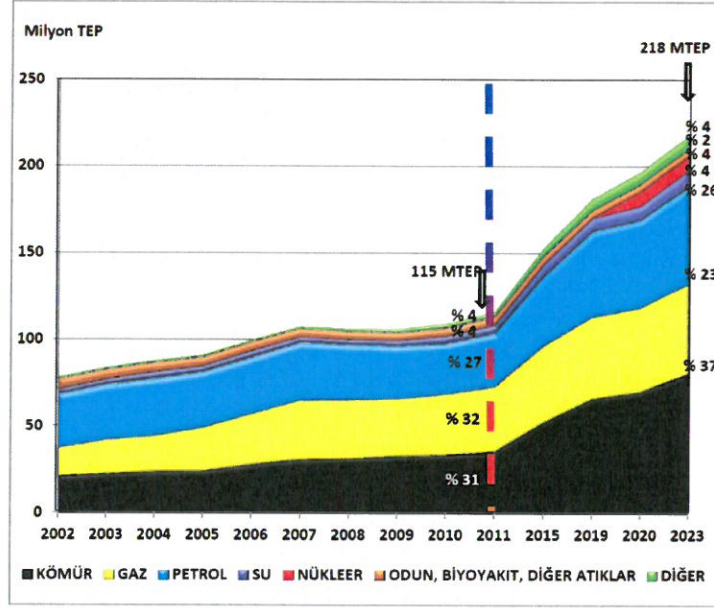
Şekil 1. 2035 Yılı enerji ve iklim senaryolarına göre dünya birincil enerji talebi projeksiyonları (Milyar TEP)

Uluslararası Enerji Ajansı (UEA), 2011

*Atmosferde bir milyon partikül içerisinde

Ülkemiz birincil enerji talebi (Şekil 2) 2011 yılında yaklaşık 115 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji talebi içerisinde kömürün payı %31, doğal gazın payı %32, petrolün payı %27, hidrolik enerjinin payı %4 ve yenilenebilir ve diğer enerji kaynaklarının payı %6'dır. 2023 yılında birincil enerji talebimizin %90 oranında artarak 218 milyon TEP'e ulaşması beklenmektedir. Kömürün payının %37, doğal gazın %23, petrolün %26, hidrolik enerjinin payı %4, nükleer enerjinin %4 ve

yenilenebilir ve diğer enerji kaynaklarının %6 olması öngörülmektedir. Ülkemiz, dünya ülkeleri arasında rüzgar enerjisi kapasitesinde 16. ülke konumundadır(ETKB, 2013).



Şekil 2. 2023 Yılında birincil enerji talebimiz (ETKB,2013 yılı bütçe sunumu)

Şekil-2 aslında bizlere yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi konusunda çok daha fazla yol kat etmemiz gerektiğini göstermektedir. Ülkemizde enerji ihtiyacını karşılayacak petrol ve doğalgaz rezervleri olmadığı için, enerjide dışa bağımlılıktan kurtulmanın yolu yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine bağlıdır. Bunun için %6 olan yenilenebilir enerji kaynakları payının 2035 projeksiyonlarındaki payını, tahmin olan %6 paydan daha yüksek seviyelere çıkarılmalıdır.

Yenilenebilir Enerji

Enerji insanın varoluşundan bu yana hep olmuştur insanlık olduğu sürece de hep olacaktır. Çünkü yaşamın akışı, işleyişi canlıların yaşamsal faaliyetlerde bulunabilmesi için enerji ilk öncü şarttır. Eski tarihlerde enerji daha ilkel yolla kullanıldığı için, enerji kaynakları da hali hazırda kullanılırdı. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları hemen hemen hiç kullanılmamaktaydı. Daha öncede belirttiği gibi o dönem yenilenebilir enerji kaynakları enerji alanında değil diğer ihtiyaçların giderilmesinde kullanılırdı. Örneğin: rüzgâr serinlemek ve madde ayrıştırmada; güneş ısınmak ve kurutmada; su yıkama ve arazi sulama ve su ihtiyacını gidermede; diğer yenilenebilir kaynaklar da bu ve benzeri alanlarda kullanılmaktaydı.

İnsanlık tarihi ilerledikçe ve nüfus arttıkça artık enerjiye olan ihtiyaç da artmıştır. Mevcut yenilenemez enerji kaynakları bitme noktasına yaklaşmış, enerji ihtiyacını karşılayamaz noktasına geldiğinde insanlık artık bu alanda alternatif yol arayışına girmiş ve alternatif enerji kaynaklarının kullanım alanının geniş olduğunu anlayarak bu kaynakları enerjiye dönüştürmeye başlamıştır(Şen, 2002).

1700'lü yıllardan önce insan hayatında etkin yeri olan yenilenebilir enerji kaynakları yerini 1712 yılında, buhar makinesinin Thomas Newcomen tarafından yapılmasından sonra fosil kaynaklara bırakmaya başlamıştır. İlk olarak kömür yataklarının demir ve diğer madenlerin eritilmesine yaraması ve buhar makinelerinde uzun mesafelere taşınabilmesiyle sanayileşme hızlı bir biçimde artmış; ardından, 1859 yılında ABD'nin Pensilvenya eyaletinde Edwin L.Drake'in açtığı kuyuyla petrol, ilk kez ticari olarak işletilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır(Pala,1996).

20. yüzyılın başında, içten yanmalı motor devriminin insanların günlük yaşamına girmesi ise, o güne kadar enerji gereksiniminin yaklaşık % 90'ını sağlayan odun gibi enerji kaynaklarının öneminin azalmasına neden olmuştur. Ancak, 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizleri ve enerji fiyatlarında yaşanan yükseliş, bir taraftan enerji kaynaklarının nasıl daha verimli kullanılacağı sorusunu, diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir. 1980'lerde petrol fiyatlarında görülen önemli düşüş, fosil kaynakları tekrar cazip hale getirdiyse de 1990'lı yıllardan itibaren gelişmeye başlayan "temiz çevre bilinci" geleneksel enerji üretim ve tüketiminin hem çevre hem doğal kaynaklar üzerinde yerel ve küresel seviyede olumsuz etkileri olduğunun anlaşılmasını sağlamıştır(Gürbüz,2003).

Yenilenebilir enerjinin tarihsel süreç içindeki yolculuğu incelendiğinde, dönemsel gelişmelerle yenilenebilir kaynakların kullanım seviyesindeki değişkenliği oldukça artırmıştır. Özellikle, 18. yüzyılın sonlarına doğru başlayan sanayileşme hareketi, yenilenebilir enerji için bir dönüm noktası olmuştur. İçinde bulunulan çağ, sanayileşme hareketinin hızla devam ettiği bir çağ olmasına karşın, hareketin dayalı olduğu fosil enerji kaynakları, sistemin sürdürülebilirliğini hem insanlar hem de ekolojik yapı açısından artık mümkün kılmamaktadır. 1970'li yıllardan itibaren dünyada yaşanan ekonomik, siyasi ve çevresel gelişmeler de bu durumu desteklemektedir. Bu açıdan, gelişmeleri ana hatları ile incelemek, yenilenebilir enerjinin neden tekrar gündemde olduğunun anlaşılmasında yararlı olmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artıran öğelerin başında, toplumların taşıdığı çevresel kaygılar gelmektedir. Küresel ısınma, iklim değişikliği, atmosfer kirliliği veya sera etkisi gibi değişik kelimelerle adlandırılabilir bu kaygıların temelinde, büyük miktarlarda kullanılan fosil yakıtların atmosfere bıraktıkları zararlı gazların artması yatmaktadır. Bunlardan küresel ısınma, yeryüzü sıcaklığının bu gazlar dolayısıyla (her 10 yılda 0,3 °C) artması anlamına gelmektedir. Bu gazlar arasında en önemli olanı ise karbondioksit gazıdır.

Hargreaves (2007)'e göre yerküre ve çevresinde yaşanan bu değişikliklerin yarattığı kaygılar günümüzde öyle bir seviyeye ulaşmıştır ki, atmosfere en çok sera gazı salınımı yapan ülkelerden ABD'nin eski Başkan Yardımcısı Al Gore, ani iklim değişikliğine ve onun yarattığı olumsuz etkilere dikkat çekmiştir. Bunun için yılda 100 milyon \$ tutarında bir reklam kampanyasını yürütme kararı almıştır(Gülay, 2008). Sanayileşme seviyesi ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi gösteren bu örnek, sadece ABD ile sınırlı değildir. Özellikle son on yıllık dönemde ekonomik olarak büyük ivme yakalayan ülkeler de yaşanan bu olumsuzluklara ortak olmaktadır. Ancak fosil kaynakların bu gelişmelerdeki konumu ve yenilenebilir enerji kullanımının artması halinde gelecek nesillere nasıl daha iyi bir hayat bırakılabileceği Tablo-1'de görülmektedir.

Tablo 1. Farklı enerji kaynaklarının ürettiği karbondioksit miktarı (TAEK,2005)

LİNYİT									
KÖMÜR									
PETROL									
D.ĞAZ									
GÜNEŞ									
HİDROLİK									
BİYOKÜTLE									
RÜZGAR									
NÜKLEER									
	0	50	100	150	200	250	300	350	400
	Gram/KWh								

Tablo 1'e göre yakıtın çıkarılması, taşınması, işlenmesi ve kullanılmasını kapsayan elektrik üretimi zincirinde ortaya çıkan karbondioksit miktarı, fosil kaynaklarda 100-350 gram/KWh arasında iken, yenilenebilir kaynaklarda 100 gram/KWh seviyesinin oldukça altında gerçekleşmektedir.

Yenilenemeyen ve rezervleri sınırlı olan fosil kaynaklar, kullanımı bakımından ekonomik olmayan ve kısıtlılığı sebebiyle dünyada büyük endişeler uyandıran ve insanlığı çıkmazlara sokan, savaflara yol açan, çevreye en az yararı kadarda zararı olan kaynaklardır.

Alternatif enerji olarak da adlandırdığımız yenilenebilir enerji kaynakları ise kendini yenileyebilen, insana, doğaya kısacası canlı cansız tüm varlığa zararı yok denecek kadar az ekonomik katkısı olan ve hayatı kolaylaştırıp yaşanılabilirliğini sürdüren enerji kaynaklarıdır. Günümüz şartlarında ekonominin temel girdilerinden biri olan enerji ihtiyacının karşılanmasında ekonomik şartların yanı sıra çevresel, siyasal, toplumsal ve hukuksal etkilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Zira ülkeler bu kaygıları göz önünde bulundurarak enerji kaynakları arasındaki tercihlerini ve sıralamasını, bütün şartların toplam etkisi altında vermekte ve dünya genelinde alternatif enerji kaynaklarının önemi ve kullanımı artış göstermektedir. Türkiye hemen hemen bütün konvansiyonel enerji kaynaklarına sahip bulunmaktadır; ancak bu kaynaklar dünya rezervleri ile karşılaştırıldığında kalite ve miktar bakımından yetersiz olduğu görülmektedir (Altun, 1996) .

Yenilenebilir kaynaklar içerisinde ise dünyada ve ülkemizde ilk sırayı güneş ve rüzgâr enerjisi almaktadır. Her iki enerjiye de ekonomik açıdan bakılırsa kurulum maliyeti dışında hemen hemen masrafı yok denecek kadar az; çevresel açıdan bakılırsa çevreye olan yararı zararından kat kat fazla olmasının yanında, getirisi ülkenin gelişimine ve ekonomisine çok büyük yararlar sağlamaktadır. Enerji ülke için insanlık için gelişim, huzur, güç ve söz sahibi olabilmek demektir. Ancak enerjinin yerinde, uygun şartlarda ve uygun enerjinin kullanılması durumunda gelişim, huzur ve güç ortaya çıkmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının kurulumu gelişimi ve kullanımı, kendisi gibi alternatif de çok olan kaynaklardır. Her gün üzerimize doğan güneşin ve esen rüzgârın bize sunduğu sayısız yararlar dışında bizlerin de bir takım çaba ve gayretiyle rüzgâr ve güneşten ekstra yararlar sağlanabilir. Ancak bu geniş bir araştırma ve geliştirme yöntemleriyle olmaktadır.

Doğada bizlere halihazırda sunulan, çevreye ve insana zararı olmayan bu unsurların boşa gitmemesi için bütün olanaklar hem devletler tarafından hem de bireyler tarafından kullanılıp insanlık hizmetine sunulmalıdır. Bu bilinçle hareket edilirse, elde etmek için büyük mücadeleler verilen hatta savaflara sebep olup binlerce masum insanı canından eden ve kullanıldıkça da doğayı ve insanı her geçen gün tehdit eden petrol ve ürünleri gibi zararlı maddelere gerek duyulmadan, dünyada müreffeh bir hayat ortaya çıkarılmalıdır.

Uyar (2001)'a göre kömür, petrol ve doğalgaz santrallerinin kuruldukları bölgede yerel olarak tahribatları yanında küresel olarak tüm dünyayı tehdit eden etkileri de bulunmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında atmosfere yayılan karbondioksit, kükürtdioksit, azotoksit, toz ve kurum yakın çevreyi kirletip ölümlere yol açarken; bu vb. sera gazları küresel iklim değişikliğine yol açmakta ve tüm dünya ülkelerinde yaşamı tehdit etmektedir (Çakar ve ark,2009).

İnsan, bu doğanın sadece hayatından ibaret olmadığını ve onun bir emanet olduğunu anlamalı, bu emaneti en güzel ve temiz bir şekilde gelecek nesle aktarmanın bilinci ile yaşamalıdır. Bu da ancak çevre dostu enerji kaynakları ile mümkün olmaktadır.

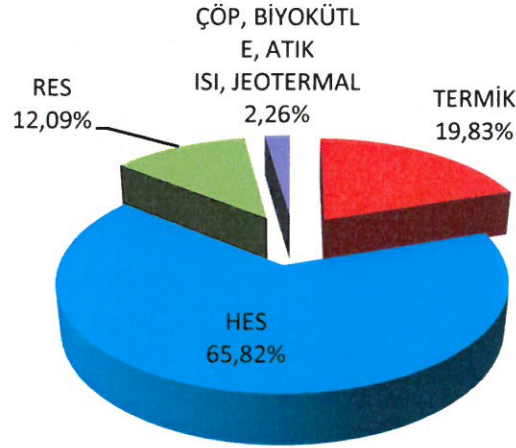
Peki ne yapılmalı bu doğayı en güzel ve temiz bir şekilde gelecek nesle aktarmak için; bunun için aşağıda isimleri sıralanan enerji kaynaklarını uygulamaya geçirip sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Alternatif enerji türlerini ve kaynaklarını şu başlıklar altında toplayabiliriz:

ENERJİ TÜRÜ	ENERJİ KAYNAĞI
Nükleer enerji	Uranyum gibi ağır elementler
Güneş enerjisi	Güneş
Rüzgâr enerjisi	Atmosfer hareketi
Dalga enerjisi	Okyanus ve denizler
Doğal gaz	Yeraltı kaynakları
Geo-termal enerji	Yeraltı suları
Hidrolik potansiyel	Nehirler
Hidrojen	Su ve hidroksitler
Bio-mass, bio-dizel, bio-gaz	Biyolojik atıklar, yağlar

Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında potansiyel olarak Türkiye'nin ekonomiklik analizi yapılmış olan 130 milyar kWh hidrolik potansiyeli bulunmakta ve bu potansiyelin %30 'u kullanılmaktadır. Brüt hidrolik potansiyel 433 milyar kWh civarında olup, teknik yönden değerlendirilebilir hidrolik potansiyel 216 milyar kWh 'dır. Termik kapasitemiz ise yıllık 114 milyar kWh 'dır. Linyit kömüründen elektrik enerjisi üretim miktarı, toplam potansiyelin %22'sidir. Elektrik üretiminde kullanılabilir jeotermal kaynak potansiyeli 2450 MW (yıllık 16 milyar kWh) elektrik enerjisi üretimine eşittir. Rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretim potansiyeli ise 83 000 MW (yıllık 300 milyar kWh) enerji üretimine eşdeğerdir(Gençoğlu,2002).

Ancak son on yıllık nüfus artışının, sosyokültürel değerlerin ve ekonomik yapının geliştiği, sanayi tüketiminin büyüdüğü Türkiye'de enerji yatırımlarının aynı oranda büyümediğini ve bunu geliştirmek gerektiği görülmektedir. Şekil 3'de 2013 yılının 4 aylık bölümünde yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar gösterilmektedir.

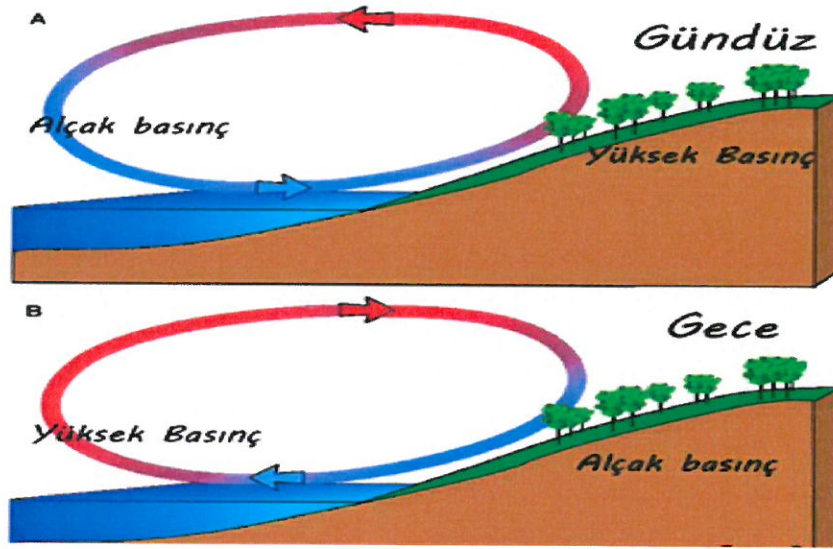


Şekil 3. 2013 yılı ülkemizdeki 4 aylık enerji yatırımları (ETKB)

Türkiye'de son yıllarda rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretim çabaları artmış olmakla birlikte, yerli kaynaklara dayalı bu santrallerle ilgili teknoloji üretme faaliyeti de her geçen gün artmakta; araştırma-geliştirme kurumları artık bu kaynakları desteklemektedirler. Tümüyle yerli kaynaklarla tasarlanıp kurulabilecek rüzgâr santrallerinin ihracata dayalı biçimde kurulması, konu ile ilgili teknolojik birikimin oluşmasına ciddi katkı sağlayacağı gibi, ülke kaynaklarının da dışa akmamasına neden olmaktadır. Rüzgâr gücünden elektrik enerjisi üretimini tümüyle desteklemenin yanında teknolojik birikim ve üretimin yerli kaynaklara dayandırılması sağlanmalıdır.

Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, güneşin doğuşundan batışına kadar yeryüzündeki farklı yüzeylerin, farklı hızlarda ısınıp soğumasıyla oluşmaktadır. Hareket halindeki havanın kinetik enerjisine ise rüzgar enerjisi denmektedir. Rüzgâr, atmosferdeki havanın dünya yüzeyine yakın, doğal yatay hareketleridir. Hava hareketlerinin temel prensibi, mevcut atmosfer basıncının bölgeler arasında değişmesidir. Rüzgâr, alçak basınçla yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımıdır ve daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru hareket eder(Şekil 4). İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur(Anonim, 2012 a).



Şekil 4. Basınç farkıyla rüzgâr oluşumu (Anonim, 2012 g)

Gerekli enerjisini güneşten alan bir ısı makinesi olarak nitelenebilecek olan atmosferde, ısıl potansiyel farklara sahip olan hava kütleleri, daha soğuk ve yüksek basınç alanı olan bir noktadan, daha sıcak ve alçak basınç alanına hareket ederler. Isı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü bu doğa olayındaki hava kütlesi hareketine, rüzgâr adı verilir (Özdamar, 2000). Bir başka ifadeyle, rüzgârlar, yeryüzündeki farklı güneş ısı dağılımının neden olduğu basınç ve sıcaklık farklarının dengelenmesi ile oluşan hava akımlarıdır. Dünyanın bir kısmında hava, kara ve deniz ısınırken, diğer yüzeyinde soğuma görülür. Dünyanın günlük dönüş hareketiyle bu ısınma ve soğuma periyodik şekilde devam eder. Dünyanın güneşe bağlı ekseninin eğiminin mevsimlere göre değişimi, ısıl enerjinin günlük dağılımının mevsimden mevsime farklılık göstermesine neden olmaktadır (Avşar ve ark, 2001).

Rüzgâr enerjisi aslında, güneş enerjisinin dolaylı bir şeklidir. Çünkü güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde aynı ısıtamaması nedeniyle oluşan sıcaklık ve basınç farkları rüzgârı ortaya çıkarmaktadır. Geçmişte gemilerin yelkenlerini şişirerek coğrafi keşiflerin yapılmasını sağlayan, tarımsal ürünleri öğütmek ve su pompalamak gibi amaçlarla kullanılan rüzgâr günümüzde elektrik üretimi yapan modern rüzgâr santrallerinin kurulmasını sağlamaktadır.

Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi

Rüzgâr varlığından insanlık, tarih boyunca çeşitli yollarla çok yararlanmıştır. En ilkel yolla kütle farkından yararlanarak maddelerin ayrıştırılmasından yel değirmenlerine, gemilerde yelken olarak kullanımına ve günümüzde elektrik enerjisi üretiminden rüzgâr türbinlerinin çalıştırılmasına kadar hep rüzgârdan yararlanılmıştır. Rüzgâr gücü, enerjisi ve teknolojisi günümüz dünyasında bütün ülkeler ve çevreler tarafından kabul görmüş, faydası tartışılmaz, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilindiği üzere teknolojinin, sanayinin gelişmesi ve nüfusun artmasıyla birlikte dünya yoğun bir enerji talebiyle karşı karşıya kalmıştır. Bu talebin karşılanması büyük oranda fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Fakat fosil yakıtların tükenme tehlikesi ve aynı zamanda çevreye verdiği zararları göz önünde bulundurulursa alternatif enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmazdır. İşte bu kaynakların en önemlilerinden biri de rüzgârdır.

Eski çağlardan bu yana insanlar rüzgârın gücünden çeşitli şekillerde faydalanmışlardır. 20.yüzyılın başlarında ilk rüzgâr türbinleri kurulmaya başlanmış ve bununla birlikte rüzgâr gücünden elektrik üretimi giderek artmıştır. Bugün dünyadaki hemen hemen her ülke rüzgâr enerjisinden çeşitli şekillerde faydalanmaktadır. Özellikle günümüzde gelişmiş ülkelerde rüzgâr türbinlerinden megavatlar düzeyinde elektrik üretilmektedir. Türkiye ise bu konuda diğer ülkelere göre çok avantajlı bir konumdadır. Çünkü rüzgâr enerjisi bakımından çok ciddi bir potansiyel barındırmaktadır. Tahmin edilen potansiyel yaklaşık 80 000 MW'ın üstündedir.

Türkiye'de ilk olarak 1998 yılında yapımına başlanan rüzgar santralleri toplamda 8,7 MW kurulu gücündeydi, 2005 yılına kadar bu tablo oldukça durağan olup yeterli ilgiyi göremediği için bu alana neredeyse hiç yatırım yapılmamıştır. Ancak 2005 yılında meclisin konuyu ele almasıyla birlikte elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarını devreye sokan yasa Meclis Genel Kurulundan geçmiştir. 2005-2009 yılları

arası yaklaşık 500 MW bir artış sergilemiştir. 2010 yılında bu yatırımların daha da önünü açabilecek ve yatırımcıları bu alana yönlendirecek olan YEK yasası yürürlüğe girmiştir. Son 2-3 yılda yatırımlar giderek hız kazanmış ve Temmuz 2012 itibariyle 2000 MW'ı aşmıştır. Türkiye'nin toplam kurulu gücü 56,471 MW düzeyindedir. Rüzgârın payı ise %3,5 civarlarındadır. EPDK tarafından 114 projeye lisans verilmişken 94 proje lisans almayı beklemektedir. 2023 yılına kadarki hedef, rüzgâr kurulu gücünde 20 000 MW 'a ulaşmaktır(Anonim, 2012 b).

Rüzgâr enerjisinin Dünya ve Türkiye açısından birçok getirisi vardır. Öncelikle temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgârın karbon emisyonu, çevre kirliliği gibi dezavantajları yoktur. Türkiye'de rüzgâr kurulu gücünün artması, dışarı olan enerji bağımlılığın azalması demektir. Aynı zamanda bu sektörün gelişimi istihdam alanı yaratacaktır. Diğer yandan yerli kaynakların kullanımı ve değerlendirilmesi için rüzgârın önemi bir kez daha anlaşılmaktadır. Bu kaynağın değerlendirilmesi hem insanlık hem de Türkiye açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Devlet yasalarla ve çeşitli teşvik mekanizmaları ile yerli ve yabancı yatırımcıların önünü açarak onları bu alana yönlendirmelidir. İlgili devlet kurumları arasında koordinasyon sağlanıp sektörde çeşitli işbirlikleriyle rüzgâr enerjisinde kurulu gücü artırmak hedef olmalıdır. Aynı zamanda yerli türbin üretiminde atılacak adımlar hızlandırılmalıdır. Belirlenen hedeflere ulaşmak için gerekli yatırımların yapılması lazımdır. Enerjide bağımsız ve daha güçlü bir konuma gelmenin yolundan birisi de rüzgâr gücünden geçmektedir(Anonim,2012 c).

Rüzgâr enerjisinde elektrik üretiminin en önemli aracı rüzgâr türbinleridir. Bu türbinlerde bir rotor, bir güç şaftı ve rüzgârın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirecek bir jeneratör kullanılır. Rüzgâr rotordan geçerken, aerodinamik bir kaldırma gücü oluşturur ve rotoru döndürür. Bu dönel hareket jeneratörü hareket ettirir ve elektrik üretir. Üretilen elektrik enerjisi kablolar ile rüzgâr türbini kulesindeki enerji panosuna alınır. Türbinlerde ayrıca, dönme oranını ayarlayacak ve kanatların hareketini durduracak bir rotor kontrolü bulunur. Rüzgâr türbinleri gelen rüzgârın yönüne göre konum alabilmekte ve mekanik veya güç elektroniği devreleri ile otomatik olarak kontrol edilmektedir.

Elektriği daha fazla üretmek için türbinlerin rüzgâr hızının sabit olduğu alanlarda kurulması uygundur ve bu nedenle de dünyada pek çok yer elverişli değildir. Rüzgâr şiddeti 7 sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan 7. sınıftaki rüzgârlar son derece

kuvvetli, 2. sınıftakiler ise esinti şeklindedir. Elektrik üreten türbinler için ise 4. sınıftaki rüzgârların (yıllık ortalama rüzgâr şiddetinin 7-7,5m/s) uygun olduğu kabul edilmektedir(Tablo 3).

Rüzgâr şiddeti yükseklikle arttığı için rüzgâr türbinleri kule tepelerine yerleştirilir. Kulelerin üzerine monte edilen rüzgâr türbinleri yardımıyla elektrik üretilebilmektedir. Gelen hava türbinleri döndürmekte, türbin kanatlarının bağlı olduğu mil de jeneratörü çalıştırmaktadır. Yıllar önce kullanılan yel değirmenlerinde, rüzgâr estikçe dönen pek çok kanat bulunmaktayken (Şekil 6), bugünün rüzgâr türbinlerinde yalnızca iki veya üç kanat bulunmaktadır. Bu kanatlar, yel değirmenlerinde görüldüğünden çok daha uzun (25 m'ye kadar) olabilmektedir. Kanatlar kendi ekseninde hareket edebilmekte ve yüksek hızlardaki rüzgârlarda oluşabilecek zararları önlemek için frenleme yapılabilmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinden en yüksek verimi elde edebilmek için rüzgâr hızının yıllık olarak belirli bir ortalamanın üstünde ve sürekli olduğu alanlarda türbinlerin kurulması gerekmektedir. Elektriğin temiz ve yenilenebilir kaynağı olan rüzgâr enerjisi, dünyada elektrik enerjisine en kolay ve çabuk dönüştürülebilir bir enerjidir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisine dönüşüm, yenilenebilir enerji teknolojilerinin en hızlı ilerleme kaydedilen alanıdır. Rüzgâr enerjisi, tamamen doğal bir kaynak olarak kirliliğe neden olmayan ve tükenme olasılığı bulunmayan bir enerji kaynağıdır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na göre, dünya rüzgâr enerji potansiyeli 53 000 TWh/yıl (bu ise dünyanın 2020 yılında gereksinim duyacağı elektriğin iki katından çoktur.) olarak hesaplanmıştır.

Rüzgâr enerjisinden yararlanma fikri insanlık tarihinde çok eskilere dayanmaktadır. Su ve rüzgâr değirmenleri dünyanın ilk endüstrilerine güç sağlamıştır. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ilk kez 1891 yılında Danimarka'da gerçekleştirilmiştir. 1990'dan beri dünyada en hızlı gelişen yenilenebilir enerji kaynağı rüzgâr enerjisidir. Bu gelişmenin altında yatan en önemli etkenlerden birisi de verimlerinin yüksek (% 59 civarı) olmasında yatmaktadır.

Günümüzde, yeni teknoloji ve yeni malzemeler yanında kontrol teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, rüzgâr türbinleri insanların aydınlatma, ısıtma, soğutma ve diğer ev aletleri için gerek duyduğu en temiz elektrik enerjisini üretmek için kullanılmaktadır. Dünyada gittikçe artan bir hızla rüzgâr türbinleri ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Bunların bazıları rüzgâr çiftlikleri şeklinde daha yüksek bir kapasitede

elektrik üreten rüzgâr türbin grupları olarak çalışmaktadır. Ayrıca denizlerde daha kesintisiz ve daha güçlü rüzgâr olması nedeniyle deniz üstü rüzgâr santralleri kurulmaya başlanmıştır. Rüzgâr elektrik sistemleri şebekeden bağımsız kurulabildiği gibi şebekeye bağlı olarak da kurulabilir. Şebekeden bağımsız güçlü sistemlerde yedek enerji kaynağı da kullanılmaktadır. Şebekeye bağlı rüzgâr santralleri genellikle birden çok türbin içeren rüzgâr çiftlikleri biçiminde kurulmaktadır. Bu santrallerin genelde elektrik iletim hatlarına yakın yörelerde kurulması ve yöredeki trafo kapasitesinin santrale uygun olması gerekmektedir. Halen yıllık ortalama rüzgâr hızı 5 m/s ve üzerindeki rüzgâr, enerji üretimi için önemli potansiyel sayılmaktadır. Son zamanlarda türbin üretimindeki teknolojik gelişmelerle birlikte bu durum 3 m/s ye kadar düşmüştür. Rüzgâr kurulumu yapılacak bölgenin uygunluğu en az bir iki yıllık ölçümler neticesinde yapılan çok yönlü çalışmalarla belirlenmektedir. Rüzgar enerjisinin ucuz ve temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı olması nedeniyle yakaladığı bu gelişim hızı, konuyla ilgili Ar-Ge çalışmalarının artmasını ve teknolojik gelişimi beraberinde getirmiştir. Teknoloji geliştikçe ve iyileştikçe piyasa büyümekte, böylece rüzgar santrallerinin maliyetleri de azalmaktadır(Anonim,2012 a).

Avantaj Ve Dezavantajları

Rüzgâr santralının üretim sürecinde yakıt maliyeti yoktur ve işletme maliyetleri yok denecek kadar azdır. Yerli bir kaynak olması nedeniyle enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Rüzgâr türbinleri modüler (parçalı-değişebilir) olup herhangi bir büyüklükte imal edilebilmekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilir. Rüzgâr, kirlilik yaratmayan ve çevreye yok denecek kadar az zarar veren yenilenebilir enerji kaynağıdır. Enerjinin evsel kullanımlarında iyi bir alternatif enerji kaynağıdır. Rüzgâr tarlalarının geniş alan istemesi sorun gibi görülebilmektedir. Ancak, rüzgâr santralinde türbinlerin kapladığı gerçek alan santral toplam alanının %1-1,2'si kadardır. Türbinlerin aralarında tarım ve hayvancılık yapılabildiğinden arazi kaybı olmamaktadır. Tarım alanlarında çiftçilik faaliyetlerine engel olmamaktadır. Rüzgâr enerjisinde üretimde kullanılan doğaya hiçbir zararı olmayan rüzgâr türbinleri hem fazla alan kaplamamakta, hem de kuruldukları alanda yaşayan insanlar için iş alanı yaratmaktadır. Rüzgâr çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve buldukları arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir.

Rüzgâr santrallerinin görsel ve estetik kirliliği, gürültü yapması, kuş ölümlerine neden olması, kuşların göç yollarını değiştirmelerine neden olması, gerek radyo ve gerekse televizyon alıcılarında parazitler oluşturması (2-3 km'lik alan içinde) gibi olumsuz çevre etkilerinden söz edilebilmektedir. Rüzgâr türbinlerinden yayılan gürültüler yakın noktalarda insan kulağını az da olsa etkiler. Bu gürültülerden biri aerodinamik ya da geniş bant gürültüsü olup, bu gürültü makinenin kanatları üzerinden hava geçerken oluşur. Diğeri ise tonal ya da tek frekans gürültüsüdür ki dişli kutusu ve jeneratör gibi dönen mekanik ve elektriksel elemanlar tarafından oluşturulur. Ayrıca rüzgâr santralleri kırsal alanlara kurulduğundan arkeolojik açıdan önemli alanlara zarar verme riski taşımaktadır. Bu nedenle, santralin yapılacağı arazi üzerinde ayrıntılı arkeolojik araştırma yapılması gerektiğinden inşaata başlama süresi uzamakta ya da hiç yapılamamaktadır(Anonim,2012 a).

Dünyada Rüzgâr Enerjisinin Durumu

Rüzgâr, ilk zamanlar yine güneş enerjisi gibi en ilkel yollarla kullanılmıştır. İnsanlar rüzgârı ya bir serinleme gereksinimi duyduğunda ya da kütle farkı olan iki maddeyi ayrıştırma da vb. olaylarda kullanmıştır. Daha sonraları insanlar bu enerjinin geniş kapsamlı olduğunu keşfetmiş, rüzgâr enerjisinin çok değişik alanlara yayılmasını sağlamışlardır.

Bu uygulamalara şöyle bir göz atacak olursak:

Schobert (2002), eski Romalılar ve Yunanlılar gemileri yüzdürmek; Sümerler ise milattan önce 3500'lü yıllarda, kanatları bezden yapılmış yel değirmenleriyle tahıl öğütmek için rüzgâr enerjisinden yararlanmışlardır. Yel değirmenleri milattan sonra 600'lü yıllarda, dönemin İslam ülkeleri tarafından daha da geliştirilmiş olup, günümüzdeki çağdaş dikey sistem rüzgâr türbinlerine benzerlikleriyle dikkat çekmektedir(Gülay,2008).



Şekil 5. Eski dönem yel değirmenleri (EİE)

Aubert (1955)'göre, Türkler tarafından ilk defa M.S. 640 yılına doğru imal edilen yel değirmeni tipleri haçlı seferleri sırasında Avrupa'ya geçmiştir. Yazılı belgeli ilk yel değirmeni, M.S. 644 yılına ait İran-Afganistan sınırındaki Seistan'dadır. Yel değirmenleri, Çin'de M.S. 750-850 yıllarında pirinç tarlalarının sulanmasında kullanılmıştır. Hollanda'da çatısı dönen yel değirmenleri XVIII. yüzyıl başlarında kullanılmıştır. 1105 tarihinde ise Fransa'da görülmeye başlanmış ve 1143'de İngiltere'de ilk yel değirmeni yapılmıştır. XIX. yüzyıl sonlarına doğru Almanya'da rüzgâr ile çalışan kuvvet makineleri kullanılmaya başlanmıştır(Özgener, 2002).

İlk olarak Doğu'da kullanılan düşey eksenli yel değirmenleri, Batılılar tarafından geliştirilmiş ve yatay eksenli hale getirilmiştir. Yatay eksenli ilk yel değirmeni örneği, 1180 yılında Normandiya Krallığı zamanına aittir. Yatay eksenli ve mekanik enerji amaçlı yel değirmenlerinin gelişimi; ayaklı yel değirmeni (Almanya), kule tipi yel değirmeni (Akdeniz Ülkeleri, Alaçatı), döner çatılı Hollanda tipi yel değirmeni (Hollanda) ve 1850 yılında Daniel Halladay tarafından rüzgâr yönü yönlendiricisi takılan çok kanatlı Amerikan tipi yel değirmeni olarak sıralanabilir(Şekil 6).



Şekil 6. Çok kanatlı Amerikan tipi yel değirmeni (Daniel Halladay 1850)

1882 yılında New York'da elektrik santrali kurulmuş ve daha sonra da elektrik enerjisi kullanımı yaygınlaşmıştır. İlk rüzgâr elektriği de, Danimarkalı Profesör Paul La Cour tarafından 1891 yılında üretilmiştir. Doğru akım elde eden Paul La Cour, elektroliz yoluyla hidrojen gazı elde etmiş ve bu şekilde rüzgâr enerjisini depolamıştır.

1918 yılı sonrasında büyük şehirler elektriğe kavuşmuş ve dizel yakıtların ucuzluğu nedeniyle rüzgâr enerjisini değerlendirme çabaları, bir kenara bırakılmıştır. Rüzgâr enerjisinin bu bir kenara itilmişliği, enerji sıkıntısı nedeniyle 2. Dünya Savaşı'na kadar sürmüştür. Rüzgâr enerjisi kullanımının tarihsel gelişimine; 1942 yılında üretilen 17,5 m kanat çaplı ve 50 kW nominal güçlü Smidth rüzgâr türbini ve 1957 yılında üretilen 24 m kanat çaplı ve 200 kW nominal güçlü Gedser rüzgâr türbini örnek verilebilir(Hau,2008, Özdamar,2000). Danimarka'da 1959 yılında faaliyete geçirilen 200 kW gücünde olan ve ilk modern uygulama olarak kabul edilen Gedser türbini, işletmeye sokulmuş ve bu türbin, 1970 yılında 650 kW'lık bir türbin ile değiştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Danimarka'da faaliyete geçirilen ve ilk modern uygulama olarak kabul edilen Gedser Türbini(Johannes Juul,1959)

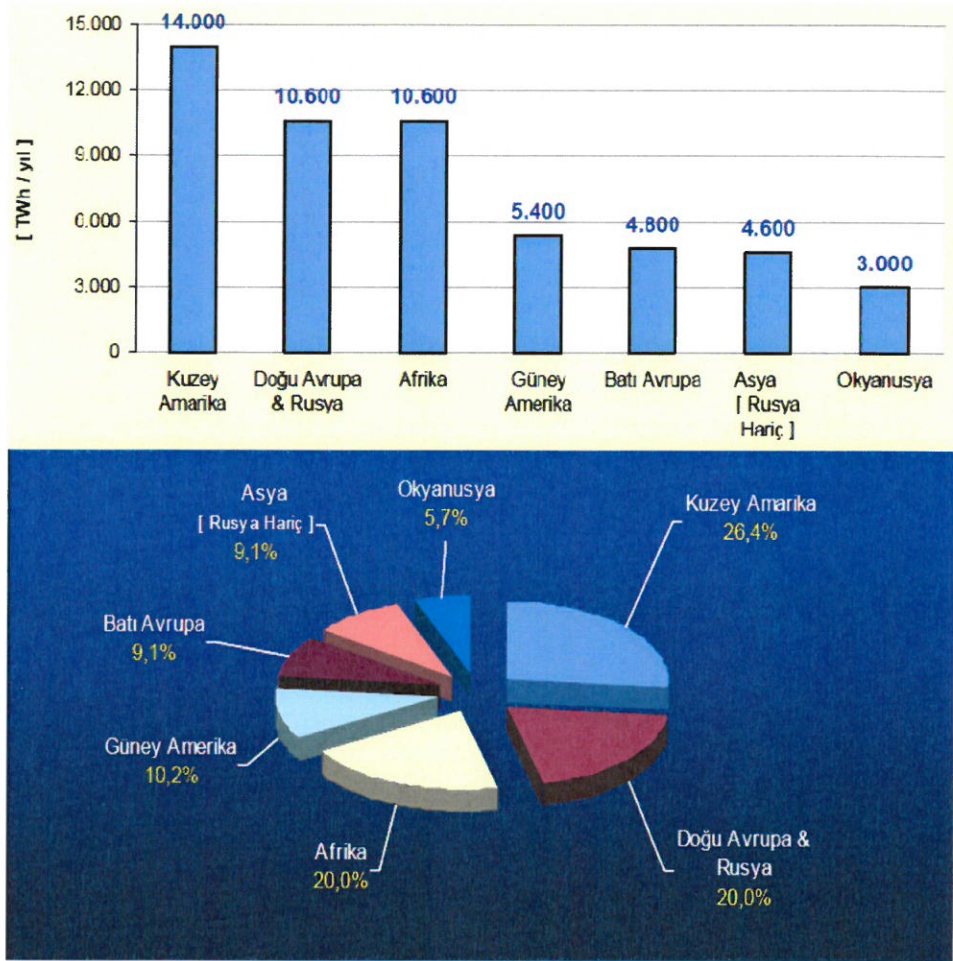
Modern rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesi 1973 yılından itibaren hızlanmıştır. Bu geliştirme çabaları sonrası aerodinamik verim ve güvenilirlik iyileştirilerek üretilen elektriğin kwh maliyeti azaltılmıştır. 1975 yılından başlayarak rüzgar türbinlerinin geliştirilmesi iki farklı yol izlemiştir. Bunlardan birincisi hükümetler tarafından maliyeti karşılanan kurulu gücü en fazla 3 MW büyük prototip makinelerin tasarım ve tesisidir. İkincisi ise daha küçük türbinlerden (50 kW) başladıktan sonra adım adım büyüyerek 1995 yılında 600 kwh gücünde rüzgâr türbinlerini ticari ürün haline getiren ve 1996 yılında ise 1,5 MW büyüklüğünde prototipleri üreten ticari gelişmelerdir. Son yıllarda ise rüzgar teknolojisinde çok büyük adımlar atılıp çok modern, kaliteli verimi yüksek kendisini kurulumundan çok kısa zamanda amorti eden, devasa büyüklüklere sahip olmalarına rağmen kurulumları da çok rahat olan en önemlisi de çevreye duyarlı ve zararsız türbinler üretilmiştir.

TÇV (2006)'ye göre 20. yüzyıl, diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi rüzgâr enerjisi kullanımının da azaldığı bir dönem olmuştur. 2. Dünya Savaşı ve 1970'lerde yaşanan petrol krizleri, rüzgâr enerjisine yönelik araştırma-geliştirme çalışmalarını gündeme getirmesine karşın, özellikle petrol fiyatlarının düşük seviyede olduğu dönemlerde bu ilginin azaldığı görülmektedir 21. yüzyılda ise, rüzgâr enerjisi sistemlerinin kullanımı açısından olumlu gelişmeler yaşanmaktadır. Buna göre; 2006 yılı sonu itibariyle, dünya rüzgâr enerjisi kurulu güç kapasitesi 73 904 MW seviyesine yükselmişti. Bu rakam, 2005 yılı verileriyle karşılaştırıldığında 14 900 MW'lık bir kapasite artışını (% 25'lik bir artış) işaret ederken, kurulu kapasite son 10 yılda yaklaşık

10 kat artarak, WWEA'nın, 2010 yılı sonu içinde kapasite ise 160 000 MW olmuştur(Gülay,2008).

Almanya, İspanya ve ABD, güneş enerjisi kullanımında gösterdikleri gelişmeyi, rüzgâr enerjisi kullanımında da sürdürmektedir. Sadece bu üç ülke, dünya toplam rüzgâr enerjisi kullanımının % 59,7'sini gerçekleştirmektedir. Çin ve Hindistan ekonomilerinin hızlı büyümeye devam etmesi ve büyümenin rüzgâr enerjisi sektörüne yansımaları durumunda, bu ülkelerin Almanya, İspanya ve ABD'yi rüzgâr kaynaklı elektrik enerjisi kullanımında geçme olasılığı yüksektir. Son yıllarda ise dünyada rüzgâr enerjisinde çok büyük yollar kat edildi. ABD'de sonlanmakta olan Üretim Vergisi Kredisinden faydalanmak isteyen Amerikalı şirketler, 2012 yılında rüzgâr kurulumlarını adeta uçurdu. Bu arada, Latin Amerika ve Kanada da müthiş bir büyüme kaydederek, ABD'deki gelişim ile paralellik göstermiş oldular. Amerikan Rüzgâr Enerjisi Birliği (AWEA) raporlarına göre, 2012'nin üçüncü çeyreğinde toplam 1,8 GW kapasite yakalayan ülke, ilk üç çeyrek toplamında 4,7 GW kurulu güç ile büyük bir ivme kazanmış oldu. Bu son rakamlarla birlikte toplamda 51,6 GW kapasitesini bulan Amerikan Rüzgâr Endüstrisi, böylece 2011'den bu yana %16 büyüme yakalamış oldu. Aslında inişli çıkışlı bir yıl geçiren ABD rüzgâr türbinleri üreticileri, bu süreçte yeniliklere de imza attılar. Kanada'da ise, Quebec'in Gaspésie bölgesinde bitirilen Gros-Morne II projesi ve diğer rüzgâr santralleri ile birlikte 2012 yılı içinde toplam 1,2 GW kurulu güce ulaşıldı. Gros-Morne I ve II'nin projelerinin toplamda 1,2 GW'ın 211,5 MW oluşturduğu ülkede, kurulu santrallerin yaklaşık %60'ı Quebec bölgesinde bulunuyor. 2012 sonu itibarı ile Kanada'da 6,4 GW rüzgâr kapasitesine ulaşılmıştır. Meksika ise Oaxaca'da tamamlanan 306 MW ile birlikte 1 GW sınırını aşmış bulunuyor. 11 üretim tesisine ev sahipliği yapan Brezilya Rüzgâr Endüstrisi istikrarlı büyümesini halen sürdürmekte. 12. tesis olan GE'nin 2013 yılında tamamlanmış 35 milyon USD'lik projesi Bahia şehrinin kuzeydoğusundadır.

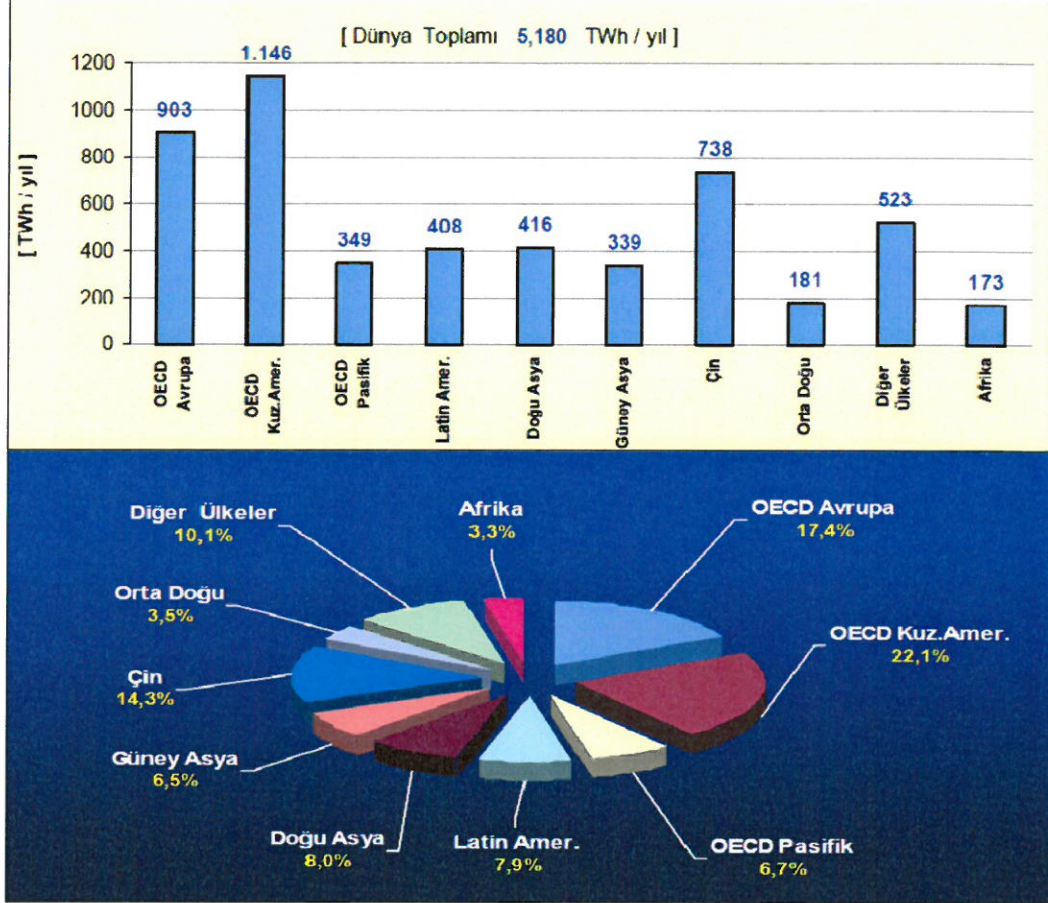
Grubb ve Meyer tarafından yapılan ve "IEA-World Energy" tarafından yayınlanmış çalışmada 5,1 m/s üzerinde rüzgar kapasitesine sahip bölgelerin, uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile % 4 'ün kullanılacağı esasına dayalı çalışmada, dünya potansiyeli 53 000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır(Anonim, 2012 d). Bu değerın Dünyadaki dağılımı Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8. Dünyanın teknik rüzgâr potansiyel dağılımı(Uluslar arası Atom Enerjisi-2000)

Bu çalışmalarda, dikkate alınmayan 4-5 m/s hızlı bölgeler de ayrıca ciddi bir potansiyeldir. Sadece Almanya’da bu değerin 90 TWh/yıl olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu hesaplamalar sadece karasal bölgeler için yapılmıştır. Dikkate alınmayan denizsel bölgelerin de ihmal edilemeyecek ciddi bir potansiyeli mevcuttur. Matthies ve Garrad ‘ın AB için yaptığı çalışmada, bu değerin sadece Avrupa için 2 500 TWh/yıl olacağı hesap edilmiştir. Yukarıda belirtilen Teknik Potansiyel (53 000 TWh/yıl)’ in, 2020 yılı için tahmin edilen dünya tüketiminin 25 900 TWh/yıl civarında olacağı düşünüldüğünde, ne denli ciddi olduğu görülmektedir. Normal şebekeler üzerinde yapılan çalışmalarda ve çok sayıdaki değerlendirmelerde, rüzgâr enerjisi kapasitesinin, şebekeye % 20 düzeyine kadar girişinde, hiçbir teknik sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Dengeleme sorununu Norveç ve İsveç ile ara bağlantılar ile hallederek, Danimarka Enerji Planlamasında 2030 yılında, elektrik tüketiminin % 50 ‘sini sürekli olarak rüzgar enerjisinden sağlamayı planlamıştır.

Bu %20 oranı temel alınarak , ‘IAE World Energy’ nin 2020 Dünya Talep Projeksiyonuna dayandırıldığı ve “Ekonomik Rüzgar Potansiyeli” denilebilecek değerler Şekil 9’da verilmektedir.

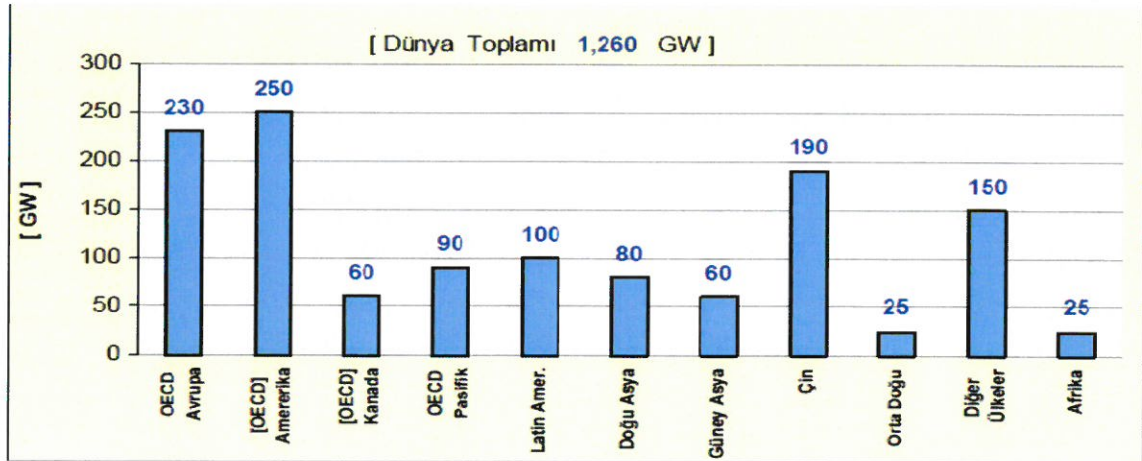


Şekil 9. Dünyanın ekonomik rüzgar potansiyel dağılımı
(2020 Yılı Tüketiminin % 20'si Bazında (Uluslararası Atom Enerjisi-2000))

2020 yılı itibari ile Dünyada planlanan, rüzgar kaynağına dayalı elektrik üretimi ile ilgili kurulu güç ve yıllık üretim ile, Dünyanın 2020 yılındaki Elektrik Enerjisi Talep tahmininin dağılımı, Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Dünya rüzgar kurulu gücünün dağılımı 2020 Projeksiyonu-MW (Uluslararası Atom Enerjisi-IEA-2000)

Bölgeler	Kurulu Güç Dağılımı (MW)	Kurulu Güç Dağılımı Oranı(%)	2020 Toplam Elektrik Talep Tahmini Dağılımı (TWh/yıl)
OECD AVRUPA	230 000	18,3	4 514
OECD AMERİKA	250 000	19,8	5 729
OECD KANADA	60 000	4,8	
LATİN AMERİKA	100 000	7,9	1 745
OECD PASİFİK	90 000	7,1	2 041
DOĞU ASYA	80 000	6,3	2 081
GÜNEY ASYA	60 000	4,8	1 695
ÇİN	190 000	15,1	3 691
ORTA DOĞU	25 000	2,0	907
AFRİKA	25 000	2,0	2 615
DİĞER ÜLKELER	150 000	11,9	864
DÜNYA TOPLAMI	1 260 000		25 882



Şekil 10. Dünyanın rüzgar kurulu güç hedefleri 2020 yılı tüketiminin % 20'si bazında (Uluslararası Atom Enerjisi-2000)

AB 100 GW Rüzgâr Gücüne ulaştı.

2012 yılının ilk yarısında pek çok Avrupa ülkesinde güçlü bir büyüme gerçekleşti. Kıtanın en büyük pazarları yılın ilk yarısında (YİY) 941 MW ve toplamda 30 GW ile Almanya, YİY' de 414 MW ve toplamda 22 GW ile İspanya, YİY' de 490 MW ve toplamda 7,2 GW ile İtalya, YİY' de 650 MW ve toplamda 7,18 GW ile Fransa, YİY 818 MW ve toplamda 6,48 GW ile İngiltere, YİY 19 MW ve toplamda 4,9 GW ile

Portekiz olarak kaydedildi. İspanya ve Portekiz dışındaki tüm bu ülkeler, 2011 yılının ilk yarısına göre büyüme kaydettiler.

Dünya Rüzgar Enerjisi Derneği (WWEA)'nin verilerine göre Doğu Avrupa ülkeleri en dinamik pazarlar oldular. %33 büyüme gösteren Romanya'da YİY'de 274 MW ve ikinci yarısında ise 700 MW'a yakın kurulum gerçekleşti. Polonya Rüzgâr Endüstrisi %22 büyürken Nisan 2012 itibarı ile kapasitesini 527 MW arttırdı. %64 ile olağanüstü bir büyüme gösteren ve kapasitesini 37 MW arttıran Ukrayna, kurulu gücüne 20 MW daha ekleyen Litvanya da önemli pazarlar içinde yer aldılar. Deniz Rüzgâr Santralleri konusunda da patlama yaşayan Avrupa Birliği'nde, 175. ve son türbinin monte edildiği London Array projesinin 630 MW'lık ilk etabı devreye alındı. Eylül 2012'de bir açıklama yapan Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (EWEA), kıtadaki toplam kurulu gücün 100 GW eşiğini aştığını açıkladı. Birlikten gelen açıklamaya göre 100 GW kurulu gücün ürettiği elektrik 57 milyon hanenin yıllık toplam tüketimine ve 39 nükleer santralin ürettiği enerjiye eşit. AB rüzgâr sektörünün ilk 10 GW elektriği şebekeye vermesi 20 yılı buldu. Ancak sonraki 13 yılda müthiş bir performans gösteren ve sonraki 90 GW enerjinin 45 GW'ını da geçtiğimiz 6 yılda kurmayı başararak 39 nükleer santral, 52 doğal gaz santral, 62 termik santrale eşdeğer elektrik üretmiş oldu.

Çin ve Hindistan en büyük 5 pazar arasında. Çin bu sene de rüzgâr kurulumlarında lider ülkeydi. Yılın ilk 6 ayında 5,4 GW kurulumu ulaşan Çin için, bu rakam 2011 yılının aynı döneminde gerçekleştirdiği 8 GW'a kıyasla hayli düşük. Yılın ilk 6 ayında yeni türbinlerdeki dünya pazarının %32'sini oluşturan Çin, geçtiğimiz sene tek başına bu pazarın %43'ünü temsil etmekteydi. Temmuz 2012 itibarı ile 67,7 GW toplam kurulu güce sahipti. WWEA önümüzdeki dönemlerde de bu ülkenin, dünyanın en büyük rüzgâr enerjisi pazarı olacağını tahmin ediyor. Ancak bu büyümenin hızının yavaşlayacağı da öngörülüyor. Hindistan'a gelince, kurulu rüzgâr gücüne 2012'nin ilk 6 ayında 1,4 GW ekleyen ülkenin, henüz açıklanmayan son 6 ayında bir düşüş kaydetmesi bekleniyor(Anonim 2012 e).

AB Rüzgar Sanayi 2020 Hedefleri;

- ✓ 180 000 MW kurulu güç, 70 000 MW offshore (açık deniz) dahil
- ✓ Avrupa elektriğinin % 12,1 ini üretmek
- ✓ Yıllık 425 TWh elektrik üretimi
- ✓ % 37 toplam yeni üretim kapasitesi (2010-2020)

- ✓ Avrupa toplam üretim kurulu gücünün % 21'i kadar rüzgâr kurulu gücü
- ✓ 85 milyon konut ve 195 milyon nüfusun ihtiyacına karşılık gelen rüzgâr üretimi

Rüzgar enerjisinin sosyal, çevresel ve teknolojik maliyeti giderek düşmektedir. 2030 yılında rüzgar enerjisi güvenilir ve kWh başına rekabet maliyetli olarak modern ana enerji kaynaklarından biri olacaktır.

Pazar şunlarla yönlenecektir:

- ✓ İklim değişikliği etkileri
- ✓ Petrol ve gaz tükenmesi
- ✓ Yakıtlarda yüksek maliyetler ve yakıt teminindeki belirsizlikler
- ✓ CO₂ salma fiyatları ve sürdürülebilirlik.

Gelişmeler mevcut kapsam olan dağıtık enerji, karbon azaltma ve küreselleşme için de olacaktır(Anonim,2012 f).

Günümüzde rüzgâr enerjisinden üretilen toplam güç 160 000 MW civarındadır. Dünyada rüzgârdan enerji üretiminin %36,3'ü Almanya'da gerçekleştirilmektedir. Almanya toplamda 14 612 MW güç üretmektedir ve Almanya'nın elektrik enerjisi ihtiyacının % 5,6'sını karşılamaktadır. Rüzgâr gücünden en çok yararlanan diğer ülkeler sırasıyla İspanya, ABD, Danimarka, Hindistan, Hollanda, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Çin'dir. Diğer tüm ülkeler toplamda 3 756 MW'lık güç üretimi ile % 9,3 paya sahiptirler.

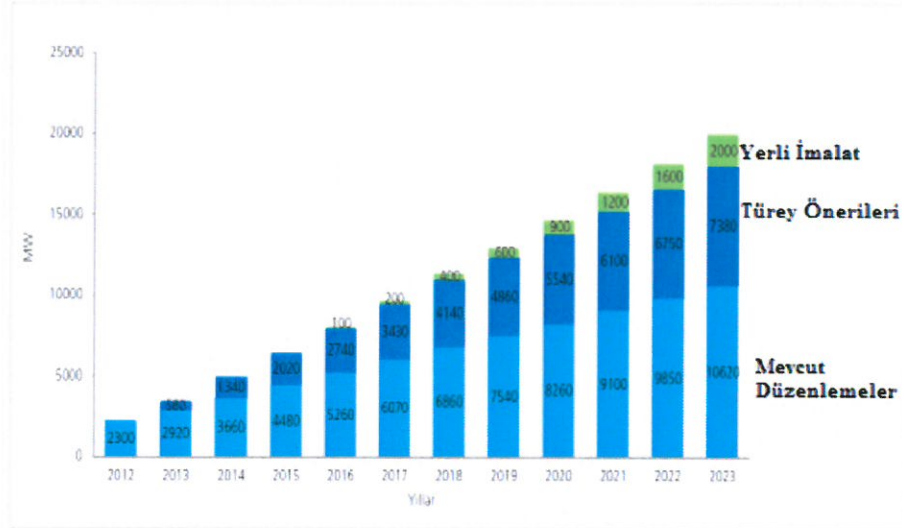
Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Durumu

Türkiye rüzgar enerjisi hakkındaki önemli çalışmalardan biri de enerji atlasıdır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü işbirliğinde rüzgar enerji kaynağının değerlendirilmesi ve planlamalarına referans oluşturmak ve rüzgar dönüşüm sistemlerine uygun olan yerlerin belirlenmesi amacıyla Türkiye'nin Rüzgar Atlası'nı hazırlanmıştır. Rüzgar Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) rüzgar enerjisi çalışması yapacak firmalara kılavuz niteliğindedir. Atlas, rüzgar ölçüm verileri, arazi pürüzlülük bilgileri, yakın çevresel bilgileri ve harita bilgileri (topografya) açısından özenle hazırlanmıştır. Rüzgar yatırımcıları, projelerinde ihtiyaç duydukları her türlü teknik bilgiye erişebilmektedir (Anonim,2011).

Yine bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200 m x 200 m çözünürlüğünde:

- ✓ 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgar hız ortalamaları,
- ✓ 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgar güç yoğunlukları
- ✓ Referans bir rüzgar türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü
- ✓ 50 m yükseklikteki yıllık rüzgar sınıfları
- ✓ 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri
- ✓ Deniz seviyesinde ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir.

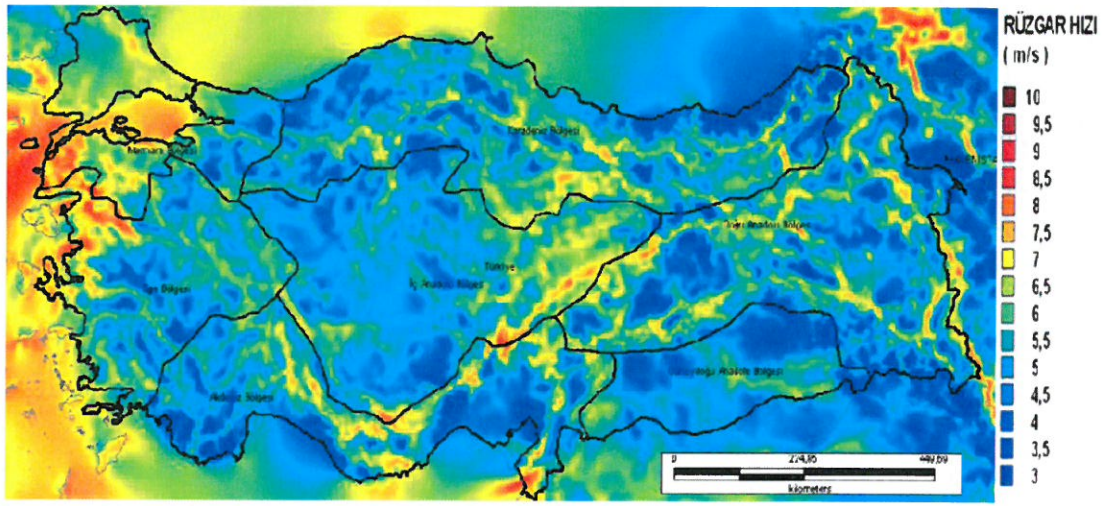
REPA ile denizlerde, kıyılarda ve yüksek rakımlı bölgelerde daha önce ölçülemeyen yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir. Şekil 12’de Türkiye’nin bölgelere göre rüzgar hızı dağılımı verilmiştir. Ekonomik bir RES yatırımı için 7 m/s ve üzeri rüzgar hızına ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 11. Türkiye rüzgar enerjisi 2023 projeksiyonu (REPA)

Türkiye, Avrupa’da rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından zengin ülkelerden birisidir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridi olan Türkiye’de özellikle Marmara kıyı şeridi ve Ege kıyı şeridiyle sürekli ve düzenli rüzgâr almaktadır. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla EİE tarafından 2006 yılında üretilmiştir (Şekil 12).

Bu atlasta verilen detaylı rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir altyapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değerler esas alındığında Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınlarındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur.



Şekil 12. Türkiye rüzgar atlası (Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü (EİE))

Tablo 3. Türkiye rüzgar potansiyeli (REPA)

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgar Gücü Yoğ.(W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Rüzgarlı Arazi Yüzdesi	Toplam Kurulu Güç (MW)
Orta	3	300-400	6,5-7,0	16 781,39	2,27	83,906
İyi	4	400-500	7,0-7,5	5 851,87	0,79	29 259,36
Harika	5	500-600	7,5-8,0	2 598,86	0,35	12 994,32
Mükemmel	6	600-800	8,0-9,0	1 079,98	0,15	5 399,92
Sıra dışı	7	>800	>9,0	1 079,98	0,01	195,84
Toplam				26 351,28	3,57	131 756,40

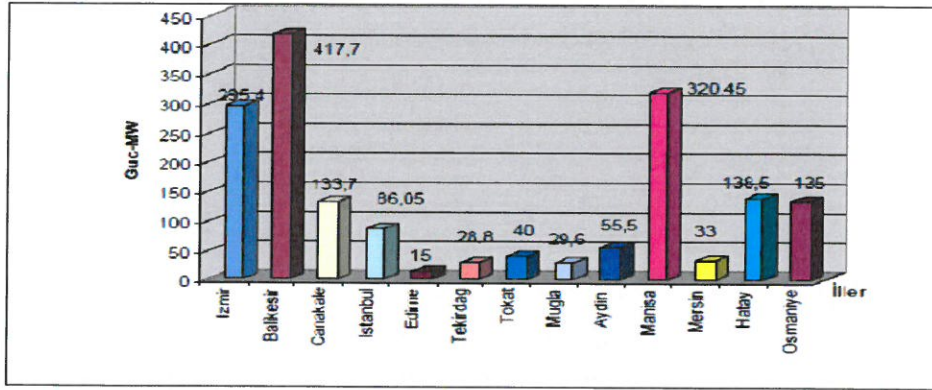
Türkiye Rüzgâr Atlasında (REPA) yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

REPA'ya göre Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli, belirlenmiş kriterlerin ışığında rüzgâr sınıfı iyi ile sıra dışı toplamı 47 849,44 MW olarak belirlenmiştir. Bu araziler Türkiye toplamının % 1,30'una denk gelmektedir. Orta ile sıra dışı arası rüzgâr sınıfına ait rüzgârlı arazilere bakıldığında ise 131 756,40 MW'lık rüzgâr enerjisi potansiyelini bulunduğu ve toplam rüzgârlı arazinin alanının ise Türkiye'nin % 3,57'si olduğu görülmüştür (Tablo 3). Türkiye'de kurulu güce göre illerin rüzgar enerjisi dağılımı aşağıda verilmiştir.



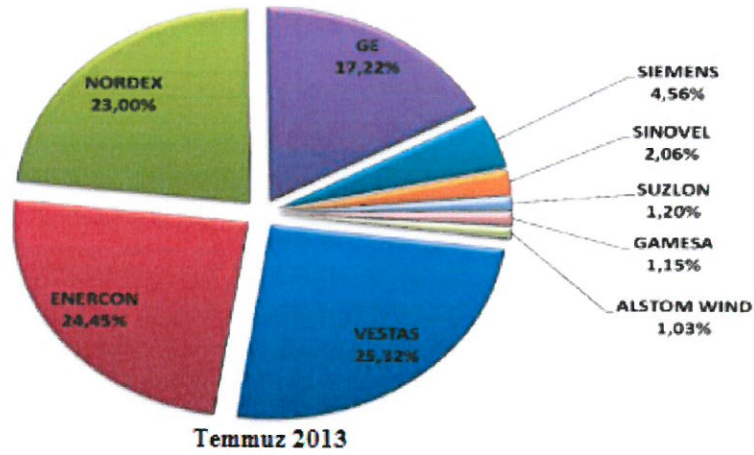
Şekil 13. İllerin kurulu güce göre rüzgar enerjisi dağılımı(YEGM)

Türkiye'de şebekeye bağlı rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi 1998 yılında başlamış ve özellikle 2005 yılından itibaren 5346 sayılı Yenilenebilir Elektrik Kanunu'nun çıkmasından sonra kurulu güç ve enerji üretiminde her yıl % 100 üzerinde artış göstererek 2011 yılı sonunda 1 691,8 MW'a 2012 Şubat ayı itibarıyla ise 1 728,7 MW'a ulaşmıştır. Rüzgar kurulu gücü Türkiye 2011 toplam kurulu gücünün (53 050,8 MW) % 3,19'unu oluşturmaktadır. 2011 yılında rüzgar santrallerinden üretilen elektrik enerjisi 4726 Milyar kWh olarak gerçekleşmiş olup toplam elektrik üretiminin % 2,07 sine karşılık gelmektedir. Marmara Bölgesi'nde Balıkesir, İstanbul, Çanakkale; Ege Bölgesi'nde İzmir, Manisa; Doğu Akdeniz çevresinde Hatay rüzgâr santrallerinin yoğun olarak yer aldığı illerdir. Rüzgâr santrallerinin yoğun olarak kurulduğu iller (Şekil 13 ve 14) REPA'da gösterilen potansiyelle uyum göstermektedir.



Şekil 14. Türkiye rüzgar enerjisi kurulu gücünün illere göre dağılımı (TEİAŞ)

Rüzgâr santrallerine türbin üreticileri açısından bakıldığında en büyük payı %27 ile Enercon türbinlerinin oluşturduğu, onu %26'lık paylarla Vestas ve Nordex'in izlediği görülmektedir (Şekil 15). Santrallerde en fazla 2-3 MW arasındaki türbinler tercih edilmekte; ancak 900 KW'lık türbinlerden oluşan santraller de genel toplam içinde ikinci sırayı oluşturmaktadır.



Şekil 15. Rüzgar santrallerindeki türbinlerin üreticilere göre dağılımı (TÜREB istatistik raporu 2013)

Türkiye'deki rüzgar santrallerini oluşturan türbinler dünya piyasasına hakim olan türbin markalarıdır ve rüzgâr türbin ve bileşenlerinin büyük bir kısmı (türbin, jeneratör, göbek (hub), dişli kutusu vb.) ithal edilmektedir. Bununla birlikte yerli üretim olarak bazı türbinlerin kanatları, Enercon Aero Kanat Fabrikası ve Alkeg (Fuji Heavy Industries için kanat imalatı) ve türbin kuleleri (Enercon, GE, vb.) Çimtaş, Alkeg, Gesbey, Çiltuğ vb. artan sayıda firmalar tarafından yabancı firmalarla ortak girişim yapılarak yurt içi piyasada üretilmekte ve/veya üretime başlanmaktadır. Türbin bileşenlerinin yerli üretiminde kurulu güç gelişimine paralel bir gelişme

sağlanamamıştır. Ancak 2011 yılı başında 6094 sayılı kanunla yek-e destekleme sisteminde yapılan değişiklik yerli üretimin desteklenmesine ilişkin ek alım garantisi yerli üretim olanakları yaratılabilmesi açısından umut vaat etmektedir. Nitekim hem yerli üretimle ilgili yasal düzenleme hem de 1 Kasım 2007 tarihinde yapılan rüzgâr başvurularının lisanslanmaya başlanmasıyla da birlikte bazı uluslararası türbin bileşenlerinin yerli üretimi konusunda ve ülke çapında bazı üniversiteler, araştırma kurumları ve özel sektör firmalarının oluşturduğu bir ARGE uygulama projesi olan Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi (MİLRES) konusunda çalışmalar başlamıştır. Rüzgâr enerjisi konusunda bunlardan başka rüzgâr ölçümü ve değerlendirilmesi, proje geliştirilmesi, danışmanlık, montaj, nakliye, inşaat, işletme ve bakım vb. konularında da bazı yerli veya ortak girişim şirketleri kurulmuş ve bu konularda hizmet verilmeye başlanmıştır. Ayrıca rüzgâr santrallerinin kredilendirilmesi konusunda yerli ve yabancı bankalar tarafından artan sayıda rüzgâr projesi için kredi sağlanmaktadır(Anonim,2012 f).

Ülkemizde işletmedeki lisanslı rüzgar santralleri ve yap-işlet-devret santralleri kapasite toplamının kurulu gücü 1728,70 MW kadardır(Tablo 4 ve 5).

Tablo 4. İşletmedeki lisanslı rüzgar santralleri (TÜREB)

İşletmedeki Lisanslı Rüzgar Santralleri (Şubat 2012)		
Mevkii	Şirket	Kurulu Güç(MW)
İzmir-Çeşme	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	1,50
Çanakkale-İntepe	Anemon Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	30,40
Manisa-Akhisar	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	10,80
Çanakkale-Gelibolu	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	14,90
Manisa-Sayalar	Doğal Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	34,20
İstanbul-Çatalca	Ertürk Elektrik Üretim A.Ş.	60,00
İzmir-Aliğa	İnnores Elektrik Üretim A.Ş.	52,50
İstanbul-GOP	Lodos Elektrik Üretim A.Ş.	24,00
İzmir-Çeşme	Mare Manastır Rüzgar Enerjisi Santrali	39,20
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt Sun'i Jüt San. ve Tic. A.Ş	1,20
İstanbul-Silivri	Teperes Elektrik Üretim A.Ş.	0,85
Balıkesir-Bandırma	Yapısan Elektrik Üretim A.Ş.	30,00
Balıkesir-Şamlı	Baki Elektrik Üretim Ltd. Şti.	114,00
Muğla-Datça	Dares Datça Rüzgar Enerji Sant. San. ve Tic. A.Ş.	29,60
Hatay-Samandağ	Deniz Elektrik Üretim Ltd. Şti.	30,00
Aydın-Didim	Ayen Enerji A.Ş.	31,50
Çanakkale-Ezine	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20,80

Tablo 4. İşletmedeki lisanslı rüzgar santralleri (TÜREB)(Devam)

Balıkesir-Susurluk	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	20,70
Osmaniye-Bahçe	Rotor Elektrik Üretim A.Ş.	135,00
İzmir-Bergama	Ütopya Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	30,00
İzmir-Çeşme	Mazı-3 Rüzgar Enerjisi Santrali Elekt. Üret. A.Ş.	30,00
Balıkesir-Bandırma	Akenerji Elektrik Üretim A.Ş.	15,57
Balıkesir-Bandırma	Borasco Enerji ve Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.	57,00
Manisa-Soma	Soma Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	116,10
Hatay-Belen	Belen Elektrik Üretim A.Ş.	36,00
Tekirdağ-Şarköy	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	28,80
İzmir-Urla	Kores Kocadağ Rüzgar Enerji Santrali Üret. A.Ş.	15,00
Balıkesir-Bandırma	As Makinsan Temiz Enerji Elektrik. Üretim A.Ş.	24,00
Mersin-Mut	Akdeniz Elektrik Üretim A.Ş.	33,00
Edirne-Enez	Boreas Enerji Üretim Sistemleri A.Ş.	15,00
İzmir-Bergama, Aliağa	Bergama RES Enerji Üretim A.Ş.	90,00
Hatay-Belen	Bakras Enerji Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	15,00
Hatay-Samandağ	Ziyaret RES Elektrik Üretim San. ve Tic. A.Ş.	57,50
Manisa-Soma	Bilgin Rüzgar Santrali Enerji Üretim A.Ş.	90,00
Manisa-Kırkağaç	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	25,60
Çanakkale-Ezine	Garet Enerji Üretim ve Ticaret A.Ş.	22,50
Aydın-Çine	Sabaş Elektrik Üretim A.Ş.	24,00
Çanakkale-Ezine	Enerjisa Enerji Üretim A.Ş.	29,90
Balıkesir-Susurluk	Alentek Enerji A.Ş.	45,00
Balıkesir-Havran	Alize Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	16,00
Balıkesir-Bandırma	Galata Wind Enerji Ltd. Şti	93,00
Manisa-Akhisar	Akhisar Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimi	43,75
İzmir-Aliaga	Doruk Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	30,00
Balıkesir-Bandırma	Bandırma Enerji ve Elektrik Üretim A.Ş.	3,00
Çanakkale-Ayvacık	Ayres Ayvacık Rüz. Enerjisinden Elektr. Üretim	5,00
Tokat	PEM Enerji Anonim Şirketi	40,00
KAPASİTE TOPLAMI		1 711,30

Tablo 5. İşletmedeki yap-işlet-devret rüzgar santralleri (TÜREB)

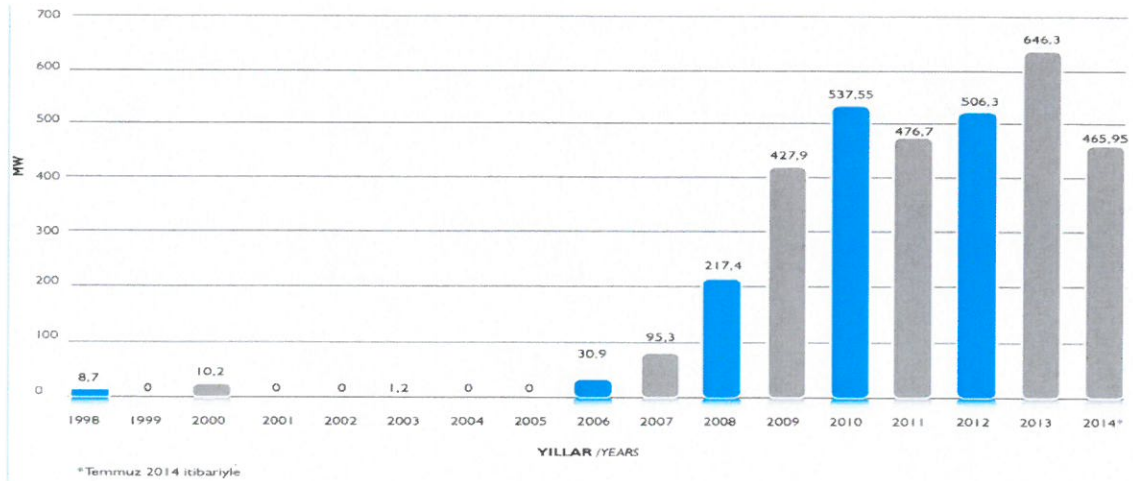
İşletmedeki Yap-İşlet-Devret Rüzgar Santralleri		
Mevkii	Şirket	Kurulu Güç (MW)
İzmir-Çeşme	Ares Alaçatı Rüzgar Enerjisi Sant. San. ve Tic. A.Ş.	7,20
Çanakkale-Bozcaada	Bores Bozcaada Rüzgar Enerji Santrali San. ve Tic. A.Ş.	10,20
KAPASİTE TOPLAMI		17,40
İŞLETMEDEKİ TOPLAM KAPASİTE		1 728,70

2005 yılında çıkarılan, Yenilenebilir Enerji Yasası'ndan sonra Türkiye'de rüzgâr enerjisi teknolojisi dikkatleri çekmeye başlamıştır. ETKB, 2010-2014 Stratejik

Planı'nda rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2015 yılına kadar 10 000 MW'a çıkarılması, Elektrik Enerjisi Arz Güvenliği Strateji Belgesi'nde 2023 yılına kadar 20 GW kurulu kapasiteye ulaşılmasını hedeflemiştir. Rüzgâr potansiyelini ancak son dönemde değerlendirmeye başlayan Türkiye, 2009 sonu itibariyle yaklaşık 900 MW'lık, 2010 yılı sonu itibariyle ise 1 329 MW'lık, 2013 yılı sonunda ise 2 620 MW'lık, 2014 yılın ilk yarısında ise 3 424 MW(Şekil 16) toplam kurulu güce ulaşmıştır(Anonim, 2014).

Türkiye'nin 2011 yılı rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üreten, otoprodüktör lisanslı olanlar, üretim lisansı ve yap-işlet-devret sistemindeki Rüzgar Enerjisi Santralleri'nin (RES) tesis bazında işletmedeki kurulu kapasitesi, 1 744 MW kurulu toplam güç 7 500 MW ve inşa halindeki toplam kapasitesi, 5 694 MW olarak açıklanmıştır. Teorik olarak ülkemizde yıllık mevcut elektrik tüketiminin iki katını karşılayacak miktarda yıllık 160 TWh rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunmaktadır (YEGM,2012).

Gelecekte de rüzgar enerjisinin yatırımcılar tarafından fırsata çevrileceği ve yatırımların artacağı öngörülmektedir. Yatırımcıların bu alana olan ilgisi 01.11.2007 tarihinde son lisans başvurularının alındığı dönemde 78 GW gibi rekor bir düzeyde olmuştur. Fakat bu sayı bağlantı kısıtları ve aynı yere birden çok firmanın yaptığı lisans başvuruları sebebiyle 40 GW seviyelerine inmiştir. Bu süreç başvuruların sonuçlanmasını geciktirmiş ve 2010 Aralık ayı itibariyle bu grupta ilk lisans verilmiştir. Şubat'ta ise ilk yarışma ihalesine çıkmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2023 hedefi ise strateji belgesine göre 20 GW kurulu kapasiteye ulaşmaktır (ETKB,2010).

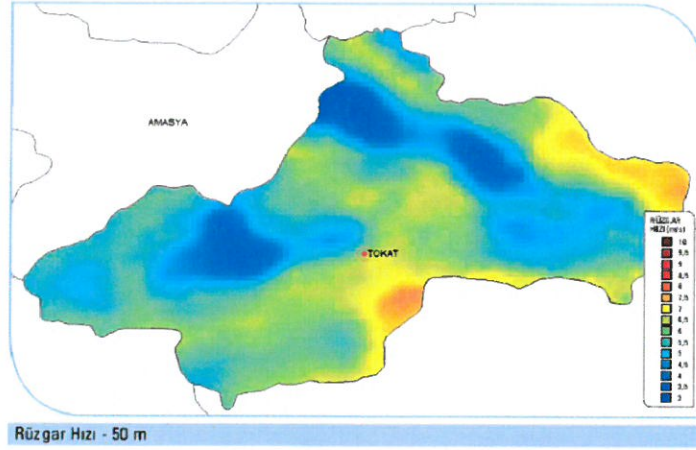


Şekil 16. Yıllara göre ülkemizde rüzgar enerjisinin gelişimi (TÜREB İstatistik Raporu 2014)

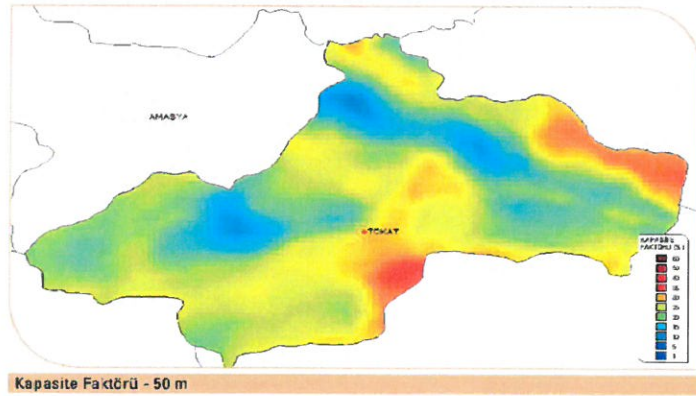
Tokat'ta Rüzgar Enerjisinin Durumu

Tokat, rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından ülkemizde önde gelen illerden birisidir. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği'nin işletmedeki rüzgar santralleri içerisinde Tokat 40 MW'lık kurulu güce sahiptir(Tablo 4). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün illerin kurulu güce göre rüzgar enerjisi dağılımını gösteren haritasında ise (Şekil 13) Tokat rüzgar enerjisi, kurulu güç bakımından sayılı iller arasındadır.

Bunların dışında Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası'nın Tokat için hazırlanmış olduğu rüzgar kaynak bilgileri ise aşağıda gösterilmektedir. Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı gerekmektedir. REPA'nın hazırlanmış olduğu rüzgar hızı haritalarında sarı renkli alanlar, rüzgar hızının ekonomik rüzgar enerji santrali kurulumu için rüzgar hızı bakımından elverişli olduğunu göstermektedir. Şekil 17 ise bizlere Tokat'ın ekonomik RES kurulumu için gerekli rüzgar hızına (7m/s) sahip birçok alanının olduğunu göstermektedir.



Şekil 17.Tokat ili rüzgar hız dağılımı-50 metre (REPA)



Şekil 18. Tokat ili kapasite faktörü dağılımı-50 metre (REPA)

Ekonomik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. Kapasite faktörü (KF) bir santralin ne kadar verimli kullanıldığını gösteren bir parametredir. Santralin nominal gücü ile yıllık sağladığı enerji miktarı arasında ilişki kurar. Kapasite faktörü rüzgar hızına bağlı bir durum olduğu için Şekil 18 bizlere Tokat'ın %35'lik kapasite faktörüne ulaşabileceğini göstermektedir. Tokat Killik bölgesinde kurulu olan rüzgar enerji santrali 40 MW gücünde elektrik üretebilmektedir(Şekil 19).



Şekil 19. Tokat Killik rüzgâr enerji santrali

Tablo 6. Tokat iline kurulabilecek rüzgâr enerjisi santrali güç kapasitesi (REPA)

Rüzgar Kaynak Derecesi	Rüzgar Sınıfı	50 m'de Rüzgâr gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgâr hızı (m/s)	Toplam alan (km ²)	Toplam kurulu güç (MW)
Orta	3	300-400	6,8-7,5	541,71	2 708,56
İyi	4	400-500	7,5-8,1	58,74	293,68
Harika	5	500-600	8,1-8,6	0,05	0,24
Mükemmel	6	600-800	8,6-9,5	0,00	0,00
Sıra dışı	7	>800	>9,5	0,00	0,00
Toplam				600,50	3 002,48

Tablo 6'da REPA'nın Tokat için 50 metre yükseklikteki rüzgar potansiyeline baktığımızda, Tokat'ın ekonomik rüzgar santrali kurulumu için yüksek potansiyele sahip bir yer olduğu görülmektedir. Belirlenmiş kriterlere göre Tokat orta dereceli 3. sınıf bir rüzgarla elde edeceği kurulu güç toplamı 2708,56 MW'lık, iyi dereceli 4. sınıf bir rüzgarla elde edeceği kurulu güç toplamı 293,68 MW'lık potansiyele sahiptir. Toplamda ise 600,50 km²'lik alanda 3002,48 MW'lık bir güce sahip olduğu belirlenmiştir.

3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1.Materyal

Tokat il genelinin rüzgâr enerjisi potansiyelini açığa çıkarmak amacıyla yapılan bu çalışmada, bir yıl boyunca günlük sistematik olarak Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı istasyonlardan alınan ölçümler kullanılmıştır.

Çalışmada ana materyal, ölçüm merkezlerinin günlük:

- Rüzgâr hızı
- Sıcaklık
- Rüzgâr yönü
- Nem ölçümleri olmuştur.

Materyale konu olan noktalar ise:

- Tokat il merkezi
- Almus
- Artova
- Erbaa
- Niksar
- Reşadiye
- Turhal ve
- Zile ilçelerindeki istasyonlardır.

Çalışma kapsamında ölçümler genel bir değerlendirme için alınmış olup, rüzgâr santrali kurulumu için bir yıllık bu verilerin yanında, santralin kurulacağı arazi yapısı, maliyet vb. bilgilerle noktasal olan diğer meteorolojik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı ve Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı bu bölgelerde bulunan istasyon yükseklikleri 10 metredir. Ölçümlerin daha yüksekte yapılmasıyla elde edilecek veriler muhakkak değişecektir. Herhangi bir araziye rüzgâr santrali kurmak için noktasal olarak bir değerlendirme yapılması gereklidir. Bu çalışmada kullanılan materyal noktasal olarak değil, il rüzgar potansiyeli hakkında bilgi edinmek amacıyla genel anlamda değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA)'nın hazırlamış olduğu Tokat rüzgâr hızı dağılımıyla (Şekil 17) karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

3.2.Yöntem

Çalışma, 2012 yılının Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık ayları ile 2013 yılının Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında bir yıl boyunca, günlük olarak Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı istasyonlardan ölçümler alınarak yapıldı. Bu çalışmada Tokat il merkezi, Almus, Artova, Erbaa, Niksar, Reşadiye, Turhal ve Zile ilçelerinin bir yıllık rüzgâr hızı, sıcaklık, rüzgâr yönü ve nem değerleri ölçümleri ayrı ayrı alındı. Ölçümler alınırken, bir ay boyunca ayları üç bölüme ayırarak birinci on gün, ikinci on gün ve üçüncü on gün olacak şekilde her on günün ortalamaları alındı. Ortaya çıkan bu üç adet ortalama ise toplanarak bir aylık ortalamalar bulundu. Bu işlem her ay için bir yıl boyunca ve her merkez için ayrı ayrı yapılarak her merkezin aylık rüzgâr hız ortalaması, sıcaklık ortalaması, nem ortalaması ve rüzgâr yönü belirlendi. Daha sonra belirlenen aylık ortalama değerleri toplanıp, her merkez için yıllık ortalama değerler elde edilip, her bölgenin rüzgâr potansiyeli değerlendirilmeye alındı. Değerlendirilmelerden sonra bütün bölgelerin yıllık ortalamaları toplanıp ilin tamamının yıllık genel rüzgâr hızı ortalaması, yıllık genel sıcaklık ortalaması, yıllık genel nem ortalaması ve yıllık genel rüzgâr yönü belirlendi ve değerlendirildi. Yıllık ve genel ortalamalar bulgular kısmında tablolar halinde verildi. Günlük ölçümlerin ise bir aylık örneği (Tokat Merkez Ağustos) ek-1'de gösterildi. Rüzgar yönü belirlenirken bir aylık ortalama bakılarak sayısal olarak daha çok hangi yönden rüzgar esmişse, o bölge için ay sonunda o yön aylık rüzgar yönü olarak alındı. On iki ay sonunda bir bölge hangi yönden daha çok rüzgar almışsa o yön yıllık ortalama olarak kaydedildi. İl geneli için rüzgar yönü ise bütün merkezlerin rüzgar aldığı yönler bakılıp hangi yönden daha çok rüzgar esmişse, o yön il genelinin rüzgar yönü olarak kaydedildi. Bu çalışmada Tokat geneli için Kuzey yönü rüzgar yönü olarak belirlenmiştir.

4.BULGULAR

Yöntem kısmında anlatıldığı gibi elde edilen ölçüm verileri aşağıda tablolar halinde her merkez için ayrı ayrı gösterilecektir.

4.1. Tokat İl Merkezi

Tablo 7.Tokat merkez 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
TOKAT MERKEZ		608	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	8	2	74	Doğu
ŞUBAT	7	7	73	Güney
MART	10	8	56	Doğu
NİSAN	6	14	68	Kuzey
MAYIS	6	21	58	Doğu
HAZİRAN	7	25	64	Doğu
TEMMUZ	9	23	63	Doğu
AĞUSTOS	14	24	53	Kuzey
EYLÜL	10	20	50	Doğu
EKİM	7	15	58	Doğu
KASIM	9	10	57	Batı
ARALIK	6	5	77	Kuzey
YILLIK ORTALAMA	8,25	14,5	62,5	Doğu

Yukarıdaki çizelge Tokat il merkezine ait bir yıllık verilerin ortalamalarıdır. Burada rüzgar potansiyeli genel olarak değerlendirilmiştir. Merkeze ait yıllık ortalamalardan, rüzgar hızı 8,25 km/sa, sıcaklık 14,5°C , nem %62,5'dir. En yüksek ve en düşük değerler ise, rüzgar hızı maksimum 14 km/sa olarak ağustosta, minimum ise 6 km/sa olarak değişik aylarda ölçülmüştür. Sıcaklık maksimum 25 °C haziranda, minimum 2 °C ocak ayında görülmektedir. Nem oranı ise maksimum % 77 aralıkta, minimum ise % 50 olarak eylülde ölçülmüştür.

Ayların rüzgar hızı verilerini ve yıllık ortalamalarını, REPA'nın Tokat iline ait rüzgar hız haritasıyla karşılaştırdığımızda merkezin noktasal incelemeler sonucu rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. REPA'nın hazırlamış olduğu Tokat İli Rüzgar Hız Haritasında, merkezin 50 metre yükseklikteki ölçümlerde rüzgar hızı, ekonomik rüzgar santrali kurulumu için elverişli olduğu görülmektedir. Yine haritaya baktığımızda il merkezi rüzgarı genel olarak doğu yönünden almaktadır. Bu çalışmadaki veriler 10 metre yükseklikte noktasal değil genel olarak alınmıştır. Bundan dolayı çalışmada görülen ortalama rüzgar hızı, büyük ölçekli ekonomik rüzgar santrali kurulumu için yeterli olmayabilir fakat; bu yüksekliğin artırılmasıyla ilimizin ekonomik rüzgar santraline elverişli olduğu görülecektir. Elde ettiğimiz rüzgar yönüne bakıldığında ve REPA ile karşılaştırıldığında her ikisinde de ilin rüzgarı daha çok Doğu yönünden aldığı görülmektedir. Diğer verilerde de Tokat ili, kurulacak olan rüzgar türbininin hava yoğunluğu ve korozyona uğramaması bakımından da uygun sıcaklık ve nem ortalamalarına sahiptir. Günlük sıcaklık farklarının fazla olmaması da yine türbin ömrünün uzun olması için de uygundur. Tokat ili Killik bölgesinde mevcut olarak kurulmuş 40 MW kapasiteli rüzgar santrali halen hizmet vermektedir. Bu da bizlere Tokat'ın rüzgar enerjisinden elektrik üretmeye uygun bir bölge olduğunu göstermektedir.

4.2.Almus

Tablo 8. Almus 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
ALMUS		816	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	12	2	70	Güney
ŞUBAT	7	4	72	Kuzey
MART	10	8	59	Güney
NİSAN	7	10	67	Kuzey
MAYIS	7	19	62	Kuzey
HAZİRAN	7	23	69	Kuzey
TEMMUZ	12	22	65	Kuzey
AĞUSTOS	10	15	60	Kuzey
EYLÜL	13	18	50	Doğu
EKİM	10	12	60	Batı
KASIM	10	8	65	Batı
ARALIK	12	3	78	Güney
YILLIK ORTALAMA	11,7	12,8	64,7	Kuzey

Yukarıda Almus ilçesinin bir yıllık ortalamaları gösterilmiştir. Yıllık ortalamalardan, rüzgar hızı 11,7 km/sa, sıcaklık 12,8°C, nem ise %64,7'dir. En yüksek rüzgar hızı 13 km/sa eylülde, en yüksek sıcaklık 23°C haziranda, en yüksek nem ise % 78 olarak aralık ayında ölçülmüştür. En düşük rüzgar hızı, şubat, nisan, mayıs ve haziran aylarında 7 km/sa, en düşük sıcaklık ocak ayında 2°C, en düşük nem ise eylül ayında %50 olarak kaydedilmiştir. Almus ilçesi ve çevresinin rüzgar santrali kurulumu için uygun olduğu söylenemez. Bunun sebebi ormanlık alan ve engebeli arazi koşullarıdır. Almus ilçesi ekonomik rüzgar santrali kurulumu için yeterli potansiyele sahiptir ama bu sebeplerden dolayı RES kurulumu için uygun değildir; fakat ilçenin küçüklüğünü ve kurulan santralin üreteceği enerjinin daha dar kesime ihtiyaç sağlayacağı düşünülürse ilçe bu potansiyelle bireysel enerji üretimine uygun olacaktır. Almus ilçesi coğrafi yapısı ve bitki örtüsü ile rüzgar santrali kurulumu için bazı kısıtlamalar doğurmaktadır. İlçenin ormanlık alanı oldukça geniştir. Yine ilçenin

doğusuna doğru rüzgar potansiyelinin ilçe merkezine göre yüksek ve ekonomik rüzgar santrali kurulumu için elverişli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Fakat bu kesimlerde ormanlık alanın çok olması ve bazı bölgelerin merkeze uzak olması ve arazi yapısının oldukça sarp olması ulaşımı zorlaştırıp ulaşımdan kaynaklanan maliyeti de oldukça yükseltmesi yatırımcılar için pek cazip bölge olarak görülmeyecektir. Bu bölgelerin, Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası'nın Rüzgar Hız Kapasitesi Haritası'nda da ekonomik rüzgar santrali kurulumuna uygun olduğu görülmektedir. Bilindiği üzere rüzgar santrali kurulumu sadece rüzgar potansiyeline bağlı bir durum değildir.

4.3.Artova

Tablo 9. Artova 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
ARTOVA		1180	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	8	0	68	Doğu
ŞUBAT	6	4	70	Kuzey
MART	11	8	59	Güney
NİSAN	8	9	69	Doğu
MAYIS	7	18	63	Kuzey
HAZİRAN	8	22	65	Kuzey
TEMMUZ	12	18	67	Kuzey
AĞUSTOS	18	25	47	K.doğu
EYLÜL	11	17	49	Doğu
EKİM	10	13	59	Kuzey
KASIM	8	8	65	Kuzey
ARALIK	6	4	72	Güney
YILLIK ORTALAMA	9,4	12	62,7	Kuzey

Artova her ne kadar Karadeniz iklimi karakterini gösterse de tipik bir karasal iklime sahip ilçedir. Tokat il merkezine çok da uzak olmayan ilçe, il merkezinin güneyinde yer almaktadır. Ormanlık alan bakımından fakir olan ilçenin rüzgar potansiyelinin uygun olduğu yerlerde santral kurulmasına engel teşkil edecek pek fazla unsur görülmemektedir. Tokat ilinde var olan Killik rüzgar enerji santralinin uzaklığı ilçe merkezine hemen hemen il merkezine olduğu kadar yakındır. Elde edilen ölçümlere göre il genelinde en yüksek potansiyele sahip bölgelerden bir tanesi Artova'dır. Rüzgarı genel olarak kuzeyden alan bölge rüzgar enerjisi santrali kurulumu için iklim coğrafi konum ve yeryüzü şekilleri gibi diğer etmenler bakımından da, Tokat genelinde diğer bölgelere oranla elverişli bir konumdadır. İlçede yıllık ortalama değerler, rüzgar hızı 9,4 km/sa, sıcaklık 12°C, nem ise %62,7'dir. Maksimum değerler, ağustos ayında rüzgar hızı 18 km/sa, sıcaklık yine ağustos ayında 25°C, nem ise % 72 aralık ayında görülmüştür. Minimum değerler, rüzgar hızı 6 km/sa aralık ve şubatta, sıcaklık 0°C ocakta, nem ise % 47 olarak aralık ayında ölçülmüştür. REPA'nın hazırlamış olduğu rüzgar hızı haritasına ve rüzgar kapasite dağılımına baktığımızda ilçe ekonomik rüzgar santrali kuruluma uygun konumdadır. REPA verilerine göre rüzgar hızı ekonomik rüzgar santrali kurulumu için gerekli olan en az 7m/s'nin üzerinde seyretmektedir. Bu çalışmadaki ölçümler bununla karşılaştırıldığında ve ölçümlerin 10 metre yükseklikte olduğu da göz önüne bulundurulduğunda buna rağmen potansiyel hemen hemen istenilen konumdadır. Artova ilçesi geceleri rüzgar hızının daha fazla olması sebebiyle de bu anlamda avantajlı konumdadır. İlçede ormanlık alanın çok az olması gece ve gündüz sıcaklık farkını artırmakta bu da rüzgar hızının artmasına sebep olmaktadır. Artova'da rüzgar hızının yüksek olmasına etki eden bir başka unsur ise İç Anadolu iklimine sahip olan Sivas'a yakın olması ve buradan gelen basınçlı havanın etkisi altında kalmasıdır. Tüm bunlar göz önüne alındığında ve ilçe daha özel anlamda rüzgar enerjisi santrali kurulumu için noktasal olarak incelendiğinde ilçenin bu potansiyele sahip olduğu, bölgeye ve ülkeye çok önemli derecede katkı yapacak elektrik enerjisi üreteceği öngörülmektedir.

4.4.Erbaa

Tablo 10. Erbaa 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
ERBAA		200	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	11	1	72	Güney
ŞUBAT	7	6	68	G.doğu
MART	9	9	59	Güney
NİSAN	6	12	67	Kuzey
MAYIS	5	20	61	Kuzey
HAZİRAN	7	24	67	Kuzey
TEMMUZ	12	22	68	Kuzey
AĞUSTOS	16	22	63	Kuzey
EYLÜL	11	19	58	Kuzey
EKİM	8	13	60	Doğu
KASIM	8	9	61	Kuzey
ARALIK	9	4	72	G.doğu
YILLIK ORTALAMA	8,9	13,4	64,6	Kuzey

Burada Erbaa ve Niksar ilçemiz birbirlerine yakın olmaları coğrafi, iklimsel ve arazi yapısı bakımından da birbirine benzerlik göstermesi sebebiyle birlikte değerlendirmeye alınacaktır. Üst kısımda Erbaa alt kısımda ise Niksar ilçesine ait veriler görülmektedir. Ve görüyoruz ki her iki ilçenin de ortalamaları birbirlerine oldukça yakın değerlerdedir.

Erbaa için yıllık ortalamalar, rüzgar hızı 8,9 km/sa, sıcaklık 13,4°C, nem %64,6'dır. En yüksek rüzgar hızı 16 km/sa ağustosta, sıcaklık 24°C haziranda, nem %72 aralık ve ocakta ölçülmüştür. En düşük rüzgar hızı 5 km/sa mayısta, sıcaklık 1°C ocakta, nem ise % 58 olarak eylülde ölçülmüştür. İlçe rüzgarı genel olarak kuzeyden almaktadır.

Niksar için yıllık ortalamalar, rüzgar hızı 8,5 km/sa, sıcaklık 13,3°C, nem % 64,4'tür. En yüksek rüzgar hızı 13 km/sa aralıkta, sıcaklık 23°C hazıranda, nem % 77 olarak ocakta görülmüştür. En düşük rüzgar hızı 6 km/sa nisan ve mayısta, sıcaklık 2°C ocakta, nem % 54 olarak martta ölçülmüştür. İlçe rüzgarı genelde kuzeyden almaktadır.

4.5. Niksar

Tablo 11. Niksar 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
NİKSAR		333	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	10	2	77	Güney
ŞUBAT	7	6	68	Güney
MART	9	10	54	G.doğu
NİSAN	6	10	66	Kuzey
MAYIS	6	19	60	Kuzey
HAZİRAN	7	23	69	Kuzey
TEMMUZ	11	21	69	Kuzey
AĞUSTOS	13	22	70	Kuzey
EYLÜL	8	19	62	K.batı
EKİM	7	14	62	Doğu
KASIM	9	9	68	Kuzey
ARALIK	9	5	72	G.doğu
YILLIK ORTALAMA	8,5	13,3	64,4	Kuzey

Erbaa ve Niksar tarım arazisi ve tarımsal üretim bakımından oldukça verimli ve önemli alanlara sahiptir. Her iki ilçede de ormanlık alan oldukça geniş bir yere sahipken iklimine oranla yine de istenilen düzeyde bir ormanlık alana sahip değildir. İlçelere rüzgar potansiyeli bakımında bakıldığında, ilçe merkezleri her ne kadar coğrafi olarak alçak alanlara kurulu olsalar da oldukça yüksek dağlara ve yaylalara sahiptirler. Bu durum göz önüne alınca rüzgar santrali kurulumu açısından, dağların daha çok ormanlık alana sahip olması ve engebeli arazi şartlarının olması sebebiyle pek de uygun olmadığı görülmektedir. Ölçüm verilerinin ekonomik rüzgar santrali kurulumu için oldukça düşük olduğu gözlenmektedir. Tabi ölçümlerin ilçe merkezine daha yakın yerlere ait olduğunu vurgulamak lazım. Daha önce de belirtildiği gibi her iki ilçenin

genelini ele alarak noktasal ve daha yüksek derecede ölçümler yapılarak veriler elde edilince bu ilçeler içinde muhakkak küçük çaplı da olsa ekonomik rüzgar santrali kurulumunun olacağı aşikardır. Fakat bu ilçeleri sadece rüzgar hız potansiyeli açısından değil tarımsal alan ve ormanlık alan gibi birçok unsuru da göz önünde bulundurarak değerlendirmek lazım. Bu iki ilçe REPA'nın hazırlamış olduğu rüzgar hız haritasını ve rüzgar kapasitesi haritasını da ele alıp ölçümler değerlendirildiğinde, ilçelerin ekonomik bir rüzgar santrali kurulumuna uygun olmadığı görülmektedir. Bu uygunsuzluk sadece rüzgar potansiyeli bakımından değil diğer iklim, coğrafi yapı ve arazi yapısının bir değerlendirmesi olarak da ele alınmalı zira bu ilçelerde - Özellikle Niksar ilçesinin doğu kesimlerinde - de noktasal olarak ve küçük çaplı rüzgar santraline elverişli alanlara da rastlanmaktadır.

4.6.Reşadiye

Tablo 12. Reşadiye 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
REŞADIYE		550	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	11	0	76	Güney
ŞUBAT	7	5	68	Güney
MART	8	9	56	Güney
NİSAN	8	9	70	Kuzey
MAYIS	7	16	63	Kuzey
HAZİRAN	7	23	66	Kuzey
TEMMUZ	11	20	67	Kuzey
AĞUSTOS	15	20	71	Kuzey
EYLÜL	12	19	54	Kuzey
EKİM	8	13	60	Kuzey
KASIM	10	8	65	Batı
ARALIK	9	4	77	G.doğu
YILLIK ORTALAMA	9,08	12,16	65,25	Kuzey

Reşadiye, Kelkit ırmağının kenarında bir ilçedir. Tokat'ın kuzeydoğusunda yer alır. Doğusunda Koyulhisar ve Mesudiye; batısında Niksar ve Başçiftlik; kuzeyinde Aybastı ve Gököy; güneyinde Almus ve Doğanşar ilçeleri bulunmaktadır.

Reşadiye rüzgar potansiyeli yüksek bir ilçemizdir. İlçedeki yıllık ortalamalar, rüzgar hızı 9,08 km/sa, sıcaklık 12,16°C, nem ise %65,25'dir. En yüksek rüzgar hızı 15 km/sa ağustosta, sıcaklık 20°C temmuz ve ağustosta, nem %77 aralıkta ölçülmüştür. En düşük rüzgar hızı 7 km/sa şubat-mayıs ve haziranda, sıcaklık 0°C ocakta, nem % 54 eylülde ölçülmüştür.

Çalışma içerisinde en yüksek değerlere sahip olan bölgelerden bir tanesidir. Reşadiye'nin 10 metre yükseklikteki aylık ve yıllık rüzgar hız ortalamalarına bakıldığında ilçenin rüzgar kapasitesi ekonomik derecelerde seyretmektedir. Bu REPA'nın rüzgar hızı haritasıyla ve rüzgar kapasite faktörü haritasıyla karşılaştırıldığında, REPA'nın hazırlamış olduğu bu haritalarda da Reşadiye'nin ekonomik rüzgar santrali kurulumu için uygun bölgeler konumunda olduğunu görülmektedir. Bölgede araştırılma aşamasında olan Bereketli RES'te bölgenin rüzgar enerjisi alanında elverişli olduğunu göstermektedir. Fakat Reşadiye'de birçok bölgemiz gibi bazı iklimsel, coğrafik ve arazi yapısı bakımından kısıtlı ve engel teşkil eden unsurlar vardır. Örneğin Reşadiye ilçesinin ormanlık alanının oldukça geniş olması bunlardan biridir.

4.7.Turhal

Tablo 13. Turhal 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
TURHAL		530	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	6	2	68	G.doğu
ŞUBAT	4	7	69	Güney
MART	7	9	56	Güney
NİSAN	5	13	64	Kuzey
MAYIS	6	20	62	Kuzey
HAZİRAN	6	25	67	Kuzey
TEMMUZ	8	23	68	Kuzey
AĞUSTOS	15	22	62	Kuzey
EYLÜL	6	19	54	Kuzey
EKİM	5	15	65	Kuzey
KASIM	6	10	65	G.batı
ARALIK	4	4	84	Kuzey
YILLIK ORTALAMA	6,5	14,08	65,33	Kuzey

Turhal, Karadeniz Bölgesinin, Orta Karadeniz Bölümünde yer alan Tokat'ın batısında bulunan nüfusu en fazla olan ilçelerdendir. Turhal ilçesi rüzgâr potansiyeli bakımından diğer bölgelere göre oldukça düşük potansiyele sahiptir. Turhal'a kurulacak rüzgâr enerjisi santralının pek ekonomik olabileceği söylenemez. Aylık ve yıllık rüzgâr hızı ortalamaları oldukça düşük seviyelerdedir. Ölçümler 10 metre yükseklikte ve genel anlamda rüzgâr potansiyelini değerlendirme amaçlı yapıldığı için, ölçümlerde ki değerlerle bir rüzgar santralının kurulup kurulamayacağına kesin karar verilemeyecektir. Bunun için daha yüksekte yapılan ve noktasal olarak incelenen bölgelerin verileri muhakkak farklı olacaktır. Turhal'ı da bu bağlamda ele alacak olur isek ilçenin yüksek kesimlerinde de rüzgâr potansiyelinin arttığı görülmektedir. REPA'nın hazırladığı rüzgâr hız haritasına da gösteriyor ki Turhal ekonomik rüzgâr santrali kurulumu için yeterli potansiyele ve kapasiteye sahip değildir. Turhal sadece rüzgâr potansiyelinin düşüklüğü sebebiyle değil bir tarım bölgesi ve ormanlık alanının

olması münasebetiyle de incelendiğinde birçok alanın buna engel teşkil edeceği görülür. Çalışmada Turhal'ın rüzgârı genelde kuzeyden aldığı görülmektedir. Diğer bölgelerin aksine Turhal ilçesi en yüksek rüzgâr ortalamasını ağustos ayında göstermiştir. Bunun dışında diğer aylarda da ortalamalar oldukça düşük çıkmıştır.

4.8.Zile

Tablo 14. Zile 1 yıllık ölçüm verileri

ÖLÇÜM MERKEZİ		RAKIM (m)	İSTASYON YÜKS.(m)	
ZİLE		700	10	
ÖLÇÜM YAPILAN VERİLER				
AYLAR	RÜZGAR HIZI(Km/sa)	SICAKLIK (°C)	NEM (%)	RÜZGAR YÖNÜ
OCAK	7	1	75	G.batı
ŞUBAT	6	6	66	Kuzey
MART	9	9	55	Güney
NİSAN	6	12	66	Kuzey
MAYIS	6	19	54	Kuzey
HAZİRAN	6	27	69	Kuzey
TEMMUZ	10	21	65	K.doğu
AĞUSTOS	16	21	61	Kuzey
EYLÜL	7	20	57	Kuzey
EKİM	5	15	61	Doğu
KASIM	8	10	66	Batı
ARALIK	5	4	83	Kuzey
YILLIK ORTALAMA	7.4	13.66	64.83	Kuzey

Zile ilçesinin yıllık ortalamaları, rüzgar hızı 7,4 km/sa, sıcaklık 13,66°C, nem ise %64,83'tür. En yüksek rüzgar hızı 16 km/sa ağustosta, sıcaklık 27 °C haziranda, nem % 83 olarak aralıkta ölçülmüştür. En düşük rüzgar hızı 5 km/sa ekim-aralıkta, sıcaklık 1°C ocakta, nem % 54 olarak mayısta kaydedilmiştir. İlçe, rüzgarı genel olarak kuzey yönünden almıştır. Ormanlık alan bakımından pek zengin olmayan ilçenin arazi yapısı çok engebeli olmamakla beraber çok da homojen bir yapısı yoktur. Rüzgar potansiyeli bakımından ilçe istenilen düzeyde değildir. İlçenin yüksek kesimlerinin çok olması ve burada yapılacak olan noktasal analiz ve ölçümlerle ilçenin rüzgar potansiyelinin artacağı tahmin edilmektedir. REPA verilerinde de Zile ilçesi, ekonomik rüzgar santrali kurulumu için kritik bir durum göstermektedir.

Hem rüzgar hızı bakımından hem rüzgar kapasitesi bakımından hem de rüzgar santrali kurulumu için kullanılabilen alan bakımından düşük bir potansiyele sahiptir.

4.9. Tokat İl Geneli

Aşağıdaki çizelgede Tokat il geneli rüzgar, sıcaklık, nem ve rüzgar yönü bir yıllık genel ortalama değerleri verilmiştir.

Tablo 15. İl geneli yıllık veri ortalamaları en düşük ve en yüksek değerler

VERİLER		TOKAT İLİ GENEL								
		ÖLÇÜM MERKEZLERİ								TOKAT İL GENELİ
		TOKAT MERKEZ	ALMUS	ARTOVA	ERBAA	NIKSAR	REŞADİYE	TURHAL	ZİLE	
YILLIK ORTALAMALAR	RÜZGAR HIZI (Km/sa)	8,25	11,7	9,4	8,9	8,5	9,08	6,5	7,4	8,71
	SICAKLIK (°C)	14,5	12,8	12	13,4	13,3	12,16	14,08	13,66	13,23
	NEM (%)	62,5	64,7	62,7	64,6	64,4	65,25	65,33	64,83	64,28
	RÜZGAR YÖNÜ	Doğu	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey	Kuzey

Bulgular içerisinde en yüksek rüzgâr hızı ortalama değeri Almus ilçesinde ölçülürken, en düşük rüzgar hızı ortalama değeri Turhal ilçesinde ölçülmüştür. Sıcaklık ortalama değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama değer Tokat Merkezde ölçülürken onu çok yakından takip eden Turhal var, en düşük sıcaklık ortalama değeri Artova ilçesinde görülmektedir. Nem ortalama değerleri ise en yüksek değer Turhal ve Reşadiye’de görülürken en düşük nem oranı ortalaması Tokat Merkezde görülmüştür. Tokat ilinin rüzgâr yönüne baktığımızda Tokat il merkezinin yıllık ortalaması doğu olmuşken diğer ilçelerin rüzgâr yıllık ortalamaları hep kuzey olmuştur. Ve bu değerlerin ortalamaları alındığında il genelinin rüzgârı kuzeyden aldığı görülmektedir.

Çalışmanın genelinde her bir bölgenin, rüzgar hızı, sıcaklık, nem ve rüzgar yönünün bir yıl boyunca her ayın belirlenen günlerinde bu verilerin günlük değerleri alınmış bu değerlerden aylık ortalama elde edilmiştir. Aylık ortalamalardan yıllık

ortalamalar bulunup, sekiz bölgenin yıllık ortalaması toplanarak yukarıdaki çizelgede olduğu gibi il geneli yıllık rüzgâr hızı, sıcaklık, nem ve rüzgar esiş yönü değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere bakıldığında Tokat ilinin genelinde, yıllık genel ortalama rüzgar hızı 8,71 Km/sa olarak ölçülürken; sıcaklık genel ortalama değeri 13,23°C, nem oranı ortalama değeri % 64,28 ve rüzgar yönü ortalama değeri kuzey olarak bulunmuştur. En yüksek rüzgâr hızı ortalaması 11,7 km/sa olarak Almus ilçesinde, en düşük rüzgar hızı ortalaması 6,5 km/sa olarak Turhal ilçesinde kaydedilmiştir. En yüksek sıcaklık ortalama değeri 14,5°C Turhal'da, en düşük sıcaklık ortalama değeri 12°C olarak Artova ilçesinde kaydedilmiştir. En yüksek nem oranı ortalama değeri % 65,33 Turhal da, en düşük nem oranı ortalama değeri ise % 62,5 ile Tokat il merkezinde görülmüştür.

Rüzgar Durumu: Değişik yönlerden esen rüzgarlar Tokat'ın iklimini ve tarım alanlarını etkilemesi bakımından önemlidir. Yaz aylarında en hakim rüzgar doğu-kuzeydoğu doğrultusunda esen poyrazdır. Sonbaharın başlarında da etkili olur. Bu rüzgar yazın estiğinde serin ve kurudur. Yine yaz mevsiminde zaman zaman kıbleden rüzgârlar eser. Samyeli denilen bu rüzgarların yöredeki diğer bir adı da kabayeldir. Estiği günlerde kavurucu sıcaklıklara neden olur. Kışın kuzeybatıdan esen karayel, kuzeyden esen yıldız ve yine doğu-kuzeydoğu yönünden esen poyraz, havaların soğuk geçmesine ve kar yağışlarına neden olur. İlkbaharda ise batıdan esen rüzgârlar ve güney batıdan esen lodos havaların yumuşamasına ve bol yağışlara neden olur. Tokat ili topraklarının yaklaşık olarak %39'u orman ve fundalıklarla, %38' ekili - dikili alanlarla, %11'i çayır ve meralarla kaplıdır. %12'si ise tarıma elverişsiz alanlardan oluşur. Tokat Türkiye'nin sayılı orman alanına sahip bölgelerinden biridir. Kuzeyde ve güneyde il topraklarına giren dağların hemen hepsi ormanlıktır. Bölge ormanlarının genişliği iller içinde altıncı sırada gelir. Tokat ilinin ormanlık alanı ve tarım arazisi bakımından ülkemizin önde gelen illeri arasında olduğu görülmektedir.

Bu bilgilerden sonra yukarıdaki çizelgeye ve aşağıdaki haritaya bakarak Tokat il genelinin rüzgar potansiyeli değerlendirmeye alınabilmektedir. 10 metre istasyon yüksekliğinde alınan ölçümlerde her ne kadar rüzgar hızı değerleri düşük çıksa bile bu ölçümlerin Tokat ilinin yüksek kesimlerinde yapılması durumunda, REPA haritasından da (Şekil 17 ve 18) anlaşılacağı üzere ekonomik rüzgar santrali kurulumu için uygun alanların olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tokat merkeze bağlı Killik ky mevkiinde kurulan RES, yaklaşık 2 yıldır elektrik üretiyor. Her bir kanat ağırlığı 11 ton olan 50 metre uzunluğundaki 3'er kanatlı rüzgar türbinin bir türbini 350 ton ağırlığında yılda yaklaşık 100 milyon kilovat saat elektrik enerjisi üretilmekte; bu da 40 bin ailenin bir yıllık enerji sarfiyatına denk gelmektedir. Hizmeti halen devam etmekte olan Killik rüzgar enerji santrali 40 MW kapasitesinde enerji üretebilmektedir. Bu da hem ülke ekonomisine hem de ilimizin enerji ihtiyacına büyük katkı sağlamaktadır (Şekil 19).

Tokat'ın Killik tepesi gibi birçok tepe bulunmakta olup ve rüzgar santrali kurulumu için oldukça elverişli konuma sahiptirler. REPA'nın ilimiz için hazırlamış olduğu rüzgar hızı dağılımı haritasına da baktığımızda Tokat ilinin ekonomik rüzgar santrali kurulumu için oldukça elverişli alanlara sahip olduğu görülmektedir. Tokat'ın rüzgar enerjisi alanında elverişli bir konuma sahip olduğunu gösteren bir başka çalışma ise Reşadiye ilçemizin Bereketli Kasabası, Kızılkaya Yaylası mevkiinde araştırılması yapılan Bereketli Rüzgar Enerji Santralidir(Şekil 21). KİNESİS iştiraki olan Bereketli Elektrik Enerji retim ve Ticaret A.Ş., Tokat/Ordu il sınırında bulunan 30 MW kurulu güce sahip Rüzgar Enerjisi Santrali yatırımını yapmaktadır. Bu amaçla, KİNESİS, EPDK'dan Mart 2011'de 30 MW kurulu gücü için elektrik üretim lisansını alarak ilk yatırımına Tokat'ta başlamıştır. Bereketli RES projesinin, 2014 yılının 2. yarısında devreye alınması planlanmakta olup, bu tarihe kadar temel mühendislik, ölçüm işleri ve rüzgar kalitesi değerlendirme çalışmaları, uluslararası mühendislik şirketlerince sürdürülmektedir.



Şekil 20. Tokat rüzgar enerjisi santral haritası(REPA)

Ortalama rüzgar hızı 7,7 m/s olan Bereketli RES'in planlanan inşaata başlama tarihi Mayıs 2014 olup, devreye girme tarihi ise Ekim 2014 olarak belirlenmiştir. Böylece ilimiz rüzgar enerjisi üretim potansiyeli alanında Killik RES ile birlikte 70 MW'a ulaşmış olacaktır.

Tokat'ın merkez çevresi, Kuzey kesimleri, özellikle Güney kesimi ve Kuzeydoğusunun ekonomik rüzgar santrali kurulumu için gerekli olan rüzgar hızına (7 m/s) sahip olduğu görülmektedir. Genel anlamda il geneli rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesi alanında 10 metre yükseklik için olumlu sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Tokat rüzgar potansiyeli bakımından ülkemizin birçok bölgesine göre daha elverişlidir. Noktasal analiz yapılarak ve daha yüksek kesimlerde kapsamlı ölçümlerin alınmasıyla ilimizin gerek merkezinde zaten var olan Killik rüzgar enerjisi santrali, çalışma aşamasında olan Bereketli Rüzgar Enerji Santrali gerekse güneyinde, kısmen kuzeyinde, kuzeydoğusunda rüzgar potansiyelinin ekonomik seviyelerde seyrettiği görülmektedir. Rüzgar santrali kurulumunun gerekli bütün evreli değerlendirilerek, maliyet, kurulum masrafı işçilik vs. durumlar, göz önüne alındığında Tokat'a kurulacak olan bir santralin bunları kısa zamanda amorti edeceği muhakkaktır.

5.SONUÇ

İnsanoğlu sınırlı enerji kaynaklarının bitme noktasına yaklaştıkça, hep alternatif enerji kaynakları arayışına girmiştir. Bu arayış her geçen gün önemi ve gelişimi artmakla devam etmektedir. Dünyada birçok ülke artık kendi enerjisini kendi alternatif kaynaklarıyla üretmeye başlamıştır. Bu üretimin gerçekleşmesini sağlayan ülkeler ise gelişmede çok yüksek ivmeler kazanmışlardır.

Gelişim, ekonomik bağımsızlık ve dünya kamuoyunda söz sahibi olabilmek, ülkenin sahip olduğu enerji potansiyeline bağlıdır. Enerji alanındaki gelişme kültürel gelişmeye kadar uzanabilmektedir. Enerjide bağımsız olan ülke hem siyasi alanda hem ekonomik alanda ve hem de kültürel alanda bağımsız olacağı muhakkaktır. Çünkü enerjinin devamında iş gelir, işi gelişme takip eder gelişmeyi ise uygarlık takip eder, uygar olan bir ülkede ise kültürün gelişmesi ve zenginleşmesi ise kaçınılmaz bir sonuçtur.

Bir taraftan dünyada fosil enerji kaynakların bitim noktası olan yıllar tahmin edilirken, diğer taraftan bu enerji kaynakların, çevreye, insanlığa ve bütün canlılara verdiği zarar, insanoğlunun alternatif enerji kaynaklarının önemi konusundaki hassasiyetini iyice artırmıştır. Alternatif enerji kaynakları enerji çeşitliliğinin artmasına, enerji noktasındaki sıkıntılarının giderilmesine, çevreye ve insanlığa yapılan zararın ortadan kaldırılmasına çok büyük katkılar yapmaktadır. Dünyanın en büyük sorunlarından olan ve dünyayı her geçen gün tehdit eden insanların korkulu rüyası olan küresel ısınmanın da önüne geçecektir. Alternatif enerji yeni nesle, temiz, yeşil, güvenilir ve yaşanılabilir bir dünya bırakma noktasında çok büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, dünyada kullanımı ve gelişimi bakımından önde gelen ve yukarıda lafzını yaptığımız konularda önemli rol oynayan rüzgar enerjisi çalışmaya konu edinilmiştir. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ve özellikle rüzgar enerjisine talep her geçen gün artmaktadır. Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli sıralamasında ülkemiz en iyiler içerisinde yer almaktadır. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli Almanya'nın yedi katı kadardır. Ülkemizin sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli son yılların verileri de göz önüne alınacak olursa tek başına elektrik enerjisi ihtiyacına cevap verecek durumdadır.

Ülkemizin önümüzde ki otuz veya kırk yıl sonra 280-300 milyar KWh'lik elektrik enerjisini rüzgârdan karşılayacağı tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına, son yıllarda ülkemizde yapılan yasal düzenlemeler ve teşvikler, yenilenebilir enerji kaynaklarının son on yılda önemli yol kat etmesini sağlamıştır.

Ülkemizin her bölgesinde özellikle rüzgar enerji santrali kurulumu için çalışmalar başlatılmış ve önemli sonuçlar alınmıştır. Bu yasal düzenlemeler ve teşviklerle birlikte artık rüzgar türbinleri dışarıdan ithal edilmek yerine yerli üretimle elde edilmeye çalışılmaktadır.

Çalışmada yenilenebilir enerjisinin neden gerekli olduğu, dünyadaki, ülkemizdeki ve Tokat'taki gelişimi ve durumu ele alındı. Tokat ili rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından, ülkemizin önde gelen bölgeleri arasındadır. Tokat ilinde şu anda rüzgar enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi kapasitesi 40 MW kadardır. Tokat'ın Killik bölgesinde kurulu olan rüzgar enerji santrali, Almus barajının iki katı kadar enerji üretim kapasitesine sahiptir. Hem REPA verilerine baktığımızda hem de bu çalışmadan da yola çıkarak Tokat ilinin rüzgar enerjisi potansiyeli daha da üst seviyelere çıkabileceği söylenebilir.

TEİAŞ verilerine baktığımızda Tokat enerji tüketim alanında Türkiye ortalamasının altında seyrederken, enerji üretim alanında Türkiye ortalamasının üzerinde yer almaktadır. Bu da bize Tokat ilinin bir enerji üretim sahası olma alanında önemli bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Tokat ili enerji tüketim alanında ki Türkiye payı % 0,36 iken, enerji üretim alanında Türkiye de kurulu güç payı % 0,40 civarındadır. Tokat ili rüzgar enerjisi alanında yılın dört mevsimi enerji üretebilecek bir konumdadır. Tokat ili dünyada küresel ısınmadan en az etkilenmesi bakımından da alternatif enerji üretim konusunda gözde merkez konumundadır. İl yenilenebilir enerji alanında sadece rüzgar enerjisi için değil, birçok bölgesinde hidrolik enerji alanında da önemli yol kat etmiştir. İl yüz ölçümü bakımından enerji üretim konusunda önemli konuma sahiptir. İl genelinde enerji tüketim miktarı 630 000 kWh civarındayken, enerji üretim miktarı 211 MW civarında seyretmektedir. Tüm bu çalışmalar ve araştırmalar sonucunda Tokat ili yenilenebilir enerji alanında daha üst seviyelere çıkarılabilecek bir potansiyele sahiptir.

Almus ilçesinin Tozanlı deresi bölgesinde hidrolik enerji santrali kurulumu çalışmaları devam ederken aynı zamanda Reşadiye ilçesine bağlı Bereketli bölgesinde de rüzgar enerji santrali kurulumu için araştırma çalışmaları devam etmektedir. Bu araştırma ve geliştirme çalışmalarının, il geneline yayılmasına katkı sağlanarak bölgede enerji alanında istihdamlar sağlanabilir. Gerek merkez bölgelerinde gerekse Almus, Reşadiye, Artova ilçelerinde rüzgar enerjisinden yararlanmak için bu bölgelerin yeteri kadar rüzgar potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

Tokat ilinin rüzgar enerjisi alanında potansiyelinin yüksek olduğunun bir başka belirtisi ise TEİAŞ'ın hazırlamış olduğu Kurulu Güce Göre Rüzgar Enerjisi Haritasıdır. Haritaya baktığımızda 100 MW'ın üstündeki iller Akdeniz bölgesinde Hatay, Osmaniye; Marmara Bölgesinde Çanakkale, Balıkesir; Ege Bölgesinde Manisa ve İzmir yer alırken, 1 ile 100 MW arasında yer alan iller yine Akdeniz Bölgesinde Mersin; Ege Bölgesinde Muğla ve Aydın; Marmara Bölgesinde İstanbul, Tekirdağ ve Edirne yer alırken bu bölgelerin ve illerin dışında kalan bütün bölgeler ve iller içerisinde sadece Tokat ili 1 ile 100 MW arasında kurulu güce sahip olan ildir. İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgesinde Tokat hariç bütün iller 1 MW'ın altında kurulu güce sahiptir (Şekil 13). Bu da bize Tokat ilinin rüzgar enerjisi alanında, ülkemizdeki önemini ve potansiyelini göstermektedir.

Bu çalışmada alınan verilere baktığımızda en yüksek rüzgar hızı 11,7 Km/sa olarak Almus ilçesinde, en düşük rüzgar hızı ise 6,5 Km/sa olarak Turhal ilçesinde ölçülmüştür. Tokat il geneli rüzgar hızı ise 8,71 Km/sa olarak kaydedilmiştir. Buradan yola çıkarak ilimizde araştırma ve geliştirme çalışmalarına hız verilerek ilimiz 100 MW'ın üzerinde bir kurulu güce kavuşturulmalı, rüzgar enerjisi potansiyelinden daha da ileri seviyelerde yararlanılmalıdır. Gerek devlet teşvikiyle gerek üniversitelerin AR-GE çalışmalarıyla gerekse de özel sektörün girişimiyle Tokat ili bu potansiyeli yakalayacak konumda bir bölgededir. Bu alandaki çalışmalara hız verilerek il öngörülen seviyeye getirilmelidir. İlimizin bu potansiyeli hem ülkemizin enerji ihtiyacını karşılama babında hem de ülke ekonomisine katkı sağlaması bakımında önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Altun, İ.H., 1996. ‘‘Türkiye’nin Hidrolik Potansiyeli ve Gelişme Durumu’’, TMMOB Türkiye Enerji Sempozyumu Tebliğleri, s.9 Ankara.
- Altuntaşoğlu, Z.T., 2011. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimine Sağlanan Teşvikler, MMO İzmir şubesi Rüzgar Sempozyumu ve Sergisi, İzmir.
- Anonim, 2014. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu
- Anonim, 2012 a. T.C.M.E.B. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Önemi 5222ee0421 Ankara.
- Anonim, 2012 b. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/turkiyede-ruzgar-enerjisi-ve-gelisimi/6859#ad-image-0> (17.08.2013)
- Anonim, 2012 c. Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı (TYDTA) Verileri, www.invest.gov.tr (15.06.2013).
- Anonim, 2012 d. Dünya da Ve Türkiye de 2012 Rüzgar Endüstrisi Rakamları Ve Analizi <http://www.alternatifenerji.com/dunyada-ve-turkiyede-2012-ruzgar-endustrisi-rakamlari-ve-analizi.html> (12.06.2013)
- Anonim, 2012 e. AB 2010-2020 Rüzgar Sanayi Hedefleri, [www.solar-academy.com/menus/AB-Rüzgar-Sanayi-2010-2020 Hedefleri.033015.pdf](http://www.solar-academy.com/menus/AB-Ruzgar-Sanayi-2010-2020-Hedefleri.033015.pdf) (17.06.2013)
- Anonim, 2012 f. Türkiye’nin Enerji görünümü. Tmmob Makine Mühendisleri Odası Yayın No: Mmo/588 Ankara.
- Anonim, 2012 g. <http://www.gribilge.com/ruzgar-nasil-olur/> (16.08.2014)
- Anonim, 2011. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Verileri, www.enerji.gov.tr (15.06.2013)
- Avşar, H., Çetinkaya, K., Gökkaya, H., 2001. Afyon Yöresi Rüzgar Potansiyeli ve Elektrik Enerjisi İçin Savonius Tasarımı, Kayseri.
- Başol, K., 1996. Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Anadolu Matbaası, İzmir.
- Berberoğlu, C. Nejat., 1982. Türkiye’nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu, E.İ.T.İ.A Yayını No: 245/165 Eskişehir.
- Bockris, J., Veziroğlu, T. Nejat ve Smith, D., 1993. Güneş Enerjisi Yeni Yüzyıl Kitaplığı, iletişim Yayınları, s.8 İstanbul.
- Çağlar, Ü., Cengiz, C., Çakan, E., Turan, M., ve Kocaoğlu, Ş., 2008. Türkiye’nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgâr enerjisi-2. Ulusal İktisat Kongresi / 20–22 Şubat 2008/ DEÜ İİBF İktisat Bölümü / İzmir –Türkiye.
- Çakar, M.C., Filik, Ü.B., Kurban, M., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ulaşım Sistemlerinde Kullanım Uygulaması, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 26555, Eskişehir.
- EİE, 2012. http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_en_hak.html (25.05.2013)
- ETKB, 2010. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı, Ankara.
- Gençoğlu, M.T., 2002. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23279 Elazığ.
- Gülay, A.N., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği Ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Uluslararası İşletmecilik Programı Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- Gürbüz, A., 2003 “Avrupa Birliği’nde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Ülkemizdeki Durum”, AB’nin Enerji Politikası ve Türkiye’ye Yansımaları Çalıştay-3 Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı (UPAV), s. 89. Ankara.
- Hau Erich., 2008. “Windkraftanlagen”, Springer Verlag, Berlin.
- Özgener, Ö., 2002. Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgar Enerjisi Kullanımı. Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi Cilt: 4 Sayı: 3 Sh. 159-173
- Özdamar, A., 2000. Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6. Cilt, (2-3) Sayı, s.133.145.
- Pala, C., 1996. 20. Yüzyılın Şeytan Üçgeni (ABD-Petrol-Dolar), Kavram Yayınları, İstanbul.
- Şen, Z., 2002. Temiz Enerji ve Kaynakları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Ünalın, S., 1997. Alternatif Enerji Kaynakları Ders Notları.
- Yamak, T., 2006. Türkiye’nin Alternatif Enerji Kaynakları Potansiyeli Ve Ekonomik Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı Uluslararası Bilim Dalı, İstanbul.
- YEGM, 2012. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

EKLER

Ek-1

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	TOKAT MERKEZ					
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)	
AYLIK ORTALAMA											
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	27	19	Doğu	38					
		4.	29	17	Doğu	18	28	14	Doğu	30	
		8.	28	6	G.doğu	37					
	2.ON GÜN	12.	33	12	Doğu	67					
		16.	25	15	Kuzey	66	26	13	Kuzey	67	10
		18.	22	14	Kuzey	68					
	3.ON GÜN	20.	18	16	Kuzey	73					
		24.	25	13	Kuzey	60	20	16	Kuzey	63	
		29.	19	20	Doğu	58					
TOPLAM											
						24	14	Kuzey	53		

ÖLÇÜM MERKEZLERİ										
ALMUS										
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	AYLIK ORTALAMA				Yüks. (mt.)
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	8	Kuzey	65					
		5.	10	Kuzey	60	20	9	Kuzey	62	
		8.	9	Kuzey	60					
	2.ON GÜN	11.	10	K.doğu	65	24	12	Kuzey	60	10
		14.	13	Kuzey	60					
		18.	11	Doğu	55					
	3.ON GÜN	20.	21	K.doğu	55					
		24.	19	Kuzey	65	24	22	Kuzey	40	
		28.	27	Doğu	60	15	10	Kuzey	60	
TOPLAM										

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
ARTOVA											
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	AYLIK ORTALAMA					
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)	
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	16	Kuzey	49						
		5.	21	Kuzey	47	26	16	Kuzey	46		
		8.	12	Kuzey	43						
	2.ON GÜN	11.	18	K.doğu	60						
		14.	15	K.doğu	39	26	14	K.doğu	45	10	
		18.	9	Kuzey	35						
	3.ON GÜN	20.	29	K.doğu	55						
		24.	16	K.doğu	44	22	24	K.doğu	49		
		28.	27	Doğu	49	25	18	K.doğu	47		
	TOPLAM										

ÖLÇÜM MERKEZLERİ										
ERBAA										
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	AYLIK ORTALAMA				
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	12	Kuzey	67					
		5.	16	Kuzey	65	23	14	Kuzey	70	
		8.	13	Kuzey	78					
	2.ON GÜN	11.	12	Kuzey	70					
		14.	11	Kuzey	72	22	12	Kuzey	70	10
		18.	13	Kuzey	68					
	3.ON GÜN	20.	29	K.doğu	60					
		24.	19	Kuzey	34	22	22	Kuzey	48	
		28.	18	Kuzey	50					
	TOPLAM					22	16	Kuzey	63	

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
AY	GÜN	NİKSAR					AYLIK ORTALAMA				
		Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)	
AĞUSTOS 2012	1.ON GÜN	1.	24	12	Kuzey	75					
		5.	25	14	Kuzey	65	25	13	Kuzey	73	
		8.	25	13	Kuzey	78					
	2.ON GÜN	11.	24	13	Kuzey	73					
		14.	24	11	Kuzey	69	23	13	Kuzey	70	10
		18.	21	14	Kuzey	69					
	3.ON GÜN	20.	17	14	Kuzey	74					
		24.	20	11	Kuzey	60	18	13	Kuzey	68	
		28.	18	14	Kuzey	69					
			TOPLAM								
							22	13	Kuzey	70	

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
AY	GÜN	REŞADİYE					AYLIK ORTALAMA				
		Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)	
AĞUSTOS 2012	1.ON GÜN	1.	18	13	Kuzey	82					
		5.	23	16	Kuzey	78	21	14	Kuzey	81	
		8.	21	14	Kuzey	82					
	2.ON GÜN	11.	18	14	Kuzey	74					
		14.	23	13	Kuzey	75	20	14	Kuzey	75	10
		18.	20	15	Kuzey	76					
	3.ON GÜN	20.	13	15	Kuzey	78					
		24.	25	16	K.doğu	44	19	17	Kuzey	57	
		28.	19	20	Doğu	48					
			TOPLAM								
							20	15	Kuzey	71	

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
TURHAL											
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	AYLIK ORTALAMA				Yüks. (mt.)	
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)		
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	15	Kuzey	67						
		5.	16	Kuzey	65	24	15	Kuzey	64		
		8.	14	Kuzey	62						
	2.ON GÜN	11.	18	K.doğu	60						
		14.	18	K.doğu	62	24	17	K.doğu	61	10	
		18.	16	K.doğu	62						
	3.ON GÜN	20.	15	Kuzey	66						
		24.	14	Kuzey	60	19	15	Kuzey	62		
		28.	16	K.doğu	61						
	TOPLAM										
							22	15	Kuzey	62	

ÖLÇÜM MERKEZLERİ											
ZİLE											
AY	GÜN	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	AYLIK ORTALAMA					
						Sıcaklık (°C)	Rüz.Hızı (Km/sa)	Rüzgar Yönü	Nem (%)	Yüks. (mt.)	
A Ğ U S T O S 2012	1.ON GÜN	1.	16	Kuzey	70						
		5.	18	Kuzey	68	22	16	Kuzey	67		
		8.	15	Kuzey	65						
	2.ON GÜN	11.	18	K.doğu	60						
		14.	17	Kuzey	63	23	17	Kuzey	62	10	
		18.	18	Kuzey	64						
	3.ON GÜN	20.	17	K.doğu	60						
		24.	16	Kuzey	40	20	16	K.doğu	54		
		28.	17	K.doğu	63	21	16	Kuzey	61		
	TOPLAM										

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : İsmail TERZİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.02.1984
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0 543 323 33 54
e-mail : iso_di_@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	GOÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı	2014
Lisans	Goü-Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü	2011
Lise	Tokat Atatürk Lisesi	2006