

**TÜRKİYE HÂKİM RÜZGÂR VE ORTALAMA RÜZGÂR
VEKTÖREL HARİTASI İLE TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİ
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Said Shahrukh BARLAS

Yüksek Lisans Tezi

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Sinan ŞAHİN**

2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜRKİYE HÂKİM RÜZGÂR VE ORTALAMA RÜZGÂR VEKTÖREL
HARİTASI İLE TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Said Shahrukh BARLAS

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Sinan ŞAHİN

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır.

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Said Shahrukh BARLAS

Bu tez çalışmasında TÜBİTAK tarafından 118Y346 proje numarası ile 1002 hızlı proje kapsamında desteklenmiştir.

Doç. Dr. Sinan ŞAHİN danışmanlığında, Said Shahrukh BARLAS tarafından hazırlanan ‘‘Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Vektörel Haritası ile Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Değerlendirilmesi’’ başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 21.10.2019 tarihinde İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul/red edilmiştir.

Üye : Doç. Dr. Sinan ŞAHİN

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Didem YILMAZER

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali COŞAR

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE HÂKİM RÜZGÂR VE ORTALAMA RÜZGÂR VEKTÖREL HARİTASI İLE TÜRKİYE RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Said Shahrukh BARLAS

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sinan ŞAHİN

Bu çalışmada, topoğrafik harita üzerinde vektörel olarak Türkiye'nin en detaylı hâkim rüzgâr ve ortalama rüzgâr hızı haritası hazırlanacaktır. Böylece rüzgâr potansiyeli olan alanlar daha detaylı incelenebilecek ve daha önce üzerinde çalışılmamış/gözden kaçan rüzgâr alanlarının rüzgâr enerji potansiyeli belirlenecektir. Rüzgâr enerjisi son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları içinde yüksek hızlı bir büyüme grafiği çizmiştir ve rüzgâr enerjisi ile ilgili çalışmalar meteorolojik gözlemlere dayandırılmalıdır ve bu yüzden mümkün olduğunca fazla gözlem istasyonu kullanılarak en detaylı ve doğru sonuçlar elde edilmelidir. OMGİ'nin MGM tarafından kullanımı 2012 yılından sonra hızlı bir artış göstermiştir. Türkiye genelinde OMGİ'lerin artışı ile birlikte 2012 yılından itibaren toplam 1983 adet istasyonun ortalama rüzgâr ve 1934 istasyonun hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti ölçümleri bulunmaktadır. Bu çalışma ile OMGİ'ler sayesinde artan meteorolojik gözlem sayısı değerlendirilmek istenmiş en güncel ve doğru haritalar sayesinde Türkiye rüzgâr enerji potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca topoğrafik harita üzerinde kompozit (birleşik) olarak hazırlanmış hâkim rüzgâr hızı (vektörel) ve ortalama rüzgâr hızı (skaler) haritaları daha önce Türkiye için hazırlanmamıştır. Vektörel ve topoğrafik kompozit haritalar, MGM'den alınacak 2012-2017 yılları arası ölçülmüş 1207 adet istasyona ait ortalama rüzgâr hızı (m/s) ile 1198 istasyona ait hâkim rüzgâr hızı (m/s) ve yönü verisi kullanılarak Ncar Command Language (NCL) programı ile hazırlanacaktır. Sonuç olarak, İç Batı Anadolu özellikle kuzey sektöre yıl boyunca açık yüksek ve düz yaylalar üzerindedir. Dolayısıyla hem sürtünmenin etkisinin az olması hem de yıl boyunca uygun bölgesel gradyan koşulları nedeniyle bu alanlarda güçlü gradyan rüzgârları görülmektedir. Marmara denizinin güneyinde görülen güçlü rüzgârların, Marmara denizinin Karadeniz'den gelen görece daha soğuk suların etkisiyle soğuması ve kara ile olan sıcaklık farkının artması sonucu oluştuğu öngörülebilir. Karalar ve denizler arasındaki sıcaklık farklarının ilkbahar ve sonbahar aylarında azalmasından dolayı Türkiye genelinde ortalama rüzgâr hızının en düşük olduğu mevsim sonbahar mevsimidir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji; Rüzgâr enerji potansiyeli; Kompozit vektörel harita; Otomatik meteoroloji gözlem istasyonları; Türkiye.

2019, 86 Sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

ASSESSING WIND ENERGY POTENTIAL OF TURKEY WITH VECTORAL MAP OF PREVAILING WIND AND MEAN WIND OF TURKEY

Said Shahrukh BARLAS

Tekirdağ Namik Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Civil Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Sinan ŞAHİN

In this project, the most detailed prevailing wind and mean wind velocity maps of Turkey on a topographical layer will be prepared. Thus, the areas with high wind potential could be investigate more in detail and the wind areas with high wind power potential that haven't been studied or not provided would be determine. Recently, wind energy showed high growing trend among renewable energy resources and the studies about wind energy must be related to meteorological observations. Therefore, the highest possible number of observations should be used in order to obtain accurate results. The number of AWS installation by TMS highly increased after 2012. The number of 1983 stations has mean wind velocity data 1934 stations have a prevailing wind velocity and direction after the year 2012 throughout Turkey. Increasing number of meteorological observations because of AWS intended to be used and the investigation of Turkish wind energy potential was aimed at the most accurate and contemporary maps. Besides, the composite map of prevailing wind velocity (vector) and mean wind velocity (scalar) over a topographical layer of Turkey has not been prepared before. Inner Western Anatolia is located on high and flat plateaus, which are open to the northern sector throughout the year. Therefore, strong gradient winds are seen in these areas due to both the low friction effect and the favorable regional gradient conditions throughout the year. It can be predicted that the strong wind seen in the south of the Marmara Sea is caused by the cooling of the Marmara Sea because of the relatively cooler waters coming from the Black Sea and the increase in the temperature difference with the land. Because of the temperature difference between land and sea in the spring and autumn months; In other words due to the decrease in average wind speed, the lowest wind speed is in the autumn season across Turkey.

Keywords: Renewable energy, wind energy potential, composite vectoral maps, automatic weather stations, Turkey.

2019, 86 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Rüzgârın İnşaat Mühendisliğindeki Yeri ve Önemi	4
1.1.1. Rüzgârın Mühendislikteki Etkisi.....	4
a. İklim Bilgileri	4
b. İklim faktörleri	4
1.1.2. Rüzgârın Mimarideki Yeri	5
1.1.3. Yapılarda Rüzgâr Önemi.....	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1. Enerji Kaynakları.....	8
2.2. Rüzgâr Enerji Potansiyeli	8
2.2.1. Kullanım yeri.....	8
2.2.2. Tarihçe.....	9
2.3. Rüzgâr Olayı	12
2.3.1. Atmosfer.....	12
2.3.2. Rüzgârın kaynağı ve oluşumu	12
2.3.2.1. Dünya'nın şekli ve hareketleri	12
2.3.2.2. Dünya'daki Rüzgâr sistemleri.....	13
2.3.2.3. Basınç gradyan kuvvetleri.....	13
2.4. Dünya'da Rüzgâr Enerji Potansiyeli.....	13
2.5. Türkiye'de Rüzgâr Enerji Potansiyeli	14
2.6. Rüzgâr Enerji Santralleri	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28

3.1.	Kullanılan Veri	28
3.2.	Kullanılan Metotlar	29
3.2.1.	Güç kanunu profili kullanılarak 50 metre yükseklikteki rüzgâr hızı hesaplanacaktır.....	30
3.2.2.	Hava yoğunluğunun belirlenmesi.....	31
3.2.3.	Seçilen her bir istasyonun Weibull dağılımı parametrelerinin hesaplanması	31
	a. SYSTAT ile Rüzgâr Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi	31
	b. Veri.....	32
	c. Rüzgâr Verisi.....	33
	e. Yakın Çevre Engelleri	33
	f. Topografya ve Pürüzlülük Bilgileri	33
3.2.4.	Seçilen her istasyon için rüzgâr hızı aritmetik ortalaması V_m , standart sapması σ_m ve gamma (Γ) fonksiyonlarının hesaplanması.....	33
3.2.5.	Güç Akışının Hesaplanması	34
3.2.6.	Haritaların Hazırlanması	34
	a. Ncar Command Language (Ncar Komut Dili).....	35
3.3.	Çalışmada kullanılan istasyonlar.....	37
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI.....	37
4.1.	Rüzgâr Potansiyeli Hesaplaması	37
4.1.1.	Datça (Deveboynu Feneri)	38
4.1.2.	Silifke (Taşucu Seka Ana Mendirek Fener).....	45
4.1.3.	Sinop (İnceburun Feneri)	51
4.1.4.	Ağaçören İstasyonu	57
4.1.5.	Tatvan İstasyonu	61
4.2.	Türkiye Rüzgâr Klimatolojisi	69
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	78
	KAYNAKLAR.....	80
	ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye'deki rüzgâr istasyonlarında hava istasyonları tarafından ölçülen bazı yerler.....	17
Çizelge 2.2. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli	20
Çizelge 2.3. Alternatif enerji türleri	21
Çizelge 2.4. Türkiye'de enerji türünün dağılımı.....	22
Çizelge 2.5. Rüzgâr Enerji Santralleri Profili	26
Çizelge 2.6. Talep tahmini referans (Baz)	27
Çizelge 4.1. Meteoroloji istasyonlarının bölgelere göre dağılımı	38
Çizelge 0.2. En yüksek enerji akıllı istasyonlar için aylık ortalama hız ve güç akışı değerleri.	84

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünya rüzgâr enerjisi verileri.....	3
Şekil 1.2 Türkiye rüzgâr enerjisi verileri.....	4
Şekil 1.3 Rüzgârın İnşaat Mühendisliğindeki önemi	6
Şekil 2.1 Dünya genelinde kullanılan enerji kaynakları.....	8
Şekil 2.2 Charles Francis Brush'un rüzgâr türbini	10
Şekil 2.3 Poul La Cour'ın üç kanatlı rüzgâr türbinleri	10
Şekil 2.4 Rüzgâr türbin boyutlarının yıllara göre değişimi	11
Şekil 2.5 Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli atlası.....	19
Şekil 2.6 Avrupa enerji tipi dağılımı (2000)	23
Şekil 2.7 Avrupa enerji tipi dağılımı (2014)	23
Şekil 2.9 Dünyada kurulmuş rüzgâr enerjisi gücü (2014).....	24
Şekil 2.8 Dünyadaki toplam dünya rüzgâr enerjisi gücü (2014)	24
Şekil 2.10 Türkiye'deki işletmede olan rüzgâr elektrik santralleri	25
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi dağılımı (1207 adet).....	29
Şekil 3.2 Türkiye Rüzgâr Atlası	32
Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan verilerin toplandığı meteoroloji istasyonlarının konumları	37
Şekil 4.1 Datça Deveboynu Feneri.....	39
Şekil 4.2 Datça Deveboynu istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri	44
Şekil 4.3 Datça İstasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu	44
Şekil 4.4 Silifke (Taşucu Ana Mendirek Feneri).....	45
Şekil 4.5 Taşucu/Silifke istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri	50
Şekil 4.6 Silifke'nin Taşucu Seka Ana Mendirek İstasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu	50
Şekil 4.7 Sinop (İnceburun Feneri)	51
Şekil 4.8 Sinop İnceburun istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri	56

Şekil 4.9 Sinop 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu.....	56
Şekil 4.10 Ağaçören istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri.....	61
Şekil 4.11 Ağaçören istasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu.....	61
Şekil 4.12 Tatvan/Nemrut istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri	66
Şekil 4.13 Tatvan istasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu	66
Şekil 4.14 Kış Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)	69
Şekil 4.15 Bahar Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)	72
Şekil 4.16 Yaz Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m).....	74
Şekil 4.17 Kış Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)	76

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
DDB	: Deniz Düzeyi Basıncı
DKE	: Alman Elektrik Mühendisliği Komisyonu
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
ECMWF	: Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi
EIEI	: Elektrik İşleri Anketi İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GWEC	: Küresel Rüzgâr Enerji Konseyi
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NCL	: Ncar Komut Dili
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OMGİ	: Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonlarının
REPA	: Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
SAM	: Sınırlı Alan Modeli
YİD	: Yapı İşlet ve Devret Modeli

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans yolculuğumun en başından beri beraber yol aldığımız; ilmi bilgileri, deneyimleri ve yüksek entelektüel birikimi ile öğreten, yol gösteren ve hiçbir desteğini esirgmeden sabırla bugünlere gelmemi sağlayan değerli hocam ve tez danışmanım **Doç. Dr. Sinan ŞAHİN** 'e;

Miras verdikleri genler, ahlaki ve etik değerler ile bana olan inançlarını hiç yitirmeyen, hep yanımda ve destekçim olan canım ailem; babam, annem ve ilham kaynağım olan kardeşlerime;

Benim ve tez çalışmamın bu günlere gelmesinde gerek fiziksel gerek manevi katkıları ile pes ettiğimde itici gücüm, yoldaşım, biricik eşim Nadya BARLAS 'a;

Bu tez çalışmasının tamamlanmasında bir şekilde katkıda bulunmuş herkese sonsuz teşekkür ederim.

EKİM 2019

Said Shahrukh BARLAS
(İnşaat Mühendisi)

1. GİRİŞ

Karalar, denizler ve atmosfer farklı özgül ısılarına sahip oldukları için, güneşten alınan enerji sonrasında farklı sıcaklıklara sahip olurlar. Sıcaklık dağılımı, coğrafi ve çevresel koşullara bağlıdır. Yeryüzünde ortaya çıkan sıcaklık ve buna bağlı basınç farklılıkları rüzgârların oluşmasına neden olur. Belirli bir yer, yöre ya da bölgedeki rüzgâr yön deseninin bilinmesi, hem bilimsel hem de uygulamalı çalışmalar açısından çok yararlı bilgiler sunar. Sanayi bölgelerinin, yerleşim alanlarının, termik santrallerin ve hava alanlarının yer seçiminde ve yapımında rüzgâr yön ve bilgilerinin mutlaka kullanılması gerekir. Ayrıca rüzgârlar bir bölgedeki hava ve iklimi büyük ölçüde denetleyerek etkiler. Bir bölgedeki rüzgârın şiddeti ve diğer karakteristikleri üzerinde meteorolojik koşulların ve topoğrafik yapının önemli bir etkisi vardır.

Hava basıncının bir bölgeden bir bölgeye gösterdiği değişiklik hava hareketinin yani rüzgârın oluşumundan sorumludur. Yeryüzünün her yerinde aynı anda yapılan (sinoptik) basınç ölçümleri üzerinde istasyon yükseltisinden kaynaklanan basınç farklılıklarının hava basıncının deniz düzeyine indirgenmesiyle yalnız bölgesel ölçekli atmosfer dolaşımına ve hava sistemlerinin değişimlerine bağlı basınç değişikliklerini ortaya çıkarılır. Basıncıta görülen değişimler rüzgâr hız değişimini de denetler. Basınç gradyanının artması, rüzgâr hızının artmasına neden olur.

Atmosferin 1 km'nin altındaki ve sürtünmenin etkili olduğu yeryüzünün yakın bölümüne sınır katmanı adı verilmektedir. Sınır tabakasındaki bir yüksek basınç merkezinde antisiklonik ve diverjan rüzgâr akışları, bir alçak basınç merkezinde ise siklonik ama konverjan hava akışları egemendir. Yeryüzüne yakın düzeylerdeki rüzgârlar (sınır katmanı rüzgârları) çoğunlukla izobarlara dik esmez ve onları 15° ile 45° arasında değişen açıyla keser. Yatay hava hareketleri, başka bir deyişle rüzgârlar, Koriyolis kuvveti, merkezkaç kuvveti ve en alt atmosferdeki sürtünmenin ortak etkisiyle gelişen kuvvet tarafından etkilenir ve bu yüzden rüzgâr yönü ile basınç gradyanının yönü her zaman birbirine uymaz. Havanın yüksek basınç merkezinden çevreye doğru yayılarak uzaklaşmasına diverjans (uzaklaşma) adı verilir. Sürtünme tabakasındaki alçak basınçlarda ise, hava yüksek basınçtan alçak basınç merkezine doğru kıvrılarak siklonik bir dönüş hareketi gösterir. Havanın, çevreden alçak basınç merkezine doğru yönelerek yaklaşmasına konverjans (yaklaşma) adı verilir. Rüzgârın rotasyonel hız

bileşeni ise jeostrofik rüzgârlara benzerlik göstermekle birlikte akım fonksiyonu konturlarına paralel esmektedir. Bazen çevrintili rüzgâr nondivergent rüzgâr ile de karıştırılabilir.

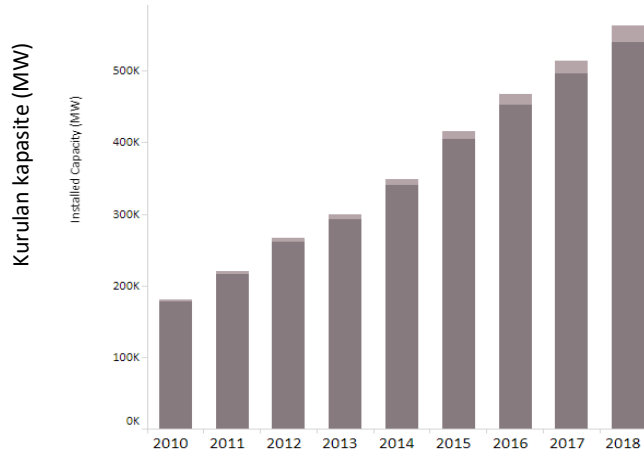
Bugüne değin Türkiye rüzgâr iklimi ile ilgili hesaplama dayalı herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Türkiye’de rüzgâr ile ilgili çalışmalar, daha çok rüzgâr enerjisi ve potansiyeli üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, ortalama rüzgâr hızının sürekliliği ile ilgili bazı istatistiksel çalışmalar vardır. Ortalama rüzgâr hızında zaman içinde bir dönemden diğerine ortaya çıkan değişimlerin giderilmesi için dalgalanma analizi, otokorelasyon fonksiyonu yaklaşımı, koşullu olasılık yaklaşımı ve süreklilik eğrileri yöntemleri ile ortalama rüzgâr hızı sürekliliğini araştırmıştır. Çalışmasında Türkiye’nin Marmara bölgesindeki 20 istasyonu seçmiştir. Daha kapsamlı bir çalışmada, Lavagnini vd. (2005), Akdeniz Havzasının açık deniz rüzgâr klimatolojisini 24 yıllık ölçümlere ait 6 saatlik veri kullanarak incelemiştir. Lavagnini vd. (2005) Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından 1979-1994 yılları arası yeniden analiz edilen rüzgâr verisini (Reanalysis Wind Data) ve 1979-2002 dönemi için gözlenmiş rüzgâr verisi kullanmıştır. AOHTM verisinin kısıtlılığı yüzünden, alternatif olarak sınırlı alan modelini (SAM) uygulamışlardır. Bu çalışmada, Türkiye’nin güneybatı kıyıları rüzgâr enerjisi uygulamaları için uygun bulunmuştur. Ayrıca, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye üzerinde homojen dağılım gösteren 45 adet meteoroloji istasyonunun 1989-1998 dönemine ait saatlik olarak ölçülmüş rüzgâr verilerini kullanarak, WAsP programı yardımıyla Türkiye Rüzgâr Atlasını hazırlamıştır (EİEİ, 2007 ya da 2009). Bu atlas çalışmasında kullanılan istasyon sayısı sadece 5 olduğundan, Türkiye üzerindeki rüzgâr alanlarının dağılımı hakkında verdiği bilgi yetersizdir.

Rüzgâr enerjisi, en hızlı büyüyen yenilenebilir enerjilerinden biridir. Maliyeti düşük olduğu için kullanımı dünya çapında artmaktadır. IRENA’nın son verilerine göre, karada ve açık denizde kurulu küresel rüzgâr üretim kapasitesi son yirmi yılda yaklaşık 75 kat artmıştır. 1997’de 7,5 GW olan üretim 2018 yılında 564 GW’a kadar çıkmıştır. Rüzgâr enerjisi üretimi 2009 ve 2013 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmış ve 2016 yılında rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının ürettiği elektriğin %16’sını oluşturmaktadır. Dünyanın birçok yerinde kuvvetli rüzgâr hızları vardır, ancak rüzgâr enerjisi üretmek için en iyi yerler bazen uzak yerlerdir. Açık deniz rüzgâr enerjisi muazzam bir potansiyel sunmaktadır.

Rüzgâr türbinleri ilk olarak son yüzyılda gelişme gösterdi. 1830'larda elektrik jeneratörünün icadından sonra, mühendisler elektrik üretmek için rüzgâr enerjisini kullanmaya başlamışlardır. Rüzgâr enerjisi üretimi 1887 ve 1888'de Birleşik Krallıkta ve Amerika Birleşik Devletlerinde gerçekleşti, ancak modern rüzgâr gücünün enerji üretiminde kullanılması ilk olarak 1891'de yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin yapılması ile 22,8 metrelik bir rüzgâr türbini 1897'da Danimarka'da geliştirilmiştir.

Rüzgâr, hareket halindeki havanın yarattığı kinetik enerjiyi kullanarak elektrik enerjisine dönüştürür. Bu rüzgâr türbinleri veya rüzgâr enerjisi dönüşüm sistemleri kullanılarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Rüzgâr ilk önce bir türbinin kanatlarına çarparak onlara bağlı türbini döndürmesini sağlamaktadır. Böylece jeneratöre bağlı bir şaftı hareket ettirerek elektromanyetizma yoluyla kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektedir.

Rüzgârdan toplanabilecek güç miktarı türbinin boyutuna ve kanatlarının uzunluğuna bağlıdır. Rüzgâr türbini kapasitesi zamanla artmıştır. 1985 yılında, tipik türbinler 0,05 MW kapasiteye ve 15 m rotor çapına sahipmiş. Günümüzün yeni rüzgâr enerjisi projeleri karada yaklaşık 2 MW ve denizde 3-5 MW türbin kapasitesine sahiptir.

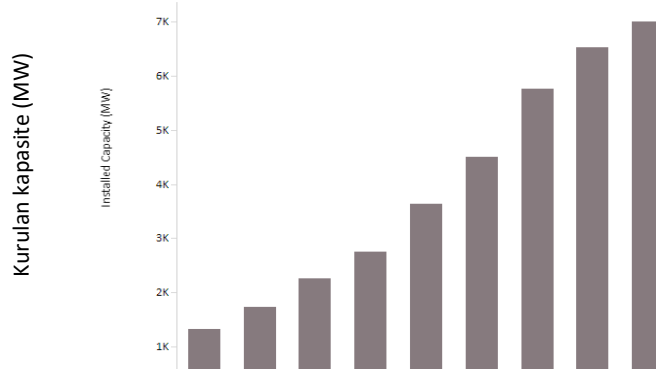


Şekil 1.1 Dünya rüzgâr enerjisi verileri

Ticari olarak temin edilebilen rüzgâr türbinleri, 164 metreye kadar rotor çaplarıyla 8 MW kapasiteye ulaşmıştır. Rüzgâr türbinlerinin ortalama kapasitesi 2009'da 1,6 MW'tan 2014'te 2 MW' a yükselmiştir.

Rüzgâr enerjisinin gelişmesi elektrik gücünün gelişmesiyle birlikte olmuştur. 20. Yüzyıl boyunca paralel patikalar, çiftlikler veya konutlar için uygun küçük rüzgâr istasyonları ve uzaktan güç kullanımı için elektrik şebekelerine bağlanabilecek daha büyük ölçekli rüzgâr jeneratörleri geliştirilmiştir. Bugün, rüzgârla çalışan jeneratörler, yalıtılmış konutlarda akü şarjı yapmak için küçük istasyonlar olarak, ulusal elektrik şebekelerine elektrik gücü sağlayan Gigawatt'a yakın boyutta açık deniz rüzgâr santrallerine kadar her boyutta çalışmaktadır.

1.1. Rüzgârın İnşaat Mühendisliğindeki Yeri ve Önemi



Şekil 1.2 Türkiye rüzgâr enerjisi verileri

1.1.1. Rüzgârın Mühendislikteki Etkisi

Hava akışının hareketine rüzgâr denir. Genel olarak atmosferdeki gaz akışının hareketine de rüzgâr denilebilir.

Rüzgârlar genel olarak; hızlarına, onları yaratan güç türü, etkileyen veya oluşturan coğrafi konumlarına ve güçlerinin derecesine göre farklı kategorilere ayrılmıştır.

a. İklim Bilgileri

Bir binanın, çevresine bağlı olması ve etkilenmesi gerektiğinde iklim modelini anlamak için önemlidir.

b. İklim faktörleri

- 1- Zaman: gece ve gündüz
- 2- Bitki kaplaması ve toprak tipi
- 3- İnsan yapımı yapılar
- 4- Topografya

5- Su kütlelerine yakınlık (Deniz)

i. Rüzgârın Mimarideki Yeri

Rüzgârın mimarideki kullanımını da diğer mühendislikler gibi önemlidir. Rüzgârın yönü ve şiddetinin bilinmesi ve ona göre doğru hesaplamalar yapılması tüm mimarideki işlemleri etkiler.

Hissedilmeyen varlığı; hafifliği, anlık olması, kendi kendine hareket etmesi ve çevrimli hareketinin, hepsi rüzgârın mimari açısından olumlu yönleridir. Eğer rüzgâr tek bir prensip olarak bahsedilirse, şiireseldir ve hatta onda çevrenin sesini de hissedebilirsiniz ancak bunun anlamı o kadar açık değildir.

ii. Yapılarda Rüzgâr Önemi

Rüzgâr, yapılar üzerinde çok fazla etkisi olan güçlü bir kuvvettir. Rüzgârın yapılar üzerindeki iki geniş etkisi vardır: Rüzgârın statik etkisi ve dinamik etkisidir.

Statik yük esas olarak yapının elastik bükülmesine ve kıvrılmasına yol açar. Gökdelenler, yüksek, uzun açıklıklı ve ince yapılar için rüzgârın dinamik analizi gereklidir.



Şekil 1.3 Rüzgârın İnşaat Mühendisliğindeki önemi

Çağdaş mimaride, yüksek binalar ve gökdelenler karmaşık bir tasarıma ve ölçeklendirmeye sahip olmuştur; bu da onları rüzgâr etkileri ve yapıya bağlı kuvvetler için daha büyük bir risk altında bırakmaktadır. Yapıların rüzgâra nasıl tepki verdiği rüzgârın özelliklerine bağlıdır. Eğer bu yapının doğal frekansı ile çakışırsa, o zaman çok fazla hasara ve hatta yapının yıkılmasına yol açabilir.

Bu nedenle, mimari, inşaat ve yapı tasarım mühendisleri, rüzgâr mühendisliği becerileri ve çalışmaları ile güvenli, sürdürülebilir ve uygun maliyetli bir tasarım yaratmalıdır.

Rüzgâr mühendisliği bir endüstri standardıdır ve ilk olarak rüzgârın yapılar üzerindeki dinamik etkisinin incelemek ve aynı zamanda etkiyi azaltmak için tasarımın optimize edilmesinin yollarını anlamak için kullanılmalıdır.

Binalar ve yapılar, yaşamları boyunca doğa ve çevre güçleri tarafından test edilir. Doğru mühendislik uygulamaları ve uygun malzemelerin seçimi, binaların ömrünü artırmaya yardımcı olarak arızalar ile ağır hasarları azaltır.

Rüzgâr basitçe havada hareket etmekte olup, esas olarak rüzgâr enerjisinin kaynağı güneş enerjisinden ve Dünya'nın hareketinden meydana gelir. Rüzgâr veya hareketli hava, önemli kinetik enerjiye sahiptir. Büyük fırtınalarda, ekstra güçlü ağaçları devirip, arabaları hareket ettirebilir.

O yüzden rüzgârın inşaat mühendisliğinde önemli bir yeri olup, çoğu konularda etkisini korumaktadır. Aynı zamanda inşaat mühendisliğindeki hesaplamalarda ve projelendirmelerde de büyük önem taşımakla birlikte inşaatlar yapılmadan önce rüzgârın yönü ve hızı da göz önüne alınarak projeler uygulanmalıdır.

Bu çalışmada, Türkiye'deki sınır katmanı gradyan rüzgârlarının klimatolojik özellikleri (rüzgâr klimatolojisi) incelenecektir. Bunun için, ana çizgileriyle. (a) mevsimsel rüzgâr dağılımlarını temsilen mevsim ortası aylarının rüzgâr ve hâkim rüzgâr desenleri kullanılmıştır. (b) Ortalama rüzgâr hızının diverjan ve rotasyonel bileşenleri hesaplanıp rüzgâr oluşumları ayrıntılı olarak incelenmiştir. (c) Deniz düzeyi basıncı (DDB) desenleri ile rüzgâr oluşumları arasındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır; (d) ayrıca, ilk iki temel bileşene ait yüklemelerin 0,4'den büyük olan değerlerinin alansal dağılımı Türkiye haritasında gösterilerek değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

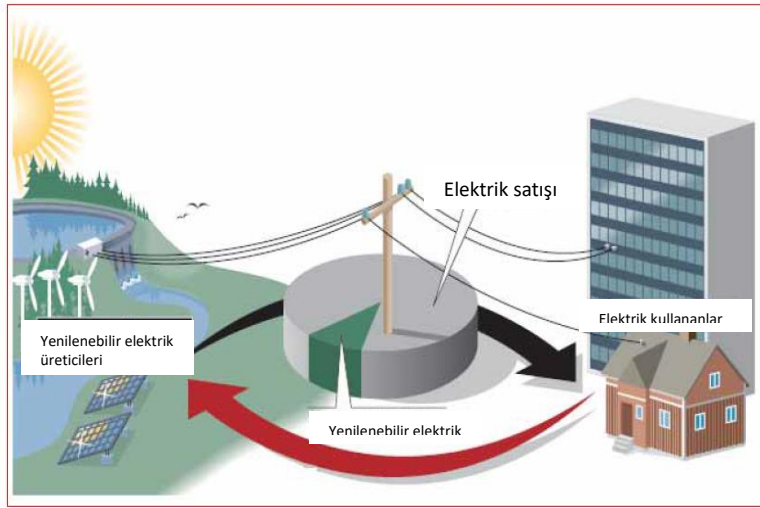
2.1. Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynakları, nükleer enerji, fosil enerji, petrol, kömür ve doğal gaz gibi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr, güneş, jeotermal ve hidroelektrik olarak çeşitlendirilmiştir. Bu birincil enerji kaynakları elektrik hatları ve diğer iletim altyapısı üzerinden evlere ve işyerlerine akan ikincil bir enerji kaynağı olan elektriğe dönüştürülmektedir.

2.2. Rüzgâr Enerji Potansiyeli

2.2.1. Kullanım yeri

Günümüz koşullarında enerji ihtiyacı; hava, su ve gıda gibi temel gereksinimlerimize duyduğumuz ihtiyaç ile eşdeğer düzeydedir. Ancak bugüne kadar çoğunlukla faydalanılan enerji kaynakları hava gibi sınırsız kaynaklar olmayıp, fosil kökenli enerji kaynaklarıdır. Fosil kökenli konvansiyonel enerji kaynakları artık tükenme sınırına yaklaşmış ve bu durum insanoğlunu enerji savaşlarına, yeni kaynak arayışlarına ve sürdürülebilir kaynaklar için çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Halen devam eden bu çalışmaların sonucunda yenilenebilir enerji kavramı ortaya çıkmış ve aldığı girdiyi tüketmeyen sistemleri tasarlanmaya başlanmıştır. Bu sistemler temel olarak güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidro enerji, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, dalga enerjisi ve hidro enerji sistemleri olarak sıralanabilir.



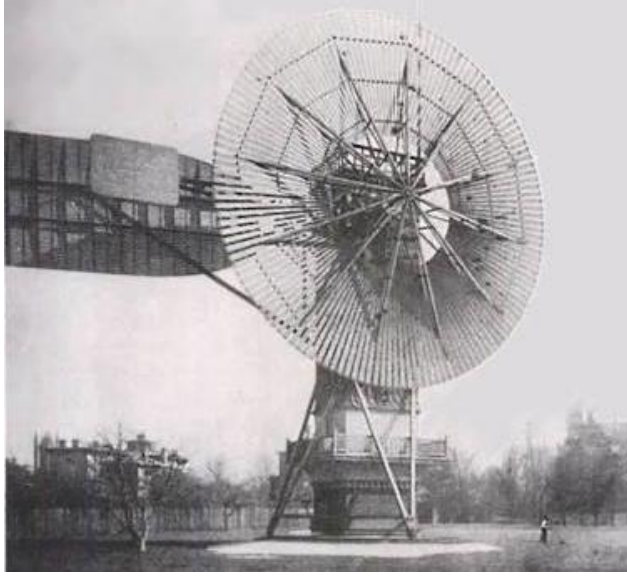
Şekil 2.1 Dünya genelinde kullanılan enerji kaynakları

Tükenmeyen bir kaynak olan rüzgârdan faydalanarak atık çıkarmadan enerji üretilmesine rüzgâr enerjisi sistemleri denir. Rüzgârın nasıl oluştuğu ve enerji üretilmesi için minimum gereklilikler gibi temel hususlar ilerleyen kısımlarda anlatılacaktır.

2.2.2. Tarihçe

Rüzgâr enerjisi tarihi, resmi olmayan kaynaklara göre MÖ 2800'lü yıllara kadar, bilinen somut kanıt ve kayıtlara (Ali el-Tabari ve Ali el-Mesudi tarafından kaleme alınan yazılar) göre MÖ 700'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Milattan önceki devirlerde yelkenli gemilerin yözdürülmesi, yeraltı sularının yer yüzeyine çıkarılması ve buğday vb. tahılların öğütülmesi gibi amaçlar için rüzgâr enerjisinden faydalanılmıştır. Bu tip uygulamaların Çin, Tibet, Hindistan, Afganistan ve İran gibi Asya ve Doğu medeniyetleri tarafından gerçekleştirildiğine dair ilk yazılı bilgiler MÖ 200 ~ 300 yıllarına dayanmaktadır. Özellikle İran'da bulunan yel değirmenleri Haçlı Seferleri ile beraber Batı'ya taşınmıştır.

Batıda ilk olarak 11. Ve 12. yüzyılda İngiltere, Almanya ve Hollanda'da yel değirmeni kullanımına rastlanmıştır. Avrupa'da Ortaçağ dönemlerinden bugüne dek 6 kullanılan yel değirmenleri tahıl öğütmek ve kuyulardan su çekmek amacı ile kullanılmış olup Hollanda ve Akdeniz'deki birçok adada örneklerine rastlanabilir. Amerika'da ise 1800'lü yıllarda çiftliklerde su çekme amacı güden yel değirmenleri geliştirilmeye başlanmıştır. Ülkemizde ise Asya ve Doğu medeniyetlerinde olduğu gibi yel değirmenlerinin su çekme ve tahıl öğütme amacıyla kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise hemen hemen eş zamanlı olarak 19. Yüzyıl sonlarına doğru Amerika ve Danimarka'da başlamıştır.



Şekil 2.2 Charles Francis Brush'un rüzgâr türbini

1887 Haziran ayında İskoç akademisyen James Blyth rüzgâr enerjisi deneylerine başlamış ve rüzgâr enerjisiyle çalışan bir pil şarj cihazı geliştirerek İngiltere'de patentini almıştır. 1887-88'de Amerika Birleşik Devletleri'nde, Charles Francis Brush 17 metre çapında rotoru olan bir yel değirmeni kullanarak elektrik üretimini gerçekleştirmiştir. 1890'larda Danimarkalı bilim adamı ve mucit Poul La Cour elektrik üretmek için günümüzde kullanılan üç kanatlı rüzgâr türbinlerini inşa etmiştir.

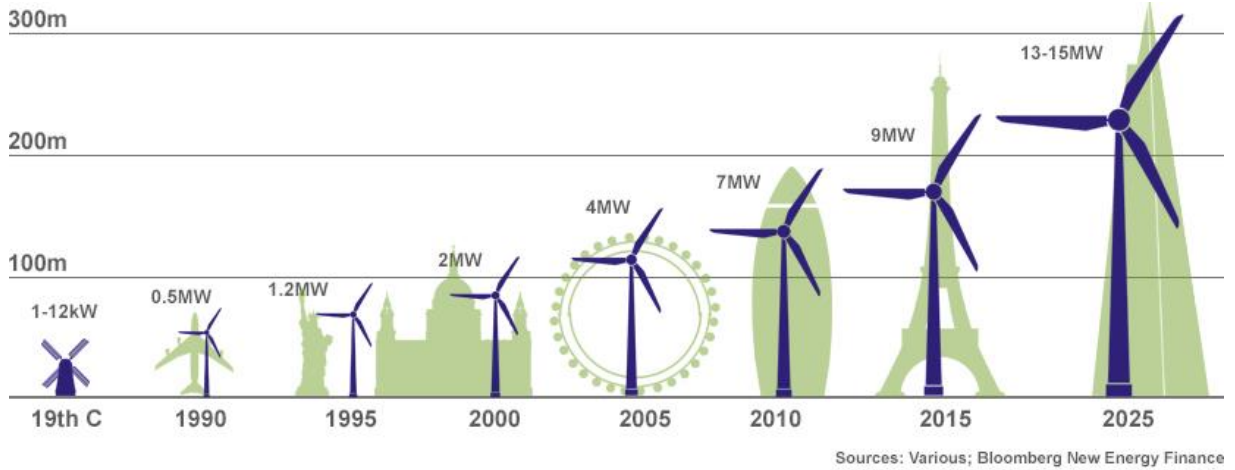


Şekil 2.1 Poul La Cour'ın üç kanatlı rüzgâr türbinleri

2.2.3. Günümüzde Rüzgâr Türbinleri

Danimarkalı bilim adamı Poul La Cour, çalışmaları ile daha hızlı dönen rotora sahip türbinlerin daha çok güç ürettiğini farketmiş ve aerodinamik olarak şekillendirilmiş 4 kanatlı bir rüzgâr türbin kullanarak bir test tesisi kurmuştur. La Cour 'un bilimsel başarısını Lykkegard isimli şirket ticari alana taşımış ve 1. Dünya Savaşı ile artan petrol fiyatları sebebiyle rüzgâr türbinleri ile elektrik üretmek Danimarka'da oldukça popüler hale gelmiştir. Bu sırada "Aeromotor" adını vererek yapan F. L. Smidth isimli yeni bir üretici pazara girerek ilk etapta 2 kanatlı 12 adet rüzgâr türbini kurmuş ve bu türbinlerin dinamik karakteristiklerinde sorunlar yaşayınca günümüzde yaygın olarak kullandığımız üç kanatlı tipteki rüzgâr türbin tasarımını yapmıştır. İlk üç kanatlı rüzgâr türbini 24 m rotor çapına sahip olup ve 10 m/s rüzgâr hızında yaklaşık 70 kW güç çıktısı veren türbin olarak icat edilmiştir.

Üç kanatlı rotor tasarımı ve rotor hızının artmasıyla artan kapasite bilgisi kullanılarak daha yüksek kule boyları, daha büyük rotor çapları ile daha büyük güç çıktıları elde edilmiş ve halen geliştirilmeye açık olan bu alanlar üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Günümüzde en çok faydalanılan Rüzgâr türbin modeli üç kanatlı, yatay eksenli ve kapasitesine göre kule yüksekliği ve rotor çapı ölçüleri değişen tiptedir. Günümüzde Rüzgâr türbinlerinin geldiği nokta şöyle ifade edilebilir; tarihteki ilk örneğinin rotor çapı 24 m iken bugün rotor çapı 150 m'lere ulaşan 7 MW güç çıktısı veren üç kanatlı Rüzgâr türbinleri kullanılmakla beraber halen gelişmeye devam etmektedir.



Şekil 2.2 Rüzgâr türbin boyutlarının yıllara göre değişimi

2.3. Rüzgâr Olayı

2.3.1. Atmosfer

Atmosfer, hemen hemen $5,1 \cdot 10^{18}$ kg miktarındaki gazların karışımından meydana gelen ve Dünya'mızın çevresini yaklaşık 15 km kalınlığında saran bir gaz tabakasıdır. %98'i Azot (N) ve Oksijen (O₂) tarafından oluşturulan atmosferde CO₂ (%0,05) ve su buharı da (H₂O %0,01-3) bulunur. H₂O atmosferde buz, su damlası ve buhar olmak üzere bütün fazlarda bulunabilir. CO₂ miktarı yere ve zamana göre oldukça sabit iken, su buharı miktarı bölgeden bölgeye belirgin şekilde değişir. Genelde sıcaklığın yüksek olduğu tropikal bölgelerde daha fazla, soğuk bölgelerde ise daha az su buharı vardır. Yoğuşma işlemlerinde buharlaşma gizli ısısının açığa çıkması, tropikal ve ekstra tropikal siklonlar gibi hava sistemlerinin gelişiminde kuvvetli olarak etki yapan önemli bir ısı kaynağıdır.

2.3.2. Rüzgârın kaynağı ve oluşumu

2.3.2.1. Dünya'nın şekli ve hareketleri

Dünya'nın iki çeşit hareketi vardır; kendi eksenini etrafında ve güneş'in etrafında belli bir yörüngede döner. Dünya'nın kendi eksenini etrafından dönmesi sonucu gece ve gündüz oluşur. Dünya'nın, güneş çevresindeki yörüngede dönmesi sonucu ise mevsimler oluşur.

Dünya, kutuplardan basık ve ekvator düzleminde şişik elipsoidal geometriye sahiptir. İki kutubu birleştiren hayali düz çizgiye yer eksenini denir. Bu eksen Ekvator düzlemine diktir ancak güneş etrafında izlediği yörünge düzlemine dik değildir; ikisi arasında 66°33'lık bir açı bulunur. Bu sebeple Ekvator düzlemi ile yörünge düzlemi birbirleriyle çakışmaz ve güneş ışınları bir yere yılın her günü aynı açıyla düşmez. Bu durum bölgelerin birbirinden ve gündün güne farklı düzeyde ısınmasına sebep olur. Bunun yanı sıra dünya yüzeyinin girintili çıkıntılı olması ve homojen kalınlıkta olmayan yer kabuğu da ısınma düzeylerinin farklı olmasında rol oynar. Güneş sabiti yaklaşık olarak 1400 W/m^2 olup Dünya'da yatay bir yüzeye ulaşan enerji miktarı Dünya'nın elipsoidal şeklinden ötürü kutuplara doğru azalır. Yer yüzeyi tarafından absorblanan enerjiyi etkileyen diğer faktörler bulutluluk ve yüzeyin albedosudur.

Farklı düzeyde ısınmalar sıcaklık farklarına, sıcaklık farkları da basınç farklarına sebep olurlar. Bilindiği üzere akışkan maddeler basınç farkı olan durumlarda yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine doğru hareket ederler. Hava kütlelerinin de basınç farklarından ötürü hareket ederek yer değiştirmesi olayına Rüzgâr denir.

Atmosferdeki toplam enerji potansiyel ve kinetik enerjiye olarak ikiye ayrılır. Rüzgârlar, atmosferin sahip olduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesinin sonucunda oluşurlar, yani temel olarak basınç kuvvetlerinin ürünüdür.

2.3.2.2. Dünya'daki Rüzgâr sistemleri

Atmosferdeki rüzgâr olayını tetikleyecek dört adet kuvvet türü mevcuttur (Barutçu, B. 2013):

- Basınç gradyan kuvvetleri
- Coriolis kuvveti
- Geniş çaplı dönme hareketinden ötürü meydana gelen atalet kuvvetleri
- Yer kabuğundaki sürtünme kuvvetleri.

2.3.2.3. Basınç gradyan kuvvetleri

Gradyan; belirli bir aralıktaki değişim olarak tanımlanabilir. Basınç gradyanı, basıncın belirli bir mesafedeki değişimidir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$P = \Delta p / \Delta n$$

2.4. Dünya'da Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Dünya çapında rüzgâr enerjisi üretim teknolojileri kıyılarına kurulmuştur. Son zamanlarda özellikle Avrupa'da açık deniz rüzgâr santralleri destekleyici hükümet politikaları sonucunda daha yüksek pazar payları elde etmiştir. Daha yüksek rüzgâr hızları ve daha düşük pürüzlülük sınıflandırmalarının koşulları yerine getirildiği sürece denizdeki yerler daha fazla rüzgâr enerjisinden faydalanmaya izin verir ve böylece fazla elektrik enerjisi üretir.

Dünyanın en büyük rüzgâr enerjisi üreticisi Çin'dir. Çin, dünya rüzgâr enerjisinin büyük bir bölümüne (%31) sahiptir ve bunu Amerika, Almanya, İspanya ve Hindistan izlemektedir. Türkiye dünyadaki rüzgâr enerjisi gücü bakımından ilk 10'da yer almaktadır. Aşağıdaki

şekillerde görüldüğü gibi, Türkiye dünyada kurulu olan rüzgâr enerjisi santrallerinin %1,6'sına sahiptir. %45,2 ile rüzgâr santrallerinin en büyük payı halen Çin'e aittir.

Mevcut enerji tüketimi 2020'de iki katına çıkarsa, dünya elektrik tüketiminin %12'sinin rüzgâr enerjisi ile sağlanacağı konusunda ileriye dönük çalışmalar yapılmıştır. 2015 verilerine göre Türkiye'de rüzgâr enerjisinin ürettiği her türlü enerjinin payı %5,7'dir. 2020'de hedeflenen %12 hedefine ulaşmak yolundadır. Sürdürülebilir bir enerji politikası için sürdürülebilir kalkınmaya ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir enerji politikaları, temiz ve sonsuz olan rüzgâr enerjisine ihtiyaç duymaktadır.

2.5. Türkiye'de Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Türkiye uzun zaman önce rüzgâr enerjisi ile tanışmıştır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde tahılların öğütülmesi ve sulama amacıyla yel değirmenleri inşa edilmiştir. Anadolu'da yel değirmenlerinin yapıldığı ve bu yerlerin restore edildiği ve korunduğu birçok yer vardır. Enerji üretimi ulusların modernleşmesinde kilit nokta olup, tüketilen veya üretilen toplam enerji miktarı ülkelerin ekonomik ve teknolojik gelişme açısından farklılıklarını belirler.

Türkiye aynı zamanda, 18 Mayıs 2005 tarihinde yürürlüğe giren Elektrik Enerjisi Üretimi için Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı Hakkında 5346 sayılı Kanun ile ilk yenilenebilir enerji yasasını da yürürlüğe koymuştur. Talebin her yıl yaklaşık %9 artması Türkiye'nin mevcut tüm kaynakları kullanmasını şart koşmuştur. Coğrafi konumu nedeniyle Türkiye, farklı alanlarda potansiyel rüzgâr enerjisi üretim olanaklarına yol açan farklı hava kütlelerinin etkisi altında olup; Özellikle, Balkan Yarımadası ve Karadeniz'in kuzeybatı rüzgârları kış döneminde güçlü rüzgârlar sağlamaktadır.

Türkiye kuzeyde Karadeniz, batıda Marmara ile Ege Denizi ve güneyde Akdeniz ile çevrili olup, ülkenin yaklaşık 8500 km uzunluğunda bir sahil şeridi vardır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) rakamları,

Türkiye'deki son resmi bilgilere göre, 2006 yılında kurulu elektrik gücü kapasitesi 40,565 MW, elektrik talebindeki yıllık artış oranı %8-10 civarındadır. Türkiye 2006 yılında 169,500 GWh elektrik üretmiş ve 143,070 GWh tüketmiştir. Geleneksel termal kaynaklar,

Türkiye'nin elektrik arzındaki en büyük payını kapsamaktadır. Bu kaynaklar ağırlıklı olarak linyit, taş kömürü, akaryakıt ve doğal gazdır. Yıllık enerji üretimi ve kurulu güç kapasitesi açısından rüzgâr enerjisi hızla büyümekte olan yeni doğmuş bir kaynaktır.

Türkiye 90'lı yılların ortasında elektrik enerjisini rüzgâr enerjisinden üretmeye başlamıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu gücü 2018 yılı sonunda 7369,35 MW' tır (2023 yılında hedefi 20000 MW rüzgâr enerji üretmektir). Yapılan planlamaya göre rüzgâr enerjisi 2003 yılında %0,1 (19MW) olan payı hızla artarak 2014 yılında %6 (3424MW) ve 2020 yılında ise %10,6 (9249MW) oranında olacağı tahmin edilmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi; Coğrafi dağılımlara bakıldığında daha önce kurulan rüzgâr türbinlerinin Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde diğer bölgelere göre yoğun olduğu görülmektedir.

Mart 2001'de, Türk hükümeti, elektrik üretimi ve dağıtım faaliyetlerinin serbestleştirilmesine zemin hazırlayan yeni bir Elektrik Piyasası Kanunu çıkarmıştır. Kanun uyarınca devlete ait olan Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Kurumu (TEAS), nihai özelleştirme amacıyla ayrı üretim, dağıtım ve ticaret şirketlerine ayrılmıştır. Elektrik iletimi (TEİAŞ ve TEDAŞ) devlet tarafından yürütülmeye devam etmektedir. Yeni yasa ayrıca, enerji sektörünü ve doğal gaz piyasalarını denetleyen, tarifelerin belirlenmesinden lisansların verilmesin ve rekabetin sağlanmasından sorumlu olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nu (EPDK) da oluşturmuştur. 18.05.2005 tarihli ve Elektrik Enerjisi Üretimi Kanununa Yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı'' kapsamında üretici tesisler için teşvik yöntemleri belirlenmiştir. Bu gözden geçirilmiş yasaya göre; Türk hükümeti, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan tesislerden 10 yıl boyunca elektrik satın almayı güvence altına almıştır. Tarifeler, 5,0-5,5 € cent/ KWh arasında belirlenmiştir. Ancak serbest piyasada üreticiler daha yüksek tarifelerle düzenlemeler yapabilmektedir.

Elektrik İşleri Anketi İdaresi (EIEI) ve Devlet Meteoroloji Müdürlüğü (DMI) 2006 yılında REPA adlı bir Türk Rüzgâr Enerjisi Atlası hazırladı. Bu haritanın rüzgâr enerjisi sektörünün gelişimi üzerinde olumlu bir etkisi olmuştur. REPA, 200m * 200m çözünürlükte DMI tarafından toplanan uzun zamanlı rüzgâr verisine sahip farklı yazılımlar kullanılarak derlenmiştir. Ortalama rüzgâr hızına, rüzgâr gücü yoğunluğu verisine bağlı olarak rakımlardaki değişkenlikle ulaşılabilir. REPA, 30m, 50m, 70m ve 100m irtifalardaki rüzgâr hızı verilerine,

verilerin korelasyonuna, 30m ve 50m irtifalardaki rüzgâr enerjisi yoğunluğu verilerine, kapasite faktörünü, sıcaklık ve basınç verilerini kapsayan bir erişim sağlar.

Şu anda gerçekleştirilen rüzgâr ölçümleri, 3096 sayılı yasa ile düzenlenen Yapı İşlet ve Devret modeli (YİD) altındaki özel projeler için yapılmıştır. Rüzgâr enerjisi projelerinin geliştirilmesini teşvik etmek için, Bakanlık belirli yenilenebilir enerjiye izin verecek bir yasa tasarısı hazırlanmaktadır. Bu projeler, Build Operate modeli (BO) kapsamında özel sektör tarafından gerçekleştirilecek projelerdir. Taslak yasa ayrıca, BO modeli kapsamında gerçekleştirilen yenilenebilir enerji projelerine vergi teşvikleri uygulama hükümlerini de içermektedir.

Bir fizibilite raporuna dayanarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bir rüzgâr enerjisi projesini onaylar ve devlete ait tesis tarafından satın alınacak olan rüzgâr enerjisinin geri ödenmesini tanımlar. Bir projenin başlangıcından bakanlığın kesin onayına kadar birkaç adım atılmalıdır. Öncelikle bir başvuru raporu bakanlıkça kabul edilmelidir. Rapor kabul edilirse, saha enerji potansiyelini ilk kez belirtmek için altı aylık bir rüzgâr ölçümü yapılmalıdır. Enerji potansiyeli için olumlu bir sonuca ulaşmak için, rüzgâr ölçümüne en azından bütün bir yıl boyunca devam edilmelidir. Böylece, projenin daha detaylı tasarımı başlatılabilir. Teorik olarak hesaplanan uzun vadeli rüzgâr potansiyeli ile bir yıllık ölçümleri mevcut rüzgâr ölçüm istasyonlarının değerleri karşılaştırarak elde edilen nihai bir fizibilite raporu hazırlanmalı, projenin değerlendirilmesi ve nihai onayı için bakanlığa gönderilmelidir.

Çevre ile ilgili olarak, Çevre ve Orman Bakanlığı küresel sera gazı (sera gazı) emisyonlarını azaltmaya yönelik Kyoto Protokolü'nün imzalanması konusunda yazılı bir açıklama yapılmıştır. Yenilenebilir enerji sektöründe yer alan şirketler müzakerelerin 2009 yılında başladığından heyecan duymuştur. Kyoto Protokolü, şirketleri çeşitli iş alanlarına daha fazla yatırım yapmaya zorlamıştır, ancak uzun vadede Protokol'ün sektörü olumlu yönde etkileyeceği tahmin edilmektedir.

Türkiye büyük bir yenilenebilir enerji kaynağı potansiyeline sahiptir. Bunlar; Güneş, hidro, jeotermal ve rüzgâr enerjisidir. Bunun dışında; rüzgâr santrallerini inşa etmek için Türkiye'deki geniş kıyı şeridini kullanmalıdır.

Son olarak, Türkiye'deki yasal düzenlemeler yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden bir noktaya gelmiştir. Bu idari koşullar, rüzgâr enerjisi kullanımının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

1989 yılında Avrupa Rüzgâr Atlası Metodolojisi kullanılarak referans istasyon olarak yaklaşık 20 meteorolojik istasyon onaylanmıştır. Bugün 100'den fazla özel yatırımcı kendi rüzgâr alanlarını ölçmektedir. Diğer ölçümler, Türkiye'nin çeşitli yerlerinde EIEI (Elektrik İşleri Anketi İdaresi) tarafından yapılmaktadır. Şiddetli rüzgâr bölgeleri için, Devlet Meteoroloji Müdürlüğü'nün uzun vadeli ölçümlerinden elde edilen zemin seviyesinden 10m yüksekliğe kadar yıllık rüzgâr hızı ortalamaları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 2.1.1. Türkiye'deki rüzgâr istasyonlarında hava istasyonları tarafından ölçülen bazı yerler

Site	m/s	Site	m/s	Site	m/s	Site	m/s
Kumköy	5.3	Çanakkale	5.1	Bandırma	6.4	Sinop	5.2
Çeşme	3.8	Datça	5.8	Antakya	4.7		

Diğer ülkelerdeki deneyimlerin gösterdiği gibi, hava istasyonlarının ölçümleri ilgili bölgelerdeki rüzgârlı alanlar için temsili olmamalı rüzgâr enerjisinden başka amaçlar için de kullanılmalıdır.

Hava durumu istasyonu değerlerine dayanarak, Türkiye'nin tahmini teknik rüzgâr enerjisi potansiyelinin Türkiye'nin mevcut elektrik tüketiminin yaklaşık iki katı olduğu söylenebilir. Bu nedenle, Türkiye'deki rüzgâr türbinlerinde 7000 MW'lık enerji tesisatının yukarıda belirtilen uzun vadeli hedefi mümkün ve gerçekçi olabilir.

İlk 1,7 MW rüzgâr santrali Demirer Holding tarafından 21 Şubat 1998'den beri Çeşme yakınlarındaki Geminyan Köyü'nde işletilmektedir. Özel yatırımcıların ve geliştiricilerin, rüzgâr çiftlikleri inşa etmeleri ve devlet kuruluşuna enerji satmaları konusundaki büyük ilgisinin ilk işaretidir. Özel YİD projeleri için birçok rüzgâr ölçümü gerekli son fizibilite raporlarının temelini almak için şu anda yapılmaktadır. Farklı onay adımlarına bölünmüş aşağıdaki rüzgâr çiftliği projeleri:

Rüzgâr santralleri ile görüşmeleri devam eden sözleşmeleri:

7,2 MW, Çeşme Alaçatı

Bakanlığın değerlendirmesinde fizibilite raporu olan rüzgâr santralleri:

2x25 MW, Kocadağ

5 MW, Bozcaada

Fizibilite / revize edilmiş fizibilite raporu hazırlayan rüzgâr santralleri:

30 MW, Çanakkale 15 MW, Yaylaköy

43,5 MW, Kocadağ 12 MW, Şenköy

30 MW, Akhisar 12 MW, Çeşme

Uygulama aşamasında olan diğer rüzgâr santralleri (ilk yıl):

15 MW, Yalıkavak 30 MW Datça

15 MW, Beyoba 15 - 50 MW Karabiga

15 MW, Lâpseki 20-35 MW Kapıdağ

15 MW, Bandırma 5 - 7 MW Karabiga

22,5 MW Karaburun 20 - 30 MW Belen

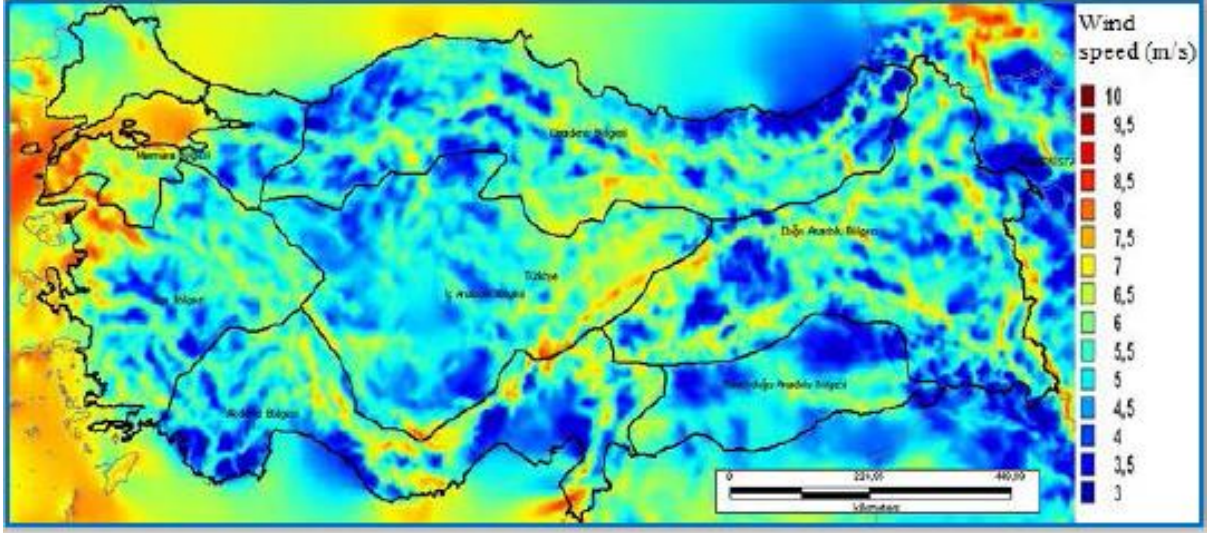
15 MW Datça 12 MW Karabiga

186 MW Mazıdağ 70 - 100 MW Yellica Belen

750 MW ile birlikte bu projelerin tümü, Türkiye'de rüzgâr enerjisi ile bağımsız enerji üretimine yatırım yapmak için özel sermayenin kayda değer bir ilgisinin var olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de toplam kurulu kapasite 2015 yılın sonuna kadar 4,4984 MW'a ulaşmıştır. 2019 yılında 113 rüzgâr santralinden 11,543050 MW elektrik üretilmiştir. Rüzgâr enerjisi potansiyeli atlası (REPA), Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelini belirlemek için 2006 yılında Elektrik Enerjisi Kaynakları ve Geliştirme İdaresi tarafından hazırlanmış ve çizelge 2.5'te verilmiştir.

Şekil 2.3 Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli atlası



REPA'ya göre, Türkiye'nin en etkileyici bölgeleri Batı bölgesi ve Marmara bölgesi olup rüzgâr hızının 50 metre yükseklikte 7 m/s'den yüksek olduğu bölgelerde üretilen 48,000 MW'lık bir potansiyelden 130 milyar KWh elektrik elde edilebilir.

Çizelge 2.1.2. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli

RÜZGÂR DÜZEYİ	RÜZGÂRIN SINIFLANDIRILMASI	50M YÜKSEKTE RÜZGÂR GÜÇ YOĞUNLUĞU (W/m ²)	50M YÜKSEKLİKTE RÜZGAR HIZI (m/s)	TOPLAM ALAN (km ²)	ALANIN ORANI	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)
Ortalama	3	300-400	6,5-7	16781,39	2,27	83906
İyi	4	400-500	7-7,5	5851,87	0,79	29259,36
Çok İyi	5	500-600	7,5-8	2598,86	0,35	1299432
Harika	6	600-800	8-9	1079,98	0,15	5399,92
İnanılmaz	7	>800	>9	39,17	0,01	195,84
Toplam				26351,28	3,57	131756,40

Ortalama rüzgâr enerjisi potansiyeli de dikkate alındığında, bu potansiyelin toplam alanının Türkiye'nin %3,57'sine tekabül ettiği ve Türkiye'de toplam 131,75640 MW'lık potansiyel bulunduğu görülebilir.

Mevcut uygulamalar, Türkiye'deki rüzgâr enerjisinin gelecek vaat eden bir alternatif olduğunu ve Türkiye elektrik piyasasının yeniden yapılandırılmasının ardından önümüzdeki yıllarda rüzgâr enerjisinin güçlü gelişiminin devam etmesinin beklendiğini göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi komitesine göç Ege bölgesinde yoğunlaşan gücün %41'inin kanıtlanmış olduğunu ve gücün %40'ının İzmir il sınırları içinde yoğunlaştığı söylenebilir. Mevcut gücün 312,4 MW'ına karşılık gelen bu oran, yıllık 826.500.000 kwh elektrik enerjisi üretimine işaret etmektedir. Ayrıca, Ege bölgesinden elde edilen rüzgâr elektriği 2.000.000.000 kwh / yıl olup İzmir'in yurt içi elektrik enerjisi talebini karşılaması için yeterlidir.

Kentlerin Güneydoğu Anadolu bölgesindeki rüzgâr gücünün hız dağılımı göz önüne alındığında, Hatay'ın o bölgede rüzgâr gücü açısından en avantajlı olduğu görülebilir. Yapılan çalışmalar sonucunda Hatay'ın oluşturduğu rüzgâr enerjisi gücünün doğrulandığı kanıtlanmıştır. Ayrıca, Osmaniye'de 135 MW'lık güç üreten Gökçedağ RES'in, 143MW'lık güç üreten Balıkesir RES'in ve 141MW'lık güç üreten Soma RES'in ardından Türkiye'nin üçüncü büyük rüzgâr enerjisi santrali olduğu tespit edilmiştir.

Marmara bölgesindeki konum nedeniyle Çanakkale'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli öne çıkmaktadır. Çanakkale'de kurulacak güç kapasitesinin toplamının 13.012 MW olduğu teyit edilmiştir.

Çizelge 2.1.3. Alternatif enerji türleri

Alternatif Enerji Tipi	Kaynak/Yakıt
Nükleer Enerji	Uranyum vb.
Güneş Enerjisi	Güneş
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Deniz
Doğal Gaz	Yer altı Kaynakları
Jeotermal Enerji	Yer altı suyu
Hidro Enerji	Nehirler ve Barajlar
Hidrojen	Su ve Hidroksitler
Biyomas, Biyodizel, Biyogaz	Biyolojik Atık ve Yağlar
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr

Ülkemizin 21. yüzyılda sınırlı kaynaklarla sanayileşmesi nedeniyle büyüyen nüfus ve enerji ihtiyacı karşılanamamaktadır. Enerji üretimi ve tüketim arasındaki boşluk hızla artmaktadır. Bu nedenle, fayda sağlamak için kendi kaynaklarımızdan daha etkin bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışı karşılamak için, yenilenebilir enerji kaynaklarından rasyonel bir tabloda yararlanmanız gerekecektir. Bunun için kamu yatırımlarının arttırması gerekmektedir. Bu da özel sektör yatırımlarının kaydırılmasında da faydalı olacaktır.

Kirletici olmayan enerji üretim sistemlerinin geliştirilmesi ve temiz üretim sistemlerinin kullanılması akıllıca olacaktır. Bu nedenle, geleneksel enerji kaynaklarına ek olarak güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, deniz dalgası enerjisi olarak bilinen yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Bugün dünya yenilenebilir enerji kaynakları yılda bir milyon kWh üretim kapasitesine ulaşmıştır. Gün geçtikçe artan rüzgâr

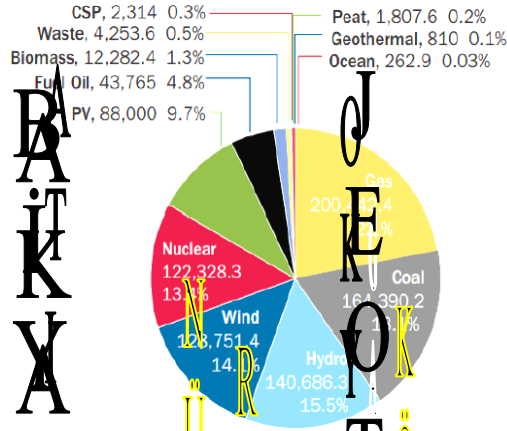
enerjisi, dünyanın en önemli enerji kaynaklarından biri olmakta ve üretim artırmak yolunda çalışmalar devam etmektedir.

Çizelge 2.1.4.'te gösterildiği gibi, rüzgâr enerjisi üretim kurulu gücünün toplam enerji üretimindeki payı, 30 Eylül 2015 tarihi itibarıyla verilere bakılarak Türkiye'deki toplam enerji üretiminin %5,7'dir. Türkiye'de 106 ünite rüzgâr santrali bulunmaktadır.

Çizelge 2.1.4. Türkiye'de enerji türünün dağılımı

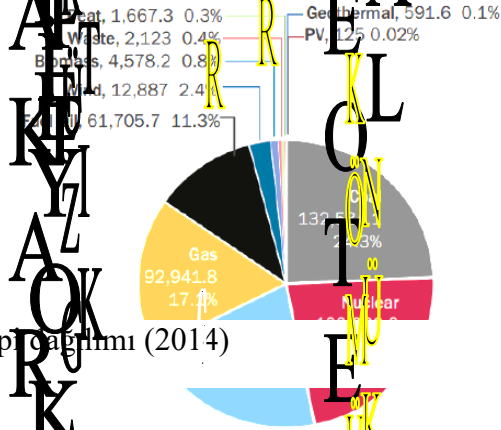
YAKIT TÜRLERİ	KURULU GÜÇ (MW)	KATKI (%)	BİTKİ SAYISI (PARÇA)
YAKIT YAĞ + DİZEL	742,3	1,0	15
KÖMÜR + LİNİT	8.729,4	12,1	25
İTHAL KÖMÜR	6.064,2	8,4	8
DOĞAL GAZ + LNG	21.495,7	29,8	240
Atık + Pirolitik Yağ	320,5	0,4	66
ÇOK YAKIT (KATI + SIVI)	657,8	0,9	7
ÇOK YAKIT (SIVI + N. GAZ)	3.883,8	5,4	38
JEOTERMAL	581,4	0,8	17
HİDROLİK (BARAJ)	18.126,2	25,1	89
HİDROLİK (DENİZ)	7.231,6	10,0	451
RÜZGÂR	4.144,2	5,7	106
GÜNEŞ (SINIRSIZ)	178,6	0,2	279
TOPLAM	72.155,6	100,0	1.341

Şekil 2.6 ve şekil 2.17, 2014 yılında Avrupa'daki rüzgâr enerjisi üretiminin toplam enerji



üretimindeki payının %14,1 olduğu görülmektedir. Rüzgâr enerjisi üretimi 2000 yılında % 2,4 Şekil 2.4 Avrupa enerji tipi dağılımı (2000)

idi. Sadece 14 yılda %14'e ulaşmıştır. Bu, rüzgâr enerjisinin önemini ve dünya enerji arzına katkısının olduğunu göstermektedir.

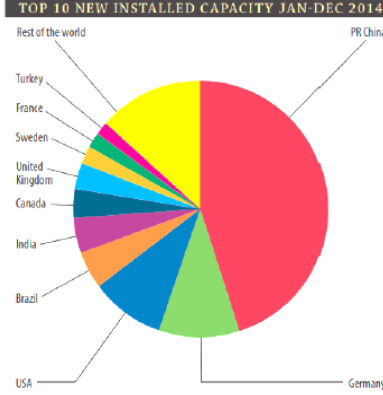


Şekil 2.5 Avrupa enerji tipi dağılımı (2014)

Türkiye dünyadaki rüzgâr enerjisi gücü bakımından ilk 10'da yer almaktadır. Aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi, Türkiye dünyada kurulu olan rüzgâr enerjisi santrallerinin %1,6'sına sahiptir. %45,2 ile rüzgâr santrallerinin en büyük payı halen Çin'e ait olmuştur.

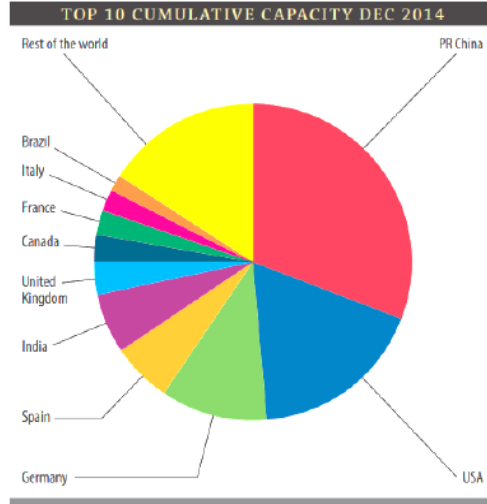
2.6. Rüzgâr Enerji Santralleri

Türkiye'de bulunan 172 adet Rüzgâr Enerji Santralının toplam kurulu gücü 5798,39 MW'dır, 2016 yılında ise Rüzgâr Enerji Santralleri ile 1.5369.55 MW saat elektrik üretimi



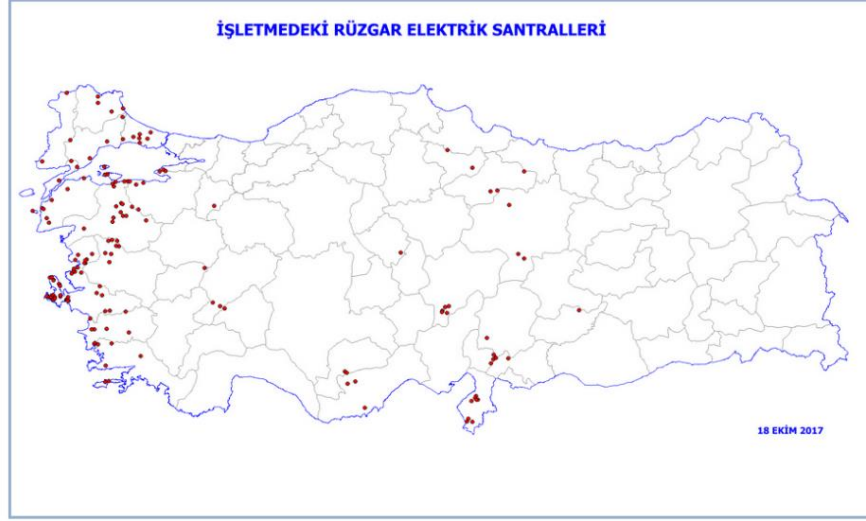
yapılmıştır.

Şekil 2.8 Dünyadaki toplam dünya rüzgâr enerjisi gücü (2014)



Şekil 2.12.9 Dünyada kurulmuş rüzgâr enerjisi gücü (2014)

Türkiye’de ilk rüzgâr santrali 1998 yılında İzmir ilinde kurulmuştur. Devreye alınan 192 santralin bir kısmı henüz lisans kurulu gücü kadar kurulu güce erişmemiş olup inşası devam etmektedir. Bu kapsamda bir kısmı devreye alınan santrallerin de tam kapasite ile devreye girmesi ile 496 MW kapasiteli ilave rüzgâr türbini devreye girmiş olacak ve kurulu güç 7521 MW kapasiteye ulaşacaktır.



Şekil 2.10 Türkiye’deki işletmede olan rüzgâr elektrik santralleri

Ayrıca henüz hiçbir ünitesi devreye alınmayan fakat kurulumunda ilerleme kaydedilen (yani yatan lisanslar hariç) 77 santralin lisans kapasitesi de 1020 MW’dır. Bu bağlamda kısmen devreye alınan ve inşaatında ilerleme kaydedilen projelerin tümü tamamlandığında Türkiye rüzgâr santrali kurulu gücünün 8541 MW düzeyine çıkacağı görülmektedir. Bugün itibariyle EPDK’dan lisans ve ön lisans alan tüm RES’ler devreye girdiğinde ülkemizin rüzgâr kurulu gücü ve tüm elektrik tüketiminin %12’si rüzgâr santrallerinden karşılanabilecektir. Ayrıca EPDK tarafından 2018 yılı sonuna kadar 3000 MW daha rüzgâr santrali başvurusu kabul edilecektir.

Çizelge 2.5. Rüzgâr Enerji Santralleri Profili

Rüzgâr Enerji Santralleri Profili	
Kayıtlı Santral Sayısı	192
RES Kurulu Güç	7.010 MW
Kurulu Güce Oranı	% 7,91
Yıllık Elektrik Üretimi	~ 17.707 GWh

Üretimin Tüketime Oranı	% 6,81
Lisans Durumu	175 lisanlı, 17 lisansız

Yukarıdaki tabloda Türkiye genelinde devreye alınan 192 santralin bir kısmı henüz lisans kurulu gücü kadar kapasiteye ulaşmamış olup, şu an aktif olarak çalışmakta olan santraller gösterilmektedir.

Talep tahmin serileri olan referans (baz) talep, yüksek talep ve düşük talep ile yıllara göre artışları sırasıyla verilmektedir. Elektrik enerjisi talep tahminleri Türkiye elektrik sistemi için geçerli olup, brüt taleptir. İletim ve dağıtım hatlarındaki kayıplar ve kaçaklar ile santrallerin iç ihtiyaçları dâhildir. Ayrıca dağıtım sistemine bağlı ve Yük Tevzi Merkezinden talimat almayan üretim tesislerinin de üretimleri bu çalışmaya dâhil edilmiştir.

Çizelge 2.6. Talep tahmini referans (Baz) Talep

YIL	PUANT TALEBİ		ENERJİ TALEBİ	
	MW	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2018	48,266	1,3	304,425	3,2
2019	50,650	4,9	319,457	4,9
2020	53,112	4,9	334,985	4,9
2021	55,602	4,7	350,696	4,7
2022	58,229	4,7	367,263	4,7
2023	60,984	4,7	384,638	4,7
2024	63,786	4,6	402,308	4,6
2025	66,671	4,5	420,509	4,5
2026	69,630	4,4	439,171	4,4
2027	72,596	4,3	457,876	4,3

Çizelge 2.6 'da görüldüğü gibi dünya genelinde 10 yıllık (2018-2027 yılları arası) tahmini puan talebi ve enerji talebinin artışı MW, GWh ve % olarak belirlenmiştir. Tabloya göre tahminler 2018 yılında 48,266 MW göstermiş olup ancak 10 yıl sonrasında yani 2027 yılında bu talebin 72,596 MW'a yükseleceğini tahmin etmektedir.

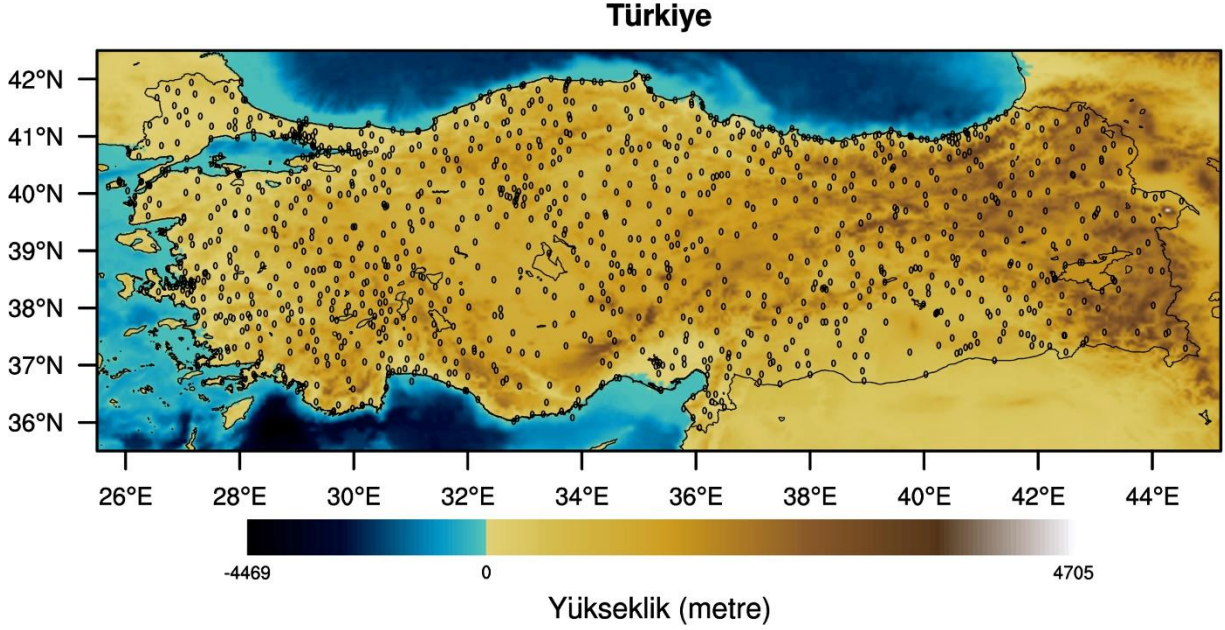
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Veri

Bu çalışmada haritaların hazırlanması için gerekli veri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden (MGM) temin edilmiştir. Kullanılacak veri uzun dönem aylık ortalama rüzgâr (m/s), aylık hâkim rüzgâr yönü ve esme yüzdesi (%), aylık hâkim yönü hızı (m/s) (MGM'nin doğrudan aylık hâkim rüzgâr yönü ve hızı verisi olmadığından, hâkim rüzgâr esme yüzdesi ve yönü kullanılarak o yönde esen rüzgârın hızı ayrı olarak istenmiştir), kullanılacak verinin periyodu OMGİ istasyonları sayısının 2012 yılından itibaren hızla artması nedeniyle 2012-2017 olarak belirlenmiştir.

Rüzgâr enerji potansiyelinin belirlenmesi için yine MGM'den seçilecek 5 istasyona ait, saatlik ortalama rüzgâr hızı (m/s) verisi, hava yoğunluğunun hesaplanması için aylık ortalama sıcaklık (C^0) ve aylık istasyon basıncı (hPA) verileri alınmıştır. Kullanılacak verinin periyodu seçilecek istasyonun başlangıç ve 2017 yılına kadar olan dönemdir.

Bu çalışmada ortalama rüzgâr ve hâkim rüzgâr yönü haritalarının hesaplanması için aylık veri tercih edilmiş olup 1207 adet istasyonun saatlik rüzgâr veri ücretinin yüksek miktarlarda olması nedeniyle 2012-2017 arası verilerin kullanılmasının daha uygun olacağına karar verilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi dağılımı (1207 adet)

Türkiye çapında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı toplam 1207 adet meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında bu istasyonlardan 5 adedine ait (Ağaçören, Datça, Silifke, Sinop ve Tatvan) toplanmış olan rüzgâr hızı ölçümleri veri olarak kullanılmıştır. Bu istasyonlar Türkiye'nin coğrafi bölgelerine göre dağılımları şekil 3.1'de gösterilmektedir.

3.2. Kullanılan Metotlar

Rüzgâr enerjisi potansiyellerinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu incelemede, rüzgâr atlası istatistiklerini elde etmek için Danimarka Meteoroloji Teşkilatı'nın Riso Meteoroloji Laboratuvarında hazırlanmış ve geliştirilmiş olan ve Avrupa Rüzgâr Atlasının (European Wind Atlas) hazırlanmasında da kullanılmış olan SYSTAT programı kullanılmıştır. Türkiye genelinde seçilmiş istasyonlar için yapılan analizler sonucu elde edilen değerler kullanılarak Türkiye Rüzgâr Atlası oluşturulacaktır.

Bu tezde yapılan hesaplamalar için kullanılan rüzgâr hızı verisi, hazırlanan harita verisi ve yazılar SYSTAT programıyla yapılmış olup, hesaplamalar detaylı olarak tanıtılacaktır.

Bir rüzgâr türbininde, birim rotor alanı başına elde edilebilecek güç, V hızı için Denklem

(3.1) ile hesaplanabilir. Birim rotor alanı başına V hızındaki rüzgâr da bulunan güç, rüzgâr gücü akışı olarak da anılmaktadır.

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (3.1)$$

Burada ρ : havanın yoğunluğu (kg/m^3), A ise rotor alanını (m^2) ifade etmektedir. Denklem (3.1) de görüldüğü üzere rüzgâr hızı ve rüzgârın taşıdığı güç arasında kübik bir ilişki vardır. Bu yüzden, bir bölgedeki rüzgâr enerjisi potansiyelinin doğru belirlenmesi için mevsimsellik ve yıllık ortalama değerlerdeki değişimlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Denklem (3.1) temel alınarak hesaplanacak rüzgâr güç potansiyeli hesabı için öncelikle topoğrafik harita üzerinde hazırlanan hâkim rüzgâr hızı (m/s) ve ortalama rüzgâr hızı (m/s) kompozit haritaları kullanılarak rüzgâr güç potansiyeli yüksek 5 adet alan seçilerek ve aşağıda maddeler halinde verilen aşamalar uygulanmıştır.

3.2.1. Güç kanunu profili kullanılarak 50 metre yükseklikteki rüzgâr hızının hesaplanması

Seçilen alanda DKE yöntemi ile hesaplanan en uygun grid noktasındaki ortalama hız değeri kullanılarak 50 metredeki rüzgâr hızı hesaplanacaktır. 50 metre yükseklikteki rüzgâr hızları Logaritmik profilin çıkarılması veya güç kanunu profili kullanılarak hesaplanabilir. logaritmik profilin hesaplanması için yüzey pürüzlülüğü değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Seçilen alan için yüzey pürüzlülükleri verisinin bulunması çok düşük bir olasılık olduğundan bu çalışmada güç kanunu profili kullanılacaktır. Güç kanunu profili aşağıda verilmiştir.

$$\frac{V(z)}{V_r(z)} = \left(\frac{z}{z_r} \right)^\alpha \quad (3.2)$$

Denklem (3.2) deki α katsayısı yükseklik, gün içindeki zaman, mevsim, arazi şartları, rüzgâr hızı ve sıcaklık gibi parametreler ile değişmektedir. Eğer, yüzey şartları ile ilgili yeterli bilgi olmazsa α katsayısının belirlenmesi için IEC-61400-1 standartlarında önerilen karasal kısımda $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında da $\alpha = 0,2$ değerleri kullanılacaktır.

3.2.2. Hava yoğunluğunun belirlenmesi

İdeal gaz kanunundan yola çıkarak havanın yoğunluğu sıcaklık ve basınca bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\rho = \frac{1}{R} \frac{p}{T} \quad (3.3)$$

Burada p: hava basıncı (kPa) ve T ise hava sıcaklığıdır (°K). Kuru hava için gaz sabitinin (R) değeri 287.05 J/kgK alınırsa havanın yoğunluğu;

$$\rho = 3.4837 \frac{p}{T} \quad (3.4)$$

denklemlerle hesaplanabilir. 5000 m'den düşük yüksekliklerde basıncın yükseklik ile değişimi denklem (3.5) yardımı ile hesaplanabilir.

$$p = 101.29 - (0.011837)z + (4.793 \times 10^{-7})z^2 \quad (3.5)$$

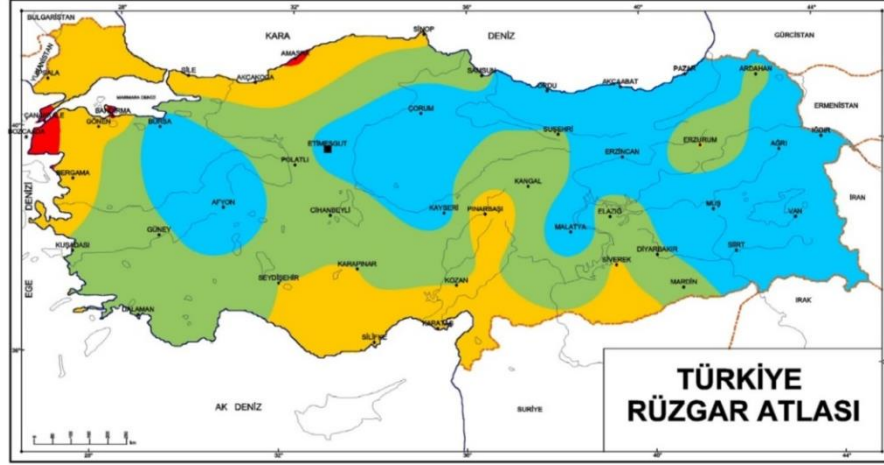
3.2.3. Seçilen her bir istasyonun Weibull dağılımı parametrelerinin hesaplanması

Rüzgâr enerjisi potansiyelin hesaplanmasında en sık kullanılan dağılım Weibull dağılımıdır. Weibull dağılımı şekil parametresine göre esneklik sağladığından rüzgâr enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir. Weibull dağılımının belirlenmesi için k şekil faktörü ve c ölçek faktörünün hesaplanması gerekmektedir. Bu projede SYSTAT statiksel programı yardımıyla Weibull dağılımının parametreleri hesaplanacaktır.

a. SYSTAT ile Rüzgâr Enerjisi Potansiyellerinin Belirlenmesi

DMİ kayıtlarından alınan saatlik ham rüzgâr verilerinin istatistiksel analizleri, çalışma için özel olarak hazırlanan bilgisayar programları ve SYSTAT programı yardımıyla yapılmıştır.

Türkiye Rüzgâr Atlasının hazırlanması için, mümkün olduğunca homojen dağılım gösteren 5 adet meteoroloji istasyonu değerlendirilmiştir. Her bir istasyon için yapılan analizler sonucunda elde edilen rüzgâr istatistikleri birkaç sayfadan oluşmaktadır.



Şekil 3.2 Türkiye Rüzgâr Atlası

SYSTAT paket programı veri analizlerini, rüzgâr hız verilerinin iki parametrelili Weibull dağılımına uygun bir dağılım gösterdiğini varsayarak yapmaktadır. Bu program, dört değişik girdi bilgisini kendi alt modellerinde değerlendirerek bölgesel rüzgâr atlası istatistiklerini hesaplamaktadır. SYSTAT'ın kullandığı temel bilgiler şunlardır.

- 1) Saatlik rüzgâr verisi,
- 2) Bölge pürüzlülük bilgileri,
- 3) Yakın çevre engel bilgileri,
- 4) Bölgenin topografyası,

SYSTAT programı bir bütün olmakla birlikte yukarıdaki bilgilerin değerlendirilmesinde alt modeller kullanmaktadır.

b. Veri

SYSTAT paket programı için dört temel veriye gereksinim duyulmaktadır. Bunlar; saatlik rüzgâr hız ve yön bilgileri, yakın çevre engel bilgileri, pürüzlülük bilgileri ve topografya bilgileridir.

c. Rüzgâr Verisi

Çalışmada, Türkiye üzerinde homojen dağılım gösteren 5 adet meteoroloji istasyonunun 2018 dönemine ait saatlik olarak ölçülmüş rüzgâr verileri kullanılmıştır. Rüzgâr ölçümleri istasyonların birçoğunda yer düzeyinden 10m yükseklikte yapılmıştır. Farklı yükseklikte ölçüm yapan meteoroloji istasyonları için gözlenen değerlerde 10m yüksekliğe uyarlanmıştır.

d. Yakın Çevre Engelleri

Ölçülen rüzgâr değerlerine etki eden ölçüm noktası etrafındaki engeller, 1/1000 ve 1/5000 ölçekli imar planları kullanılarak ve yerinde yapılan incelemelerle belirlenmiştir.

e. Topografya ve Pürüzlülük Bilgileri

Topografya bilgileri Harita Genel Komutanlığınca üretilen 1/25000 ölçekli sayısal paftalardan temin edilmiştir. Yüzey pürüzlülük bilgileri, 1/25000 ölçekli paftalar üzerinden pürüzlülük sınırlarının sayısallaştırılmasıyla elde edilmiştir.

3.2.4. Seçilen her istasyon için rüzgâr hızı aritmetik ortalaması V_m , standart sapması σ_m ve gamma (Γ) fonksiyonlarının hesaplanması

Seçilen istasyonların bazı temel istatistiksel parametrelerinin yanında rüzgâr güç akısının hesabı için gerekli gamma (Γ) fonksiyonu hesaplanacaktır. Bu projede Γ fonksiyonunun hesabı için Matlab programı kullanılacaktır. Γ fonksiyonu ve Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri kullanılarak ortalama hız (V_m) ve standart sapma (σ_m) sırasıyla aşağıdaki formüllerle hesaplanabilir.

$$V_m = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (3.6)$$

$$\sigma_m = c \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right) \right]^{1/2} \quad (3.7)$$

Denklem (3.7)'da Γ^2 ifadesi trigonometrik fonksiyonlardaki gibi ($(\Gamma_x)^2$) şeklinde hesaplanmaktadır.

3.2.5. Güç Akışının Hesaplanması

Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri ve gamma (Γ) fonksiyonu belirlendikten sonra rüzgâr güç akısı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$\frac{P}{A} = \frac{\rho c^3}{2} \left(\frac{3}{k}\right) \Gamma\left(\frac{3}{k}\right) \quad (3.8)$$

3.2.6. Haritaların Hazırlanması

Haritaların hazırlanması için Near Command Language (NCL) programı kullanılacaktır. Kullanılan topoğrafik veri NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) WEB sitesinden yine ücretsiz olarak indirilebilir (<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO5/TOPO/ETOPO5/>).

Bu çalışmada gridleme yöntemi olarak doğal komşu enterpolasyon (DKE) yöntemi kullanılmıştır. DKE yönteminin düzensiz dağılan verinin enterpolasyonunda, geleneksel metotlara göre karşılaşılan birçok problemi önlediği gösterilmiştir. DKE metodu, x enterpolasyon noktasının komşularının seçilmesi ve her birinin ağırlıklarının belirlenmesi için Voronoi diyagramına dayanan yerel bir ağırlıklı ortalama tekniğidir. DKE metodu anizotropik ve seyrek dağılım gösteren verinin, özellikle yerbilimlerindeki verilerin enterpolasyonunda yapısal avantajı vardır. Bu teknikte ilk olarak Delaunay Üçgenlemesi ile her örneklem noktasının üçgen köşe noktası olduğu bir üçgenleme yapılır. Ardından, her bir nokta için minimum sayıda üçgen kenarı olacak şekilde dışbükey alanlar tanımlanır. Her komşu noktanın ağırlığı, “Thiessen / Voronoi Tekniği” ile belirlenen bu alanlarda tayin edilir. ρ_i noktasına göre x’in doğal komşu koordinatları aşağıdaki Denklem (3.9) ile ifade edilir:

$$w_i(x) = \frac{Vol(v_{\rho_i} \cap v_x^+)}{Vol(v_x^+)} \quad (3.9)$$

Burada, $Vol(v_{\rho_i})$ v_{ρ_i} ’in hacmini, v_x^+ D^+ uzayındaki x’in Voronoi hücresini simgeler. Herhangi bir x değeri için $v_i(x)$ değeri daima 0 ve 1 arasında değer alır. ρ_i noktası x’in doğal komşusu olmadığında 0, x ile aynı konumdaysa 1 değerini alır.

DKE metodundaki temel denklem şöyle yazılabilir:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i(x) a_i \quad (3.10)$$

Burada: $f(x)$, x konumundaki enterpolasyon fonksiyonu değeridir. $f(x)$ veri noktaları hariç sürekli ve düzgün dağılır. Bu yaklaşımda, her yerde sürekli bir fonksiyon elde etmek için fonksiyonun veri noktalarındaki türevi süreksiz olmamalıdır. Denklem (X₁)’de tanımlanan ağırlıkları x ’deki değişimi hesaba katarak quadratik bir fonksiyonda kullanır. Bu yöntem gerçek veride başarıyla uygulanamamıştır. x ’deki değişimi Denklem (3.10)’ye dâhil ederek veri noktalarındaki süreksizlikleri ortadan kaldırmak için çeşitli yollar sunulmuştur. Bu çalışmada DKE yönteminin Watson (1992) tarafından yapılan uyarlamaları dikkate alınmıştır.

a. Near Command Language (Ncar Komut Dili)

NCL özellikle bilimsel veri analizi ve görselleştirme için tasarlanmış bir yorumlanmış dildir. Taşınabilir, sağlam ve ücretsiz olan NCL, ikili dosyalar veya açık kaynak olarak mevcuttur.

NCL de çok sayıda analiz işlevi yerleşiktir ve yüksek kaliteli grafikler yüzlerce grafik kaynağıyla kolayca oluşturulur ve özelleştirir. Birçok örnek komut dosyası ve bunlara karşılık gelen grafikler kullanılabilir.

NCAR Komut Dili (NCL), verileri değiştirmenize ve NCAR Graphics görüntüleri oluşturmanıza yardımcı olan etkileşimli, metin tabanlı bir dil yorumlayıcısıdır. NCL, çeşitli biçimlerde (ASCII, ikili, HDF, net CDF) veri almanıza, vermenize ve bu verileri etkileşimli olarak değiştirmenize olanak sağlar.

Etkileşimli veri manipülasyonu ilgilenilen bölge verilerinin seçilmesini, verilerin inceltilmesini, düzensiz ızgaraların normal ızgaralara enterpolasyonunu bozuk verilerin kaldırılmasını ve kullanışlı dönüşümlerin yapılmasını içerir. NCL’nin verileri almak ve işlemek için kullandığı yöntemler de özelleştirebilir.

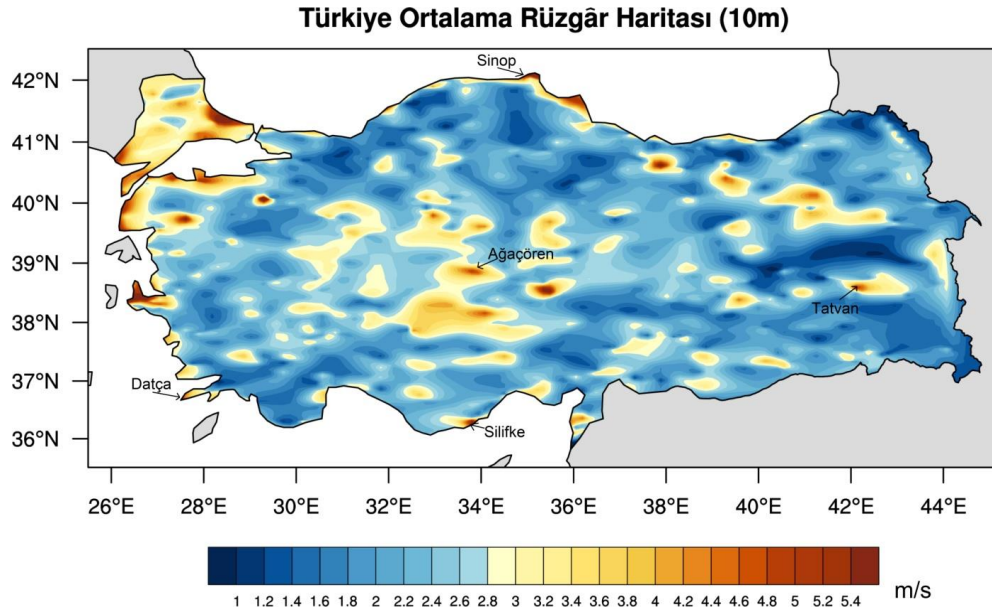
Görselleřtirmeleri belirlemek için bir araç olarak NCL, görselleştirmelere açıklama eklemek, etiketlemek ve canlandırmak için pek çok seçeneğe sahip 1D ve 2D NCAR Grafik çizimlerini birçok stilde oluşturmanıza olanak sağlar.

Ayrıca burada kullanılan Ortalama Rüzgâr ve Hâkim Rüzgâr haritaları da NCL programından yararlanarak hazırlanmıştır.

3.3. Çalışmada kullanılan istasyonlar

Bu çalışmada, vektörel ve topoğrafik kompozit haritalar, MGM'den alınarak 2012-2017 yılları arası ölçülmüş 1207 adet istasyona ait ortalama rüzgâr hızı (m/s) ve 1198 istasyona ait hâkim rüzgâr hızı (m/s) ve yönü verisi kullanılarak Ncar Command Language (NCL) programı ile hazırlanmıştır.

Veri toplanan meteoroloji istasyonlarının Türkiye haritası üzerindeki konumları şekil 33.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan verilerin toplandığı meteoroloji istasyonlarının konumları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Rüzgâr Potansiyeli Hesaplaması

Bu tez çalışmasında seçilen 5 adet istasyonun (çizelge 4.1) hesaplamaları sırasıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 2018 yılının saatlik, günlük ve aylık verilerine göre; öncelikle Güç Kanunu profili kullanılarak rüzgâr hızı değerleri ($V_{(50)}$), alfa katsayısının değerleri (α), hava yoğunluğu (ρ), ortalama sıcaklık (T) ve ortalama basınç (P), rüzgâr hızı aritmetik ortalaması (V_m) ve standart sapma (σ_m) elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)

ve ölçek (c) parametreleri ise Matlab programı aracılığıyla hesaplanarak gamma (Γ) fonksiyonu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı (P/A) hesaplanmıştır.

Seçilen 5 adet istasyonun adı, numarası ve konumu aşağıda belirtilmiş olup, hesaplamalar aşağıda her bir istasyon için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 4.1 Meteoroloji istasyonlarının bölgelere göre dağılımı

S. NO	İSTASYON ADI	İST. NO	İL	İLÇE	SENSÖRLER
1	DATÇA (DEVEBOYNU FENERİ)	17469	MUĞLA	DATÇA	R,B,
2	SİLİFKE(TAŞUCU SEKA ANA MENDİREK FENER)	17479	MERSİN	SİLİFKE	R,B,
3	SİNOP(İNCEBURUN FENER)	17456	SİNOP	MERKEZ	R,B,
4	AĞAÇÖREN	18480	AKSARAY	AĞAÇÖREN	R,S,
5	TATVAN	17205	BİTLİS	TATVAN	R,B,TS, HH

4.1.1. Datça (Deveboynu Feneri)

17460 kodlu Datça Deveboynu istasyonunun 2012-2017 yılları arası verilerine bakıldığında Türkiye’de rüzgâr potansiyeli en yüksek alanlardan birisi olarak görülmektedir. Nitekim Datça Deveboynu istasyonunun yıllık ortalama rüzgâr hızı 7.6 metredir. Yani, 10 metrede bile bu alanda rüzgâr türbinleri kurulabilir. (Rüzgâr türbini kurulması için istenen hız minimum 7 m/s’dir). Bu yüzden Datça’nın rüzgâr potansiyelinin eksik değerlendirildiği düşünüldüğünden ve rüzgâr potansiyelinin hesaplanması için seçilmiştir.

Datça feneri Anadolu'nun Akdeniz'e uzanmış en uç noktası olan bu yer aynı zamanda Ege ve Akdeniz'i birbirinden ayıran bir nokta konumundadır. Bulunduğu yerin coğrafi şekli bakımından deve şeklini andırıldığından fenere Deveboynu ismi verilmiştir. Bu fenerin deniz seviyesinden yüksekliği 104 metre olup, Kagir kulesinin yüksekliği ise 9 metredir. Çakma karakteri Gp.Fl.W. (2) 10 sn. olan fenerin görünüş mesafesi 12 deniz milidir.



Şekil 4.1 Datça Deveboynu Feneri

Fenerde önce ışık kaynağı olarak fitilli gaz yağı lambası kullanılmış olup daha sonra LPG ile çalışan parlak ışıklı manşonlu (gömlekli) lambalar kullanılmış ve şu anda güneş enerjisi ile çalışan 35 W'lık elektrik lambası kullanılmaktadır. Işık kaynağını kuvvetlendirerek uzaktan görünmesini teminen odak uzaklığı 375 mm olan üç adet kotodiyoptrik panel kullanılmıştır. Söz konusu optik paneller cıva banyosu üzerinde dönebilen dairesel platform üzerine dörtgen teşkil edecek şekilde yerleştirilmiş bulunmaktadır. Işık kaynağı odakta sabit olarak yakılmakta olup platform üzerindeki optik panellerin döndürülmesi suretiyle fenerin dört çakar ışık vermesi sağlanmıştır. Saat mekanizması ve paneller İstanbul'da koruma altındadır. Şu anda elektrikli flaşörlü 300 m fener cihazı ile faaliyetini sürdürmektedir.

Fener ve gardiyan binası ulusal miras olarak Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nce koruma altındadır.

Datça da bulunan Deveboynu Feneri'nin Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan 2018 yılının saatlik, günlük ve aylık verilerine göre; öncelikle Güç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun Ocak ayı için hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 287,101$ ve ortalama basınç $P= 1003,176$ göre $\rho= 1,217$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 13,063$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 7,546$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Ocak ayı için (c)= 14,686 ve (k)= 1,79 parametreleri belirlenmiş olup, gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 2921,763$ W/m² olarak bulunmuştur.

Şubat ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerlerini bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 288,613$ ve ortalama basınç $P= 1003,79$ göre $\rho= 1,216$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 9,23$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 5,049$ elde edilmiştir. Şubat ayı için Weibull dağılımının şekil (k)= 1,902 ve ölçek (c)= 10,402 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 962,28$ W/m² olarak bulunmuştur.

Mart ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak bilinmektedir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 289,808$ ve ortalama basınç $P= 1002,632$ göre $\rho= 1,205$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 10,658$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,091$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,812 ve ölçek (c)= 11,989 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır.

Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1549,099 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Nisan ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 292,731$ ve ortalama basınç $P= 1002,802$ göre $\rho= 1,193$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,442$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,091$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,36 ve ölçek (c)= 7,034 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 506,322 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Mayıs ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 296,488$ ve ortalama basınç $P= 1001,164$ göre $\rho= 1,176$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,386$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,41$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,726 ve ölçek (c)= 8,286 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 532,977 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Haziran ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 297,995$ ve ortalama basınç $P= 1000,873$ göre $\rho= 1,176$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,554$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,755$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,807 ve ölçek (c)= 7,371 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 350,74 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Temmuz ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 300,295$ ve ortalama basınç $P = 996,63$ göre $\rho = 1,156$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 12,06$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 7,434$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,667$ ve ölçek $(c) = 13,498$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 2382,761$ W/m² olarak bulunmuştur.

Ağustos ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 300,102$ ve ortalama basınç $P = 997,164$ göre $\rho = 1,158$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 8,196$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 3,601$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 2,427$ ve ölçek $(c) = 9,243$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 513,753$ W/m² olarak bulunmuştur.

Eylül ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 298,886$ ve ortalama basınç $P = 1001,002$ göre $\rho = 1,167$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 11,794$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 6,748$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,809$ ve ölçek $(c) = 13,265$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 2073,753$ W/m² olarak bulunmuştur.

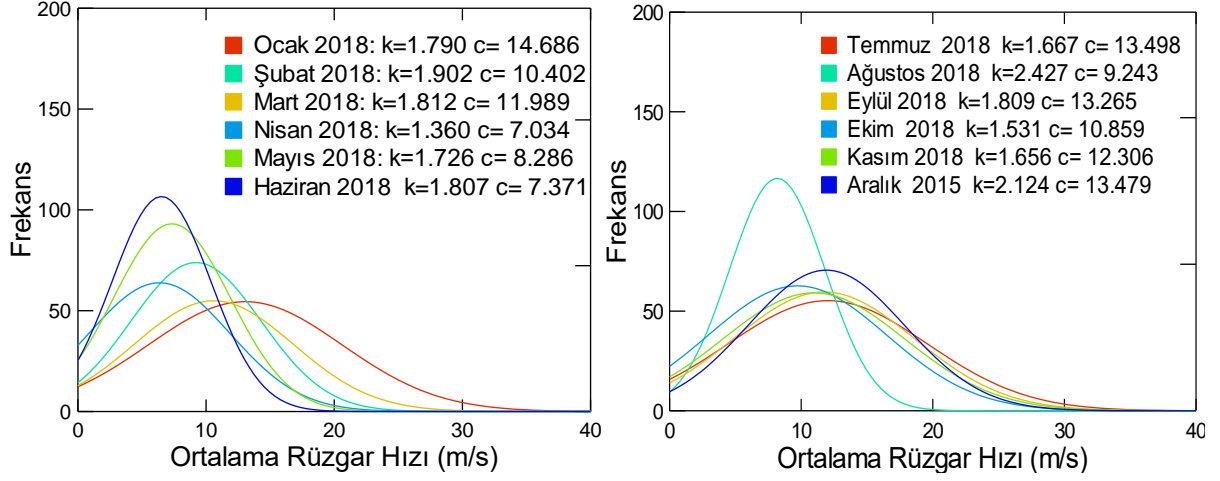
Ekim ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri

karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 294,986$ ve ortalama basınç $P= 1004,076$ göre $\rho= 1,186$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 9,78$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,516$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,531 ve ölçek (c)= 10,859 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1463,073$ W/m² olarak bulunmuştur.

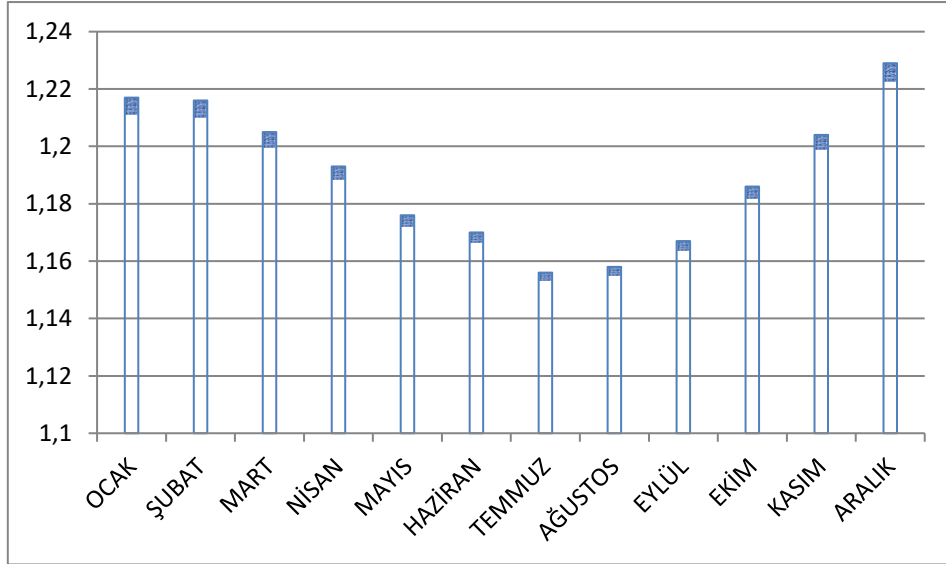
Kasım ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 292,05$ ve ortalama basınç $P= 1009,219$ göre $\rho= 1,204$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 11,002$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,821$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,656 ve ölçek (c)= 12,306 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1899,02$ W/m² olarak bulunmuştur.

Son olarak Aralık ayı için de aynı şekilde Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 288,131$ ve ortalama basınç $P= 1016,402$ göre $\rho= 1,229$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 15,935$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 10,066$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,623 ve ölçek (c)= 17,796 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 6049,705$ W/m² olarak bulunmuştur.

Datça Deveboynu İstasyonuna ait gerekli hesaplamalar yaptıktan sonra 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 10,175$ m/s ve rüzgâr güç akışı ortalaması $P/A= 1763,912$ W/m² olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.2 Datça Deveboynu istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri



Şekil 4.3 Datça İstasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu

4.1.2. Silifke (Taşucu Seka Ana Mendirek Feneri)

Taşucu Seka Ana mendirek feneri, Mersin ilinin Silifke ilçesinde yer almaktadır. Taşucu Seka Ana Mendirek feneri denizden 7 m yükseklikte olup Akdeniz Bölgesinde aktif bir deniz feneridir.



Şekil 4.4 Silifke (Taşucu Ana Mendirek Feneri)

İrregularitelerden dolayı alınan 2016 yılındaki saatlik, günlük ve aylık verilerinle göre, ÜNİVERSİTE Suç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha=0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha=0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $=0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun Ocak ayı için hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T=286,732$ ve ortalama basınç $P=1025,47$ göre $\rho=1,246$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=8,376$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m=5,691$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Ocak ayı için $c=9,278$ ve $k=1,499$ parametreleri belirlenmiş olup,

gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 996,326 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Şubat ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 289,39$ ve ortalama basınç $P= 1017,787$ göre $\rho= 1,225 \text{ KPa}$ olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 5,676 \text{ m/s}$ olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,25$ bulunmuştur. Şubat ayı için Weibull dağılımının şekil (k)= 1,35 ve ölçek (c)= 6,19 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 360,143 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Mart ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 291,263$ ve ortalama basınç $P= 1011,677$ göre $\rho= 1,21 \text{ KPa}$ olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,194 \text{ m/s}$ olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,609$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,359 ve ölçek (c)= 6,763 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 457,047 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Nisan ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 293,862$ ve ortalama basınç $P= 1010,878$ göre $\rho= 1,198 \text{ KPa}$ olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 5, 254 \text{ m/s}$ olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,833$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,388 ve ölçek (c)= 5,757 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 266,704 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Mayıs ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 297,976$ ve ortalama basınç $P = 1009,038$ göre $\rho = 1,18$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 5,194$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 2,931$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,837$ ve ölçek $(c) = 5,846$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 172,765$ W/m² olarak bulunmuştur.

Haziran ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 299,598$ ve ortalama basınç $P = 1008,183$ göre $\rho = 1,172$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,472$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,494$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,464$ ve ölçek $(c) = 7,147$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 448,052$ W/m² olarak bulunmuştur.

Temmuz ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri = 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 301,762$ ve ortalama basınç $P = 1002,903$ göre $\rho = 1,158$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,046$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,263$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,44$ ve ölçek $(c) = 6,662$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 370,183$ W/m² olarak bulunmuştur.

Ağustos ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri

karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 302,661$ ve ortalama basınç $P = 1003,685$ göre $\rho = 1,155$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,706$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,468$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,531$ ve ölçek $(c) = 7,446$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 459,559$ W/m² olarak bulunmuştur.

Eylül ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 301,615$ ve ortalama basınç $P = 1007,633$ göre $\rho = 1,164$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,529$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,463$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,48$ ve ölçek $(c) = 7,226$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 445,152$ W/m² olarak bulunmuştur.

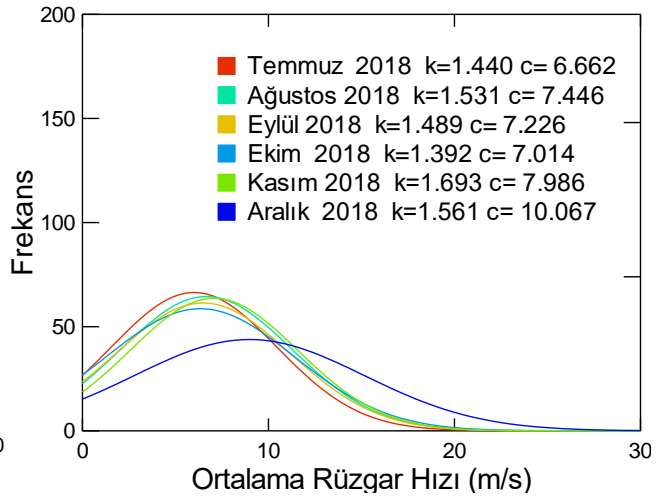
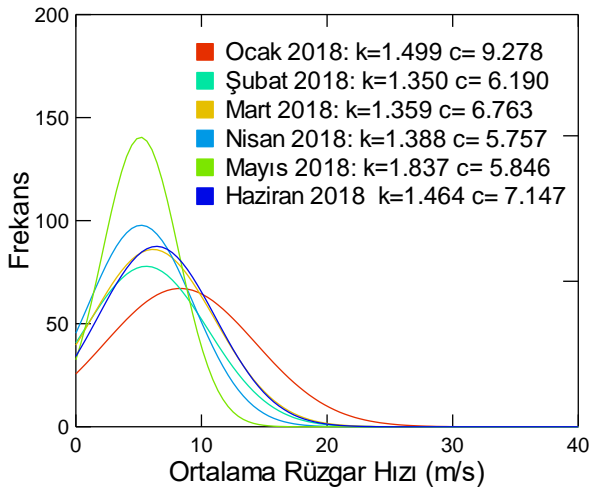
Ekim ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 299,015$ ve ortalama basınç $P = 1012,512$ göre $\rho = 1,184$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,399$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,655$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,392$ ve ölçek $(c) = 7,014$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 473,507$ W/m² olarak bulunmuştur.

Kasım ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava

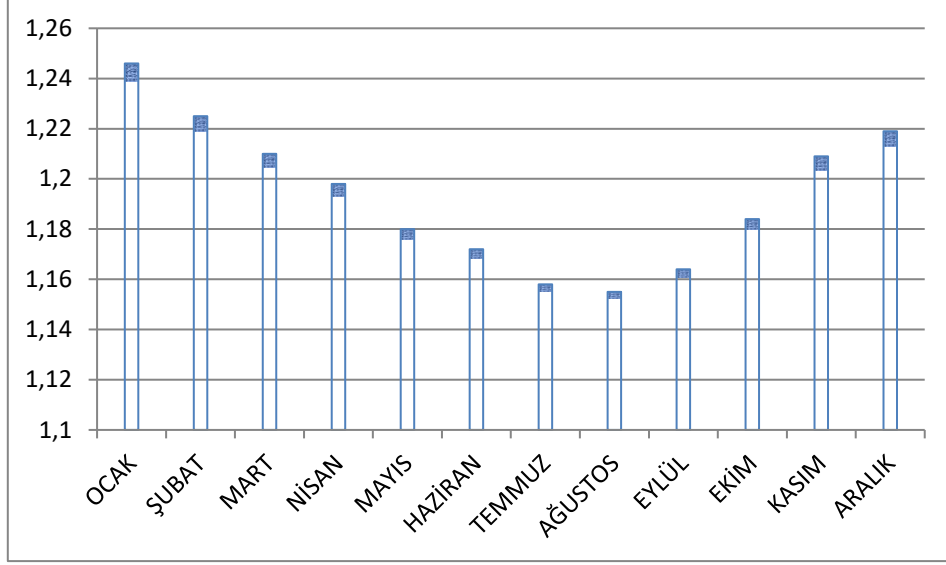
yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T=292,929$ ve ortalama basınç $P=1016,622$ göre $\rho=1,209$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=7,128$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m=4,332$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)=1,693$ ve ölçek $(c)=7,986$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A=504,282$ W/m² olarak bulunmuştur.

Son olarak Aralık ayı için de aynı şekilde Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha=0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha=0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $=0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T=287,693$ ve ortalama basınç $P=1006,301$ göre $\rho=1,219$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=9,047$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m=5,923$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)=1,561$ ve ölçek $(c)=10,067$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A=1158,06$ W/m² olarak bulunmuştur.

Silifke'nin Taşucu Seka Ana Mendirek İstasyonuna ait gerekli hesaplamalar yaptıktan sonra 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=6,585$ m/s ve rüzgâr güç akışı ortalaması $P/A=509,315$ W/m² olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.5 Taşucu/Silifke istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri



Şekil 4.6 Silifke'nin Taşucu Seka Ana Mendirek İstasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu

4.1.3. Sinop (İnceburun Feneri)

17456 kodlu Sinop İnceburun ve 17479 kodlu Silifke/Taşucu istasyonları yeni (2014 yılı) kurulmuş OMGİ istasyonları olup elde edilen verilere göre önemli rüzgâr potansiyeli vardır. Bu yüzden, daha doğru ve güncel bir rüzgâr potansiyeli değerlendirmesi yapılabilmek için bu iki istasyon seçilmiştir. Marmara Bölgesinde literatürde çokça çalışma bulunduğundan bu bölgeden istasyon seçilmesine gerek duyulmamıştır. Bilindiği üzere Marmara Bölgesi rüzgâr potansiyeli en yüksek ve üzerinde en çok çalışılmış bölgedir.

İnceburun feneri, Sinop ili, Karadeniz Bölgesinde aktif bir deniz feneridir. Duvar feneri 1863 yılında İnceburun üzerine Anadolu'nun en kuzey noktasına inşa edilmiştir. Sinop'un yaklaşık 25 km kuzeybatısında yer almaktadır.

Fenerin bulunduğu alan katılaşmış lavlardan ve algomeralardan oluşmuştur. Fenerin denizden yüksekliği 38 metre'dir. İnceburun Feneri'nin 12 m'lik yüksekliğe sahip olup en büyük özelliği ise Türkiye'nin en kuzey noktasında yer almasıdır.



Şekil 4.7 Sinop (İnceburun Feneri)

Sinop'ta bulunan İnceburnu Feneri'nin Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 2018 yılının saatlik, günlük ve aylık verilerine göre; Öncelikle Güç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun Ocak ayı için hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 286,319$ ve ortalama basınç $P= 1007,735$ göre $\rho= 1,244$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 9,356$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,282$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Ocak ayı için $c= 10,378$ ve $k= 1,518$ parametreleri belirlenmiş olup, gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1359,974$ W/m² olarak bulunmuştur.

Şubat ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 282,906$ ve ortalama basınç $P= 1015,91$ göre $\rho= 1,251$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 9,203$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,891$ bulunmuştur. Şubat ayı için Weibull dağılımının şekil (k)= 1,963 ve ölçek (c)= 10,39 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 948,823$ W/m² olarak bulunmuştur.

Mart ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 289,032$ ve ortalama basınç $P= 1015,765$ göre $\rho= 1,224$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 8,815$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,68$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,966 ve ölçek

(c)= 9,944 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 814,984 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Nisan ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 285,457$ ve ortalama basınç $P= 1010,318$ göre $\rho= 1,233$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 8,433$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,321$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,045 ve ölçek (c)= 9,519 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 690,825 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Mayıs ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 290,847$ ve ortalama basınç $P= 1009,479$ göre $\rho= 1,209$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,212$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,612$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,777 ve ölçek (c)= 6,981 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 314,773 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Haziran ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 295,559$ ve ortalama basınç $P= 1008,746$ göre $\rho= 1,189$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,362$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,408$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,946 ve ölçek (c)= 7,174 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 300,587 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Temmuz ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 298,6$ ve ortalama basınç $P = 1008,434$ göre $\rho = 1,177$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,375$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,139$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,848$ ve ölçek $(c) = 8,302$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 489,822$ W/m² olarak bulunmuştur.

Ağustos ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 299,172$ ve ortalama basınç $P = 1007,779$ göre $\rho = 1,174$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,741$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 3,976$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 2,039$ ve ölçek $(c) = 8,737$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 509,898$ W/m² olarak bulunmuştur.

Eylül ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 295,828$ ve ortalama basınç $P = 1012,08$ göre $\rho = 1,192$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 9,028$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 5,107$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,832$ ve ölçek $(c) = 10,18$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 919,359$ W/m² olarak bulunmuştur.

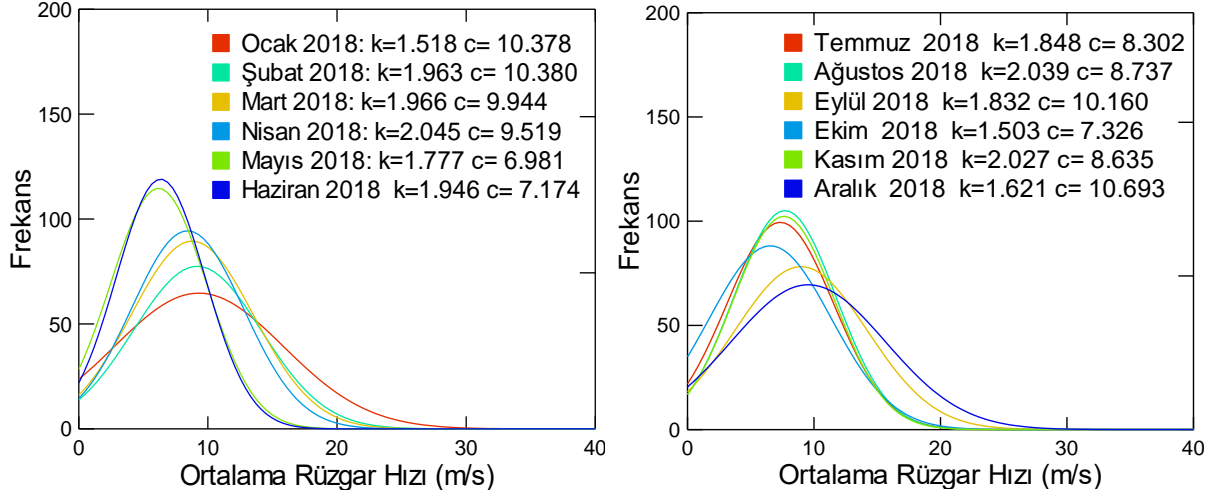
Ekim ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri

karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 291,73$ ve ortalama basınç $P= 1012,211$ göre $\rho= 1,209$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,612$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,481$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 1,503$ ve ölçek $(c)= 7,326$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 473,505$ W/m² olarak bulunmuştur.

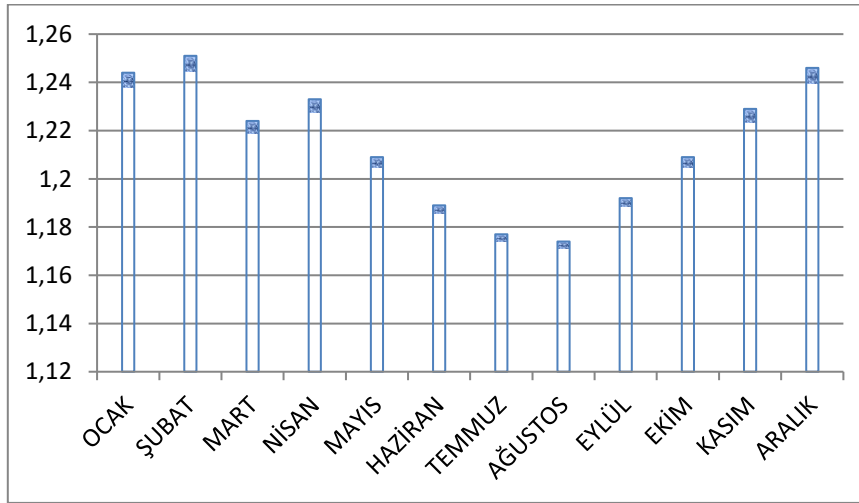
Kasım ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 287,497$ ve ortalama basınç $P= 1014,222$ göre $\rho= 1,229$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,651$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,951$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 2,027$ ve ölçek $(c)= 8,635$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 518,624$ W/m² olarak bulunmuştur.

Son olarak Aralık ayı için de aynı şekilde Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 283,513$ ve ortalama basınç $P= 1014,219$ göre $\rho= 1,246$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 9,576$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 6,055$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 1,621$ ve ölçek $(c)= 10,693$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1333,541$ W/m² olarak bulunmuştur.

Sinop'ta bulunan İnceburnu İstasyonuna ait gerekli hesaplamalar yaptıktan sonra 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 8,030$ m/s ve rüzgâr güç akışı ortalaması $P/A= 722,893$ W/m² olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.8 Sinop İnceburun istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri



Şekil 4.9 Sinop 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu

4.1.4. Ağaçören İstasyonu

Aksaray ilinde bulunan Ağaçören ise daha önce üzerinde çalışılmamış ve hatta rüzgâr potansiyeli değerlendirilmemiş alanlardan biridir. REPA'da Aksaray ilinin rüzgâr potansiyeli sıfır olarak gösterilmiştir. Bu açıdan, bu projede 18480 kodlu Ağaçören istasyonunun rüzgâr potansiyelinin hesaplanması önemlidir.

Ağaçören İstasyonu Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 2018 yılının saatlik, günlük ve aylık verilerine göre; Öncelikle Güç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha=0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha=0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $=0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun Ocak ayı için hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T=273,695$ ve ortalama basınç $P=888,503$ göre $\rho=1,131$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=8,022$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m=5,535$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Ocak ayı için $c=8,867$ ve $k=1,474$ parametreleri belirlenmiş olup, gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A=814,693$ W/m² olarak bulunmuştur.

Şubat ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha=0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha=0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $=0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T=278,892$ ve ortalama basınç $P=885,94$ göre $\rho=1,107$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m=9,156$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m=5,79$ bulunmuştur. Şubat ayı için Weibull dağılımının şekil (k)= $1,621$ ve ölçek (c)= $10,225$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A=1035,395$ W/m² olarak bulunmuştur.

Mart ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha=0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha=0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda

alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 281,69$ ve ortalama basınç $P= 884,445$ göre $\rho= 1,094$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 10,371$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 5,484$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 1,974$ ve ölçek $(c)= 11,699$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 1180,471$ W/m² olarak bulunmuştur.

Nisan ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 286,105$ ve ortalama basınç $P= 888,12$ göre $\rho= 1,081$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 5,835$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,555$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 1,689$ ve ölçek $(c)= 6,537$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 248,237$ W/m² olarak bulunmuştur.

Mayıs ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 288,962$ ve ortalama basınç $P= 8885,968$ göre $\rho= 1,068$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 5,605$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,239$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k)= 1,789$ ve ölçek $(c)= 6,301$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 202,642$ W/m² olarak bulunmuştur.

Haziran ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 292,401$ ve ortalama basınç $P= 884,689$ göre $\rho= 1,054$

KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,407$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 6,13$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,214 ve ölçek (c)= 7,897 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 458,21$ W/m² olarak bulunmuştur.

Temmuz ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 295,689$ ve ortalama basınç $P = 883,734$ göre $\rho = 1,041$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,881$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 2,752$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,848 ve ölçek (c)= 8,302 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 253,989$ W/m² olarak bulunmuştur.

Ağustos ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 295,164$ ve ortalama basınç $P = 885,996$ göre $\rho = 1,046$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,274$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 2,519$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 3,165 ve ölçek (c)= 8,126 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 274,672$ W/m² olarak bulunmuştur.

Eylül ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 291,607$ ve ortalama basınç $P = 889,038$ göre $\rho = 1,062$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,896$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 3,512$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,059

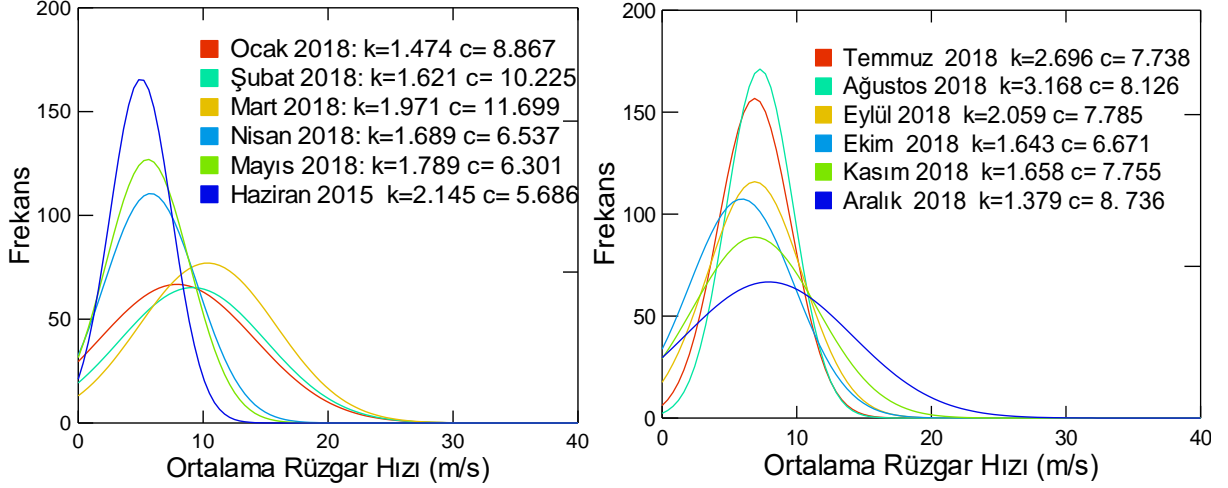
ve ölçek (c)= 7,785 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 323,304 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Ekim ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 286,466$ ve ortalama basınç $P= 890,897$ göre $\rho= 1,083$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 5,967$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,727$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,643 ve ölçek (c)= 6,671 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 275,585 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

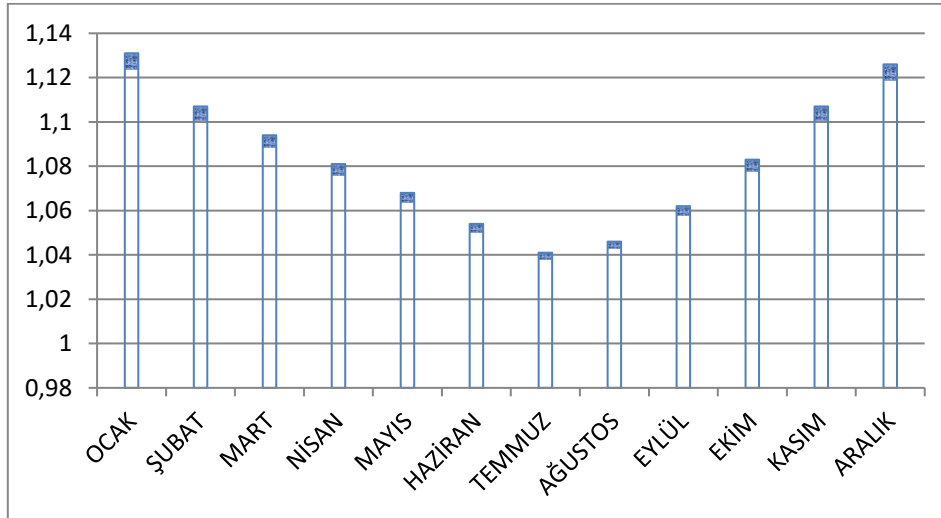
Kasım ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 280,264$ ve ortalama basınç $P= 890,462$ göre $\rho= 1,107$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,946$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,399$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,618 ve ölçek (c)= 7,755 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 453,16 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Son olarak Aralık ayı için de aynı şekilde Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 274,756$ ve ortalama basınç $P= 887,708$ göre $\rho= 1,126$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,981$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 5,859$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,379 ve ölçek (c)= 8,736 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 887,602 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Aksaray ilinde bulunan Aaçren İstasyonuna ait gerekli hesaplamalar yaptıktan sonra 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,362$ m/s ve rüzgâr güç akışı ortalaması $P/A = 533,997$ W/m² olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.10 Aaçren istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri



Şekil 4.11 Aaçren istasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu

4.1.5. Tatvan İstasyonu

Güncel Türkiye rüzgâr türbini kurulan alanlar haritasına bakıldığında Doğu Anadolu Bölgesinde rüzgâr potansiyeli olan alanlar mevcut olup Tatvan bu bölgelerden biridir. Bu

yüzden 18584 kodlu Tatvan/Nemrut kayak merkezi istasyonu rüzgâr potansiyelinin hesaplanması için seçilmiştir.

Bitlis ilinde bulunan Tatvan İstasyonu Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 2018 yılının saatlik, günlük ve aylık verilerine göre; Öncelikle Güç Kanunu Profili Denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun Ocak ayı için hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 267,785$ ve ortalama basınç $P= 832,468$ göre $\rho= 1,083$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,586$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,88$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Ocak ayı için $c= 8,457$ ve $k= 1,591$ parametreleri belirlenmiş olup, gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 590,962$ W/m² olarak bulunmuştur.

Şubat ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 270,096$ ve ortalama basınç $P= 832,428$ göre $\rho= 1,074$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,395$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 4,377$ bulunmuştur. Şubat ayı için Weibull dağılımının şekil (k)= 1,743 ve ölçek (c)= 8,301 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 482,425$ W/m² olarak bulunmuştur.

Mart ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğunu ortalama sıcaklık $T= 273,745$ ve ortalama basınç $P= 831,444$ göre $\rho= 1,058$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 12,559$ m/s

olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 7,117$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,829 ve ölçek (c)= 14,133 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 2201,522 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Nisan ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 277,274$ ve ortalama basınç $P = 832,899$ göre $\rho = 1,046$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 8,455$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,85$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,804 ve ölçek (c)= 9,508 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 674,685 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Mayıs ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 280,483$ ve ortalama basınç $P = 833,269$ göre $\rho = 1,035$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,708$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 3,554$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,97 ve ölçek (c)= 7,567 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 302,926 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Haziran ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 286,067$ ve ortalama basınç $P = 831,464$ göre $\rho = 1,013$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 6,64$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 3,108$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,261

ve ölçek (c)= 7,496 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 252,893 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Temmuz ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 292,011$ ve ortalama basınç $P= 850,406$ göre $\rho= 1,015$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,754$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,401$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,085 ve ölçek (c)= 7,626 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 286,734 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Ağustos ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 291,379$ ve ortalama basınç $P= 831,091$ göre $\rho= 0,994$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 6,834$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,301$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 2,178 ve ölçek (c)= 7,717 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 279,498 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

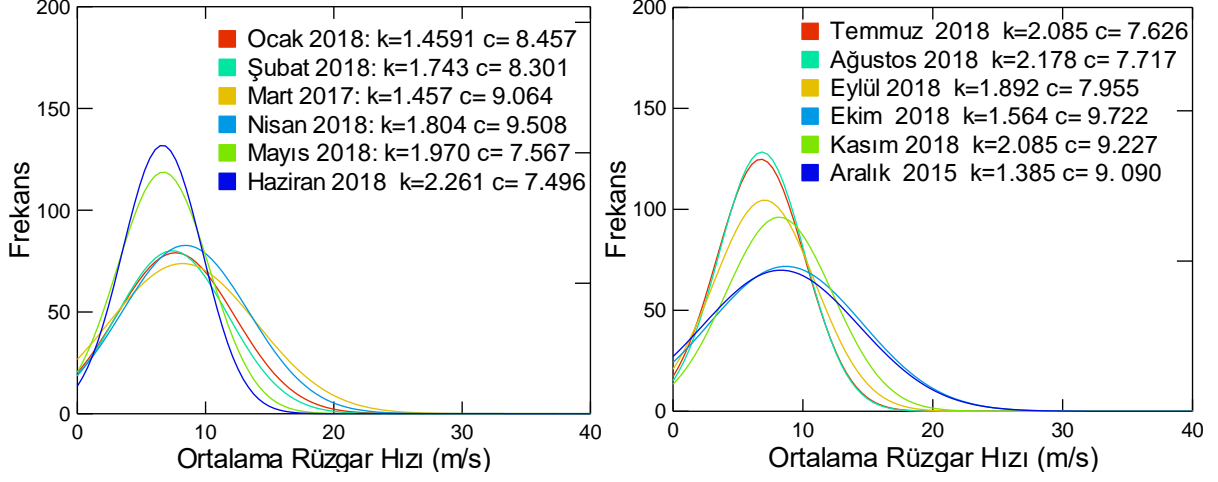
Eylül ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha= 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha= 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri= 0,17 kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T= 287,408$ ve ortalama basınç $P= 834,828$ göre $\rho= 1,012$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m= 7,06$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m= 3,88$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil (k)= 1,892 ve ölçek (c)= 7,955 parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A= 360,242 \text{ W/m}^2$ olarak bulunmuştur.

Ekim ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 280,52$ ve ortalama basınç $P = 837,948$ göre $\rho = 1,041$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 8,736$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 5,707$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 1,564$ ve ölçek $(c) = 9,722$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 887,841$ W/m² olarak bulunmuştur.

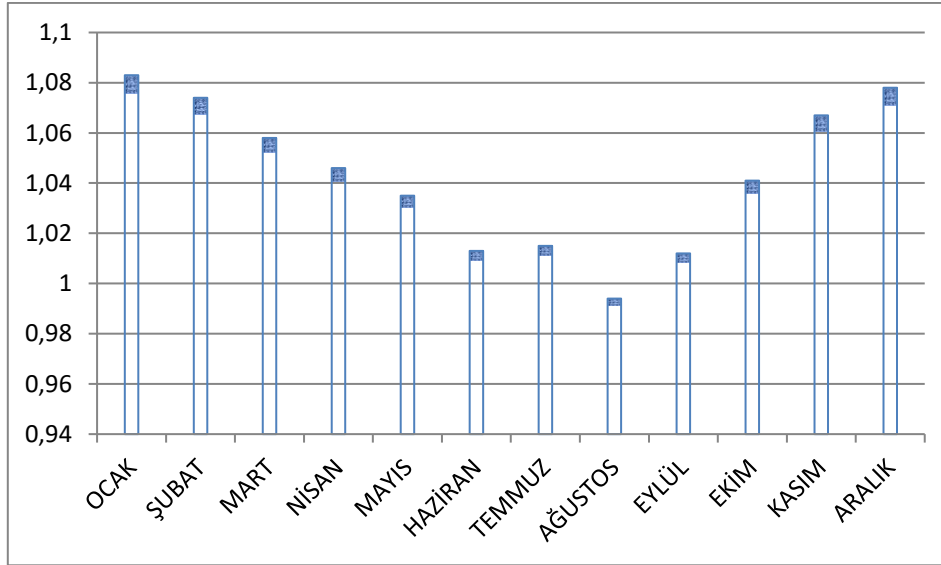
Kasım ayı için de aynı şekilde sırasıyla Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 273,068$ ve ortalama basınç $P = 836,213$ göre $\rho = 1,067$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 8,172$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 4,115$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 2,085$ ve ölçek $(c) = 9,227$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 534,059$ W/m² olarak bulunmuştur.

Son olarak Aralık ayı için de aynı şekilde Güç Kanunu Profili denklem (3.4) kullanılarak rüzgâr hızını 10 m'den 50 m'ye yükselterek $V_{(50)}$ değerleri bulunur. Alfa katsayısının değerleri karasal kısım da $\alpha = 0,14$ ve deniz kıyısında ise $\alpha = 0,2$ olarak alınabilir ancak hesaplamalarda alfanın ortalama değeri $= 0,17$ kullanılmıştır. Denklem (3.5)'e göre seçilen istasyonun hava yoğunluğu değerini ortalama sıcaklık $T = 269,374$ ve ortalama basınç $P = 833,509$ göre $\rho = 1,078$ KPa olarak hesaplanmıştır. Seçilen istasyonun rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 4,391$ m/s olarak ve standart sapması da $\sigma_m = 5,689$ elde edilmiştir. Weibull dağılımının şekil $(k) = 0,78$ ve ölçek $(c) = 3,804$ parametreleri Matlab programı aracılığıyla hesaplanmıştır. Gamma (Γ) fonksiyonunu da belirledikten sonra rüzgâr güç akışı $P/A = 566,258$ W/m² olarak hesaplanmıştır.

Tatvan İstasyonu'na ait gerekli hesaplamaları yaptıktan sonra 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması $V_m = 7,607$ m/s ve rüzgâr güç akışı ortalaması $P/A = 618,336$ W/m² olarak bulunmuştur.



Şekil 4.12 Tatvan/Nemrut istasyonu için aylara göre ortalama rüzgâr hızı Weibull dağılım eğrisi ve parametreleri



Şekil 4.13 Tatvan istasyonunun 2018 yılına ait aylık hava yoğunluğu

Seçilen 5 istasyon (Sinop, Datça, Silifke, Ağaçören ve Tatvan) ait gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra 2018 yılına ait 12 aylık Weibull dağılımının şekil (k) ve ölçek (c) parametrelerinin değerleri ayrı ayrı elde edilmiştir.

Değerlendirme yapmak açısından Sinop, Datça, Silifke, Ağaçören ve Tatvan istasyonlarında hesaplanan 2018 yılına ait 12 aylık rüzgâr hızı aritmetik ortalaması ve rüzgâr akışı ortalaması bir arada verilmiştir.(çizelge 4.2)

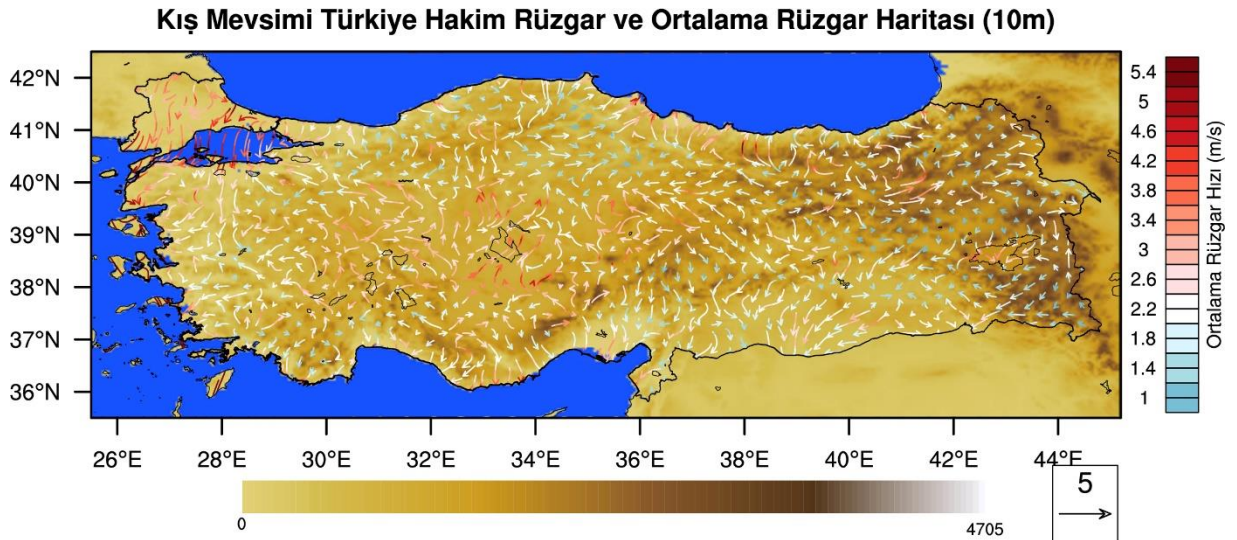
Çizelge 4.2. En yüksek enerji akılı istasyonlar için aylık ortalama hız ve güç akışı değerleri

AYLAR	SİNOP		DATÇA		SİLİFKE		AĞAÇÖREN		TATVAN	
	V _m (m/s)	P/A (W/m ²)	V _m (m/s)	P/A (W/m ²)	V _m (m/s)	P/A (W/m ²)	V _m (m/s)	P/A (W/m ²)	V _m (m/s)	P/A (W/m ²)
OCAK	9,356	1359,97	13,063	2921,76	8,376	996,326	8,022	814,693	7,586	590,962
ŞUBAT	9,203	948,823	9,23	962,28	5,676	360,143	9,156	1035,4	7,395	482,425
MART	8,815	814,984	10,658	1549,1	6,194	457,047	10,371	1180,47	12,559	2201,52
NİSAN	8,433	690,825	6,442	506,322	5,254	266,704	5,835	248,237	8,455	674,685
MAYIS	6,212	314,773	7,386	532,977	5,194	172,765	5,605	202,642	6,708	302,926
HAZİRAN	6,362	300,587	6,554	350,74	6,472	448,052	7,407	120,23	6,64	252,893
TEMMUZ	7,375	489,822	12,06	2382,76	6,046	370,183	6,881	253,989	6,754	286,734
AĞUSTOS	7,741	509,898	8,196	513,753	6,706	459,559	7,274	274,672	6,834	279,489
EYLÜL	9,028	919,359	11,794	2035,46	6,529	445,152	6,896	323,304	7,06	360,242
EKİM	6,612	473,505	9,78	1463,07	6,399	473,507	5,967	275,585	8,736	887,841
KASIM	7,651	518,624	11,002	1899,02	7,128	504,282	6,946	453,16	8,172	534,059
ARALIK	9,576	1333,54	15,935	1884,68	9,047	1158,06	7,981	887,602	4,391	566,258
YILLIK	8,030	722,89	10,175	1416,83	6,59	509,32	7,36	505,83	7,61	618,34

4.2. Türkiye Rüzgâr İklimi

Türkiye coğrafi konum olarak kıyı, sahil, dağ ve vadilere sahip olup rüzgâr açısından çok önemli bir bölgede yer almaktadır. Bu yüzden Türkiye genelinde hâkim rüzgâr ve ortalama rüzgâr mevsimsel (kış, bahar, yaz ve sonbahar) ve bölgesel olarak değişmektedir.

Türkiye üzerinde yere yakın egemen hava akımları, kış aylarında Doğu Avrupa'ya kadar yayılan geniş alanlı Sibirya antisiklonu ve polar cephe siklonları ile Akdeniz siklonlarınca denetlenir. Kuzeyli akımlar, bazen Doğu Avrupa'da doğrudan güneye inen orta enlem, bazen de Avrupa üzerine yerleşen bir antisiklonun doğu kenarından kaynaklanan sirkülasyonla ilgilidir. Güneybatılı ve güneyli hava akımları, genellikle doğu ve kuzeydoğu yönünde ilerleyen Akdeniz cephesi alçak basınçları ile birlikte gözlenir. Güneydoğulu akımlar, Türkiye'nin doğusunda yerleşen bir antisiklonla ya da doğuya ilerleyen bir orta enlem siklonunun sıcak cephesi ile bağlantılı olabilir. Normal koşullarda, Azorlar antisiklonu kışın batı Akdeniz havzasını ve Batı Avrupa'yı etkiler; daha doğuya ve kuzeye pek geçemez. Azorlar antisiklonundan kaynaklanan mT hava kütlesi Karadeniz ve Doğu Akdeniz Havzasına kışın bu nedenle ender olarak ulaşabilir. Bu durum yazın birçok açıdan farklılık gösterir. Azorlar antisiklonu etki alanını kuzeye ve doğuya doğru genişletir. Türkiye'ye kışın ulaşan mP hava kütleleri Kuzey Denizi – Baltık Havzası ve Atlantik kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılabilir.



Şekil 4.14 Kış Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)

Şekil 4.6'da ocak ayına ait uzun dönem aylık ortalama rüzgâr deseni görülmektedir. Şekil 4.6'da görüldüğü üzere, bölgesel geniş ölçekli basınç ve rüzgârların dağılışı ve etkinlik desenlerine ve Anadolu karasının çevresine göre daha soğuk olmasından kaynaklanan bölgesel ölçekli basınç dağılışının denetimi sonucunda, genel olarak hava akışları (rüzgârlar) daha soğuk karadan daha sıcak denizlere doğru yönelme eğilimindedir. Ayrıca, merkezden çevreye ve batıdan doğuya doğru bir hava akışı görülmektedir. Batıda Akdeniz siklonlarına ve Akdeniz havzasına inen orta enlem siklonlarına bağlı olarak gelişen, siklonik oluşumlu güneybatılı (Lodos in Turkish) rüzgârlar egemendir. Batı ve kuzeybatı yönlü akımlar, genel olarak polar cephe boyunca oluşan orta enlem siklonlarından, doğu ve kuzeydoğu yönlü akımlar Doğu Avrupa üzerine yerleşen yüksek basınçlardan ve / ya da Sibiryaya antisiklonundan kaynaklanmış olabilir.

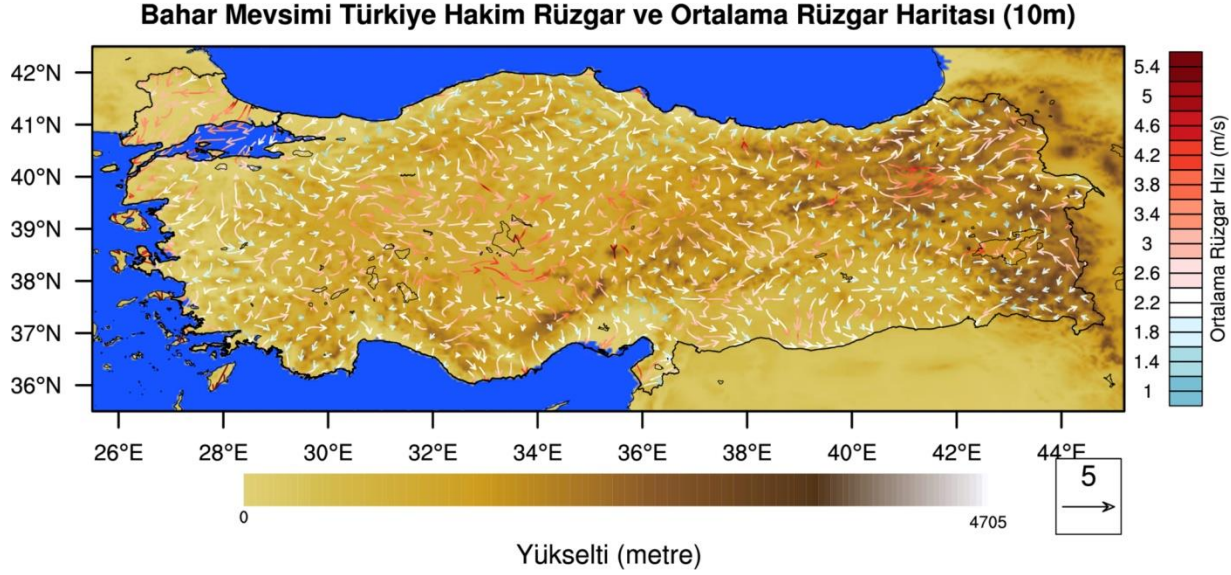
Öte yandan, İç Batı Anadolu'da rüzgârın kuvvetlendiği gözlenir. Olağan koşullarda (kuramsal olarak) kuvvetli rüzgâr oluşumu kuvvetli basınç gradyanına bağlıdır. Bu alanlar, özellikle kuzey sektöre yıl boyunca açık yüksek ve düz yaylalar üzerindedir. Dolayısıyla hem sürtünmenin etkisi fazla olmamakta hem de yıl boyunca uygun bölgesel gradyan koşullarında kuvvetli ve sürekli rüzgârlar bu alanda etkili olabilmektedir. Dolayısıyla bu alanlarda güçlü gradyan rüzgârlar görülmektedir. Bu durum, şekil 4.14'deki rüzgâr hızının rotasyonel bileşeni desenliyle de açıklanabilir.

Şekil 4.14 'te Ocak ayına ait hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti dağılımı görülmektedir. Açık ve düz yaylalar üzerinde rüzgâr yönünde orografyanın bir etkisi olmadığından her yönde güçlü rüzgârlar görülebilir. Şekil 4.14'te İç Batı Anadolu'da hâkim rüzgâr yönü genel olarak SW, W, NW yönündedir. Bu durum genel olarak bu gölgede batılı rüzgârların güçlenmesini açıklamaktadır. Karadeniz ve Akdeniz kıyıları ile Doğu Anadolu Bölgesinde hâkim rüzgâr yönü ve ortalama rüzgâr hızı yönleri benzerlik göstermektedir. Bu durum Ocak ayında meydana gelen ısı farklarının rüzgâr yönü ve şiddeti üzerindeki önemli etkisini göstermektedir. Marmara bölgesinde hâkim rüzgâr yönü boğazlara paralel sayılabilir. Bu bölge sirkülasyon açısından oldukça dinamiktir. Kuzeydoğu Atlantik ve Akdeniz havzası orijinali geniş ölçekli hava sistemleri olan (dinamik basınç merkezleri ve bağlantılı atmosferik sirkülasyonlar) sonbahar ve kış mevsimlerinde genel olarak orografi, topoğrafi ve karasallık gibi yerel faktörlere göre daha

baskındır. Bu yüzden, bu bölgede kışın ortalama rüzgâr şiddeti, hâkim rüzgâr şiddetlerine göre genelde düşük ve yönleri hâkim rüzgâr yönlerine göre farklılık göstermektedir. Doğu Karadeniz Bölgesinde hâkim rüzgâr yönü genel olarak SW iken ortalama rüzgâr yönü kıyıya paraleldir. Bu durum, bölgede dağların kıyıya paralel olarak uzanması, deniz düzeyi basıncının çevreye göre daha düşük olması (i.e. Doğu Karadeniz’de görülen dalga tipi siklonlar, stasyoner ve oklüzyon cephelerin oluşumları Kafkasların da katkısıyla bu düşük basınç alanının varlığıyla da açıklanabilir) ve dağ – vadi meltemlerinin rüzgâr yönü üzerindeki etkisiyle açıklanabilir.

Şekil 4.14’te Ocak ayına ait uzun dönem aylık ortalama rüzgârın diverjant bileşeni ve hız potansiyeli deseni görülmektedir. Şekil 4.14’te kontur çizgileri hız potansiyellerini göstermektedir. Hız potansiyelinin sıfır olduğu konturlar koyu renkte gösterilmiştir. Diverjant rüzgâr düşük hız potansiyelinden yüksek hız potansiyeline doğru eser. Kışın Doğu Anadolu Bölgesinde oluşan termik oluşumlu yüksek basınç merkezleri Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege bölgesi ve Akdeniz Bölgesinde ise Türkiye’yi etkileyen Akdeniz ve orta enlem siklonlarının ortalama koşullardaki göstergesi durumundaki alçak basınç alanları görülmektedir. İç Anadolu Bölgesindeki alçak basınç alanı ise çevresi daha karasal olan doğu, batı ve kuzeydeki bölgelerle olan ısı farklarından dolayı termik oluşumludur.

Jeostrofik rüzgâr basınç gradyan kuvveti ile Koriyolis kuvveti arasındaki denge sonucunda konturlara eşit esen düz hava hareketidir. Bu tür rüzgârda sürtünmenin olmadığı, akışın eğimsiz ve doğrusal olduğu, dikey ivme ile konverjans ve diverjansın olmadığı ya da ihmal edilir düzeyde olduğu varsayılır. Ancak, hesapladığımız rüzgârlar sinoptik yüzey hava gözlemlerine dayalı 10m rüzgârları olduğu için, gerçekte Türkiye üzerindeki rüzgâr kestirimleri üzerinde sürtünmenin etkisi önemlidir. Bu yüzden bu rüzgârlar, gerçekte jeostrofik değil sınır katmanı gradyan rüzgârlarıdır. Şekil 4.14 ‘te Doğu Anadolu Bölgesinde görülen kuvvetli basınç değişimlerinin güçlü jeostrofik rüzgârların oluşması gerektiğini akla getirmektedir. Ancak şekil 4.15’te görüldüğü üzere bu bölgede göreceli olarak zayıf rüzgârlar gelişir. Doğu Anadolu Bölgesi’nin yüksek ve dağlık topoğrafik yapısı yüzünden yerel basınç değişiklikleri önemlidir. Ancak bölgenin çok engebeli olması ve kısa mesafedeki büyük yükselti değişiklikleri yüzünden oluşan sürtünmenin etkisi bu bölgede düşük hızlı sınır katmanı rüzgârlarının oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.15 Bahar Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)

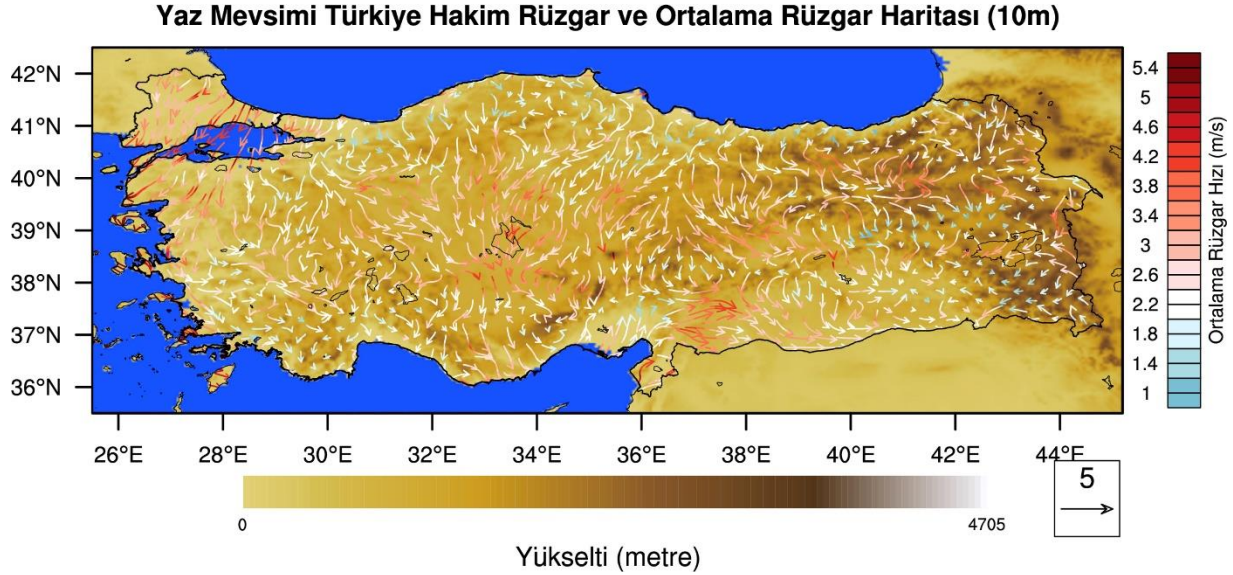
Şekil 4.15’de Nisan ayının uzun dönemli aylık ortalama rüzgâr deseni görülür. Kararın denizlere göre daha hızlı ve fazla ısınmaya başlaması ile kararın denizlere göre daha alçak basınç alanı olması sonucunda, hava akışları genel olarak çevreden merkeze ve batıdan doğuya doğrudur. İlkbaharın gelmesiyle birlikte, hava sıcaklığının artmaya başlaması sonucunda, İç Anadolu’da yüzeyin Doğu Anadolu’ya göre daha erken ısınması ve kar örtüsünün daha erken erimesi sonucunda yüksek basınç merkezi doğuya doğru çekilir. Nisan ayında ısınmaya başlayan kara parçası üzerindeki yüksek basınç hâkimiyetinin bozulması ve bunun sonucunda orta enlem depresyonlarının siklonik hava hareketleri daha serin olan iç kısımlara ulaşır. Dolayısıyla ilkbaharda batı yönlü siklonların ve onlarla bağlantılı rüzgârların etkinlikleri de İç Anadolu’da artar. Bu mevsimde genel olarak SW yönlü rüzgârlar görülmektedir.

Şekil 4.15’de Nisan ayına ait hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti dağılımı görülmektedir. V_p şiddeti genel olarak Ocak ayına göre azalma göstermektedir. Şekil 4.15’de genel olarak SW yönlü düzgün hava akışları görülmesine rağmen şekil 4.14’de özellikle İç Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesinde hâkim rüzgâr yönü ortalama rüzgâr yönü dağılımlarına göre farklılık göstermektedir. Bu durum Nisan ayında karalar ve denizler arasındaki ısı farklarının azalması ile topografya ve orografya gibi yerel faktörlerin rüzgâr esme sıklığındaki etkisini göstermektedir.

Şekil 4.15’de Nisan ayına ait ortalama rüzgârın diverjant bileşeni ve hız potansiyeli deseni görülmektedir. Şekil 4.15’de Doğu Anadolu Bölgesinde görülen yüksek basınç merkezinin havanın ısınmaya başlamasıyla birlikte etkisini kaybettiği görülmektedir. Hız potansiyeli kontur çizgileri enlemlere paralel uzanma eğilimindedir. Bu durumun nedeni sıcaklık, basınç ve rüzgâr oluşumu arasındaki ilişkinin olasılıkla bu ayda kısmen enlemlere göre şekillenmesi olabilir.

Şekil 4.15’de Nisan ayına ait ortalama rüzgâr hızının rotasyonel bileşeninde oluşan kuvvetlenme durumu, yerel fiziki coğrafya etkisi ve koşullarının yerel rüzgâr oluşumuna etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.15’de, Nisan ayında havanın ısınmasıyla birlikte Türkiye genelinde yüzey hava basınçlarında azalma olduğunu göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesinde DDB basıncı dağılımı hemen hemen aynı olmakla beraber, kıyı bölgelerinde özellikle Akdeniz bölgesinde karasal iç bölgelere göre daha düşük basınç alanları oluşmaktadır. Bu basınç dağılımına göre, Akdeniz’in iç kesimlerinde denize doğru rüzgâr oluşumları beklenebilir. Ancak karanın denize göre daha fazla ısınmaya başlaması nedeniyle karada denize göre daha düşük termal basınç alanları oluşur ve bu yüzden oluşan rüzgârın yönü genel olarak denizden karaya doğrudur.



Şekil 4.16 Yaz Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)

Şekil 4.16’da Temmuz ayına ait uzun dönem aylık ortalama rüzgâr deseni görülmektedir. Genel ve bölgesel atmosfer dolaşımı desenlerinin KYK’de değişmesi sonucunda Azorlar yüksek basıncından muson alçak basıncına yönelen hava akışları genel olarak kuzeyli ve özellikle de kuzey batılı hava akışları, Akdeniz kıyılarındaki deniz meltemleri dışında kuvvetlenmiş durumdadır. Doğu Anadolu Bölgesinde pürüzlülük, orografya, yükselti ve perdeleme (engel) etkisi gibi topoğrafik etmenlerin rüzgâr oluşumları üzerindeki etkisi büyüktür.

Şekil 4.16’da görüldüğü üzere, Temmuz ayı ortalama rüzgâr hızlarında önemli bir artış ortaya çıkar. Bu durum yaz aylarında görülen sıcaklık farklılıklarının büyüklüğünden kaynaklanır. Sıcaklık farklarının artması, örneğin gündüzleri kara yüzeylerinde oluşan termal kararsızlığın da katkısıyla, gündüz gecelere göre gündüzleri daha güçlü rüzgârların esmesini yönlendiren başlıca önemli etmendir.

Şekil 4.16’da Temmuz ayına ait hâkim rüzgâr yönü ve şiddeti dağılımı görülmektedir. Şekil 4.16’da olduğu gibi ortalama rüzgâr şiddetinin artışına bağlı olarak Temmuz ayında hâkim rüzgâr şiddetlerinde de artış meydana gelmektedir. Marmara Bölgesinin güney kesimlerinde görülen V_p ’de oluşan güçlenme, Marmara Denizinin ısı farkını arttırıcı etkisinin bir sonucudur. Temmuz ayında denizler ve karalar arasındaki ısı farkı yüksekliğinin rüzgâr yön ve şiddetine

olan kuvvetli etkisi nedeniyle, Türkiye’de genel olarak hâkim rüzgâr yönü ortalama rüzgâr yönü ile benzerlik görülmektedir.

Şekil 4.16’da Temmuz ayına ait ortalama rüzgârın diverjant bileşeni ve hız potansiyeli deseni görülmektedir. Nisan ayına ait desen incelendiğinde, hız potansiyeli kontur çizgilerinde görülen paralellik daha belirgindir. Bu durum, hız potansiyeli konturlarının enlemlere daha iyi paralellik göstermesi, yaz aylarında rüzgâr oluşumuna enlemlerin etkisinin daha fazla olduğunu düşündürmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesinin batısındaki alanlarda hem ortalama hız hem de hâkim rüzgâr hızları düşüktür.

Şekil 4.16’da Temmuz ayına ait ortalama rüzgâr hızının rotasyonel bileşenlerinde gözlemlendiği gibi, sinoptik ölçekte bölgesel (i.e., orta enlemler ile subtropikal kuşak ve Akdeniz havzası arasında) sıcaklık ve basınç gradyanının zayıflaması, yerel ölçekteyse hem bunun etkisiyle hem de yaz ısınmasının kuvvetlenmesiyle birlikte kara – deniz sıcaklık farklılaşması ve yerel rüzgârların oluşumu sıklıklarının artmasıyla bağlantılı olabilir.

Şekil 4.16’da Temmuz ayına ait ortalama rüzgâr hızının rotasyonel bileşen deseni görülmektedir. Özellikle Akdeniz Bölgesi kıyılarının rotasyonel hız bileşenleri, bu ayda kara – deniz arasındaki günlük sıcaklık farklılaşmasının ve buna bağlı olarak yerel rüzgârların (özellikle kara – deniz ve dağ – vadi meltemlerinin) etkili olmasının da katkısıyla kuvvetlidir.

Temmuz ayında Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi diğer bölgelere göre çok daha sıcaktır. Temmuz ayına ait DDB desenlerinde de sıcaklığın fazla olmasından ve muson alçak basınç alanının sirkülasyon temelli etkilerinin Mezopotamya üzerinden Türkiye kadar uzanması nedeniyle oluşan daha düşük basınç alanlarını açıklamaktadır.

Güney Marmara bölgesinde rüzgâr yönünün denizden karaya doğru olması Marmara denizinin bu bölgedeki rüzgâr oluşumundakini etkisini göstermektedir. Marmara denizin güneyinde görülen güçlü rüzgârın, Marmara denizin Karadeniz’den gelen soğuk suların etkisiyle soğuması ve kara ile olan sıcaklık farkının artması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.



Şekil 4.17 Kış Mevsimi Türkiye Hâkim Rüzgâr ve Ortalama Rüzgâr Haritası (10m)

Şekil 4.17’de Ekim ayına ait uzun dönem aylık ortalama rüzgâr deseni görülmektedir. Yazın sona ermesi ve daha serin koşulların başlaması ve bu koşulların hemen her yerde benzerlik göstermesi nedeniyle basınç gradyanı henüz zayıftır. Türkiye genelinde ortalama rüzgâr hızının en düşük olduğu mevsim sonbahar mevsimidir.

Şekil 4.17’de Ekim ayına ait hakim rüzgâr yönü ve şiddetinin dağılımı görülmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde kıyıya paralel bir hava akışı söz konusudur. Ancak hâkim rüzgâr yönü soğumaya başlayan karanın da etkisiyle, karadan denize doğrudur. Bu bölgede dağların kıyıya paralel olmasının rüzgâr yönü ve şiddeti üzerinde önemli etkileri vardır.

Şekil 4.17’de Ekim ayına ait ortalama rüzgârın diverjant bileşeni ve hız potansiyeli deseni görülmektedir. Havanın soğumaya başlaması ile birlikte doğuda termal kökenli yerel yüksek basınç merkezlerinin oluşmaya başlaması görülmektedir.

Şekil 4.17’de Ekim ayına ait ortalama rüzgâr hızının rotasyonel bileşen deseni görülmektedir. Doğu Akdeniz bölgesinde görülen durum bölgenin topoğrafik yapısı nedeniyle oluşan sürtünme kuvvetlerinin etkisini göstermektedir.

Şekil 4.17’de Ekim ayında enlemsel sıcaklık ve buna bağlı basınç farklılıklarının henüz önemli olmamasına karşın, bu ayda havanın soğumaya başlamasıyla Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde düşük hava basınç alanlarının azaldığı kontur çizgilerinden anlaşılmaktadır. Özellikle İç Anadolu, Marmara ve Karadeniz bölgesinde çok geniş alanlarda önemli basınç değişimi görülmektedir. Basınç gradyanlarındaki bu azalma rüzgâr kuvvetini azaltmaktadır. Şekil 4.17’de görülen hızlarının düşüklüğü basınç gradyanlarının zayıflığı ile açıklanabilir. Doğu Anadolu bölgesinin güneydoğu bölümündeki oluşan rüzgârların kuvvetli oluşu ve yönü o bölgedeki alçak basınç alanından kaynaklanmaktadır. Rüzgâr yönü yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğrudur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bu çalışmada, vektörel ve topoğrafik kompozit haritalar, MGM'den alınarak 2012-2017 yılları arası ölçülmüş 1207 adet istasyona ait ortalama rüzgâr hızı (m/s) ve 1198 istasyona ait hâkim rüzgâr hızı (m/s) ve yönü verisi kullanılarak Near Command Language (NCL) programı ile hazırlanmıştır.
- Rüzgâr enerji potansiyelinin belirlenmesi için yine MGM'den seçilen 5 istasyona ait, saatlik ortalama rüzgâr hızı (m/s) verisi, hava yoğunluğunun hesaplanması için aylık ortalama sıcaklık (C^0) ve aylık istasyon basıncı (hPA) verileri alınmıştır.
- Türkiye'de kış aylarında genel olarak hava akışları (rüzgârlar) daha soğuk karadan daha sıcak denizlere doğru yönelme eğilimindedir. Ayrıca, merkezden çevreye ve batıdan doğuya doğru bir hava akışı egemendir. Yaz aylarında ise genel olarak daha soğuk denizden daha sıcak karalara doğru, sinoptik ölçekli basınç ve rüzgâr koşullarına bağlı olarak kuzeyden güneye doğru hava akışları görülmektedir.
- Karalar ve denizler arasındaki sıcaklık farklarının ilkbahar ve sonbahar aylarında azalması sonucunda, genel olarak Türkiye üzerinde bu mevsimlerde zayıf rüzgâr oluşmaları görülmektedir. Yazın sona ermesi ile daha serin koşulların başlaması ve bu koşulların hemen her yerde benzerlik göstermesi nedeniyle basınç gradyanı henüz zayıftır. Bu yüzden Türkiye genelinde ortalama rüzgâr hızının en düşük olduğu mevsim sonbahar mevsimidir.
- İç Batı Anadolu özellikle kuzey sektöre yıl boyunca açık yüksek ve düz yaylalar üzerindedir. Dolayısıyla hem sürtünmenin etkisinin az olması hem de yıl boyunca uygun bölgesel gradyan koşulları nedeniyle bu alanlarda güçlü gradyan rüzgârları görülmektedir.
- Doğu Karadeniz Bölgesinde hâkim rüzgâr yönü genel olarak SW iken ortalama rüzgâr yönü kıyıya paraleldir. Bu bölgede dağların kıyıya paralel olmasının rüzgâr yönü ve şiddeti üzerinde önemli etkileri vardır.
- Doğu Anadolu Bölgesi'nin yüksek ve dağlık topoğrafik yapısı yüzünden, bölgedeki yerel basınç değişiklikleri önemlidir. Ancak bölgenin çok engebeli olması ve kısa

mesafedeki büyük yükselti değişiklikleri yüzünden oluşan sürtünmenin etkisi, bu bölgede düşük hızlı sınır katmanı rüzgârlarının oluşmasına neden olmaktadır.

- Yazın genel olarak Türkiye’de karalar ve denizler arasında sıcaklık farklarının yüksek olmasına rağmen, Doğu Karadeniz Bölgesinin batısındaki alanlarda yazın hem ortalama hız hem de hâkim rüzgâr hızlarında zayıflama gözlenir.
- Güney Marmara Bölgesinde rüzgâr yönünün denizden karaya doğru olması, Marmara denizinin bu bölgedeki rüzgâr oluşumundakini etkisini gösterir. Marmara denizinin güneyinde görülen güçlü rüzgârın, Marmara denizinin Karadeniz’den gelen göreceli olarak daha soğuk suların etkisiyle soğuması ve kara ile olan sıcaklık farkının artması sonucu oluştuğu öngörülebilir.

KAYNAKLAR

- Akova, İ. (2011). Development potential of wind energy in Turkey. *EchoGéo*, 12457: 1963-1197.
- Barutçu, B. (2013). Wind Energy Conversion Technologies Ders Notları. Enerji Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Berg, M. D., O. Cheong, M. V. Kreveld, ve M. Overmars. (2008). *Computational Geometry: Algorithms and Applications* (Third Edition).
- Çalışkan, M. (2011). Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli ve mevcut yatırımlar rüzgâr enerjisi.
- Durak, M. ve Özer, S. (2008). Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Ankara, Türkiye.
- EİEİ. (2007 ya da 2009). Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ), Ankara.
- Erinç, S. (1984). *Climatology and its methods*. 3rd edition. Istanbul. Gür-ay Pres Inc. (in Turkish).
- Foster, M. P. ve A. N. Evans. (2008). An evaluation of interpolation techniques for reconstructing ionospheric TEC maps. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 46: 2153–2164.
- Gold, CM. (1989). Surface Interpolation, spatial adjacency and GIS. In J Raper, editor, *Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems*, pages 21–35. Taylor & Francis.
- Hau, E. (2006). *Wind Turbines – Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, NY: Springer-verlag Berlin Heidelberg. New York, USA.
- Hepbaşlı, A. ve Özgener, Ö. (2004). *Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 8, Issue 3*.
- İlhan, A. ve Bilgili, M. (2016). An Overview of Turkey's Offshore Wind Energy Potential Evaluations. *Turkish Journal of Scientific Reviews* 9, ISSN. 1308-0040, No: 55-58.

- Jones, M. D., Roberts, C. N., Leng, M. J. ve Türkeş, M. (2006). A high-resolution late Holocene lake isotope record from Turkey and links to North Atlantic and monsoon climate. *Geology* 34: 361-364.
- Kaya, M. N., Hilmi Aksoy, M. Köse, F (2017). Renewable Energy In Turkey: Potential, Current. Koçak, K. (2008). Practical ways of evaluating wind speed persistence. *Energy* 33: 65–70.
- Koçak, K. (2009). Examination of persistence properties of wind speed records using detrended fluctuation analysis. *Energy* 34: 1980–1985.
- Kurtaran, G. (2008). Wind Energy in Turkey, Dewi Magazin NO. 33, August 2008.
- Kutiel, H. ve Türkeş, M. (2005). New evidence about the role of the North Sea – Caspian Pattern (NCP) on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 87: 501-513.
- Kutiel, H., Hirsch-Eshkol, T. R. ve Türkeş, M. (2001). Sea level pressure patterns associated with dry or wet monthly rainfall conditions in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology* 69: 39-67.
- Lavagnini, A. et al., (2006). Offshore wind climatology over the Mediterranean basin. *Wind Energ* 9:251–266.
- Mentaş, S. (2012). Rüzgar Enerjisi Sistemleri Ders Notları. Meteoroloji Bölümü, Uzay Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. Pages 257-276.
- Sambridge, M. ve Braun, J. McQueen, H. (1995). Geophysical parameterization and interpolation of irregular data using natural neighbours. *Geophysical Journal International* 122: 837–857.
- Sıdkı Uyar, T. (1998). Wind Energy in Turkey, *DEWI Magazin Nr. 13, August 1998*, Jens Peter.
- Sibson, R. (1981). A brief description of natural neighbor interpolation. In: V. Barnett (ed.), *Interpreting Multivariate Data*: John Wiley & Sons, 21–36.
- Status And Future Aspects, ANNALS Of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal Of Engineering Tome XV [2017] – Fascicule, ISSN: 1584-2665.

- Şen, O. (1980). Forest fires in Turkey and the effectiveness of the wind. Presented at 1st National Meteorology Congress, ITU Faculty of Science Press, Istanbul/ Part I. 1980; 190-195.
- Tatli, H., Dalfes, HN. ve Menteş, ŞS. (2005). Surface air temperature variability over Turkey and its connection to large scale upper air circulation via multivariate techniques. *International Journal of Climatology* 25: 331–350.
- Trigo, R., Xoplaki, E., Zorita, E., Luterbacher, J., Krichak, S., Alpert, P., Jacobeit, J., Saenz, J., Fernandez, J., Gonzalez-Rouco, F., Garcia-Herrera, R., Rodo, X., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Türkeş, M., Gimeno, L., Ribera, P., Brunet, M., Trigo, I., Crepon, M. ve Mariotti, A. (2006). Relations between variability in the Mediterranean region and mid-latitude variability. In: Chapter 3, Mediterranean Climate Variability, Eds. Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., and Boscolo, R., Elsevier Developments in Earth & Environmental Sciences 4, Amsterdam, 179-226.
- Türkeş, M. ve Erlat, E. (2003). Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2000. *International Journal of Climatology* 23: 1771–1796.
- Türkeş, M. (2010). Climatology and Meteorology. First Edition, Kriter Publisher - Publication No. 63, Physical Geography Series No. 1, ISBN: 978-605-5863-39-6, 650 + XXII pp., İstanbul (in Turkish).
- Türkeş, M. ve Erlat, E. (2006). Influences of the North Atlantic Oscillation on precipitation variability and changes in Turkey. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics* 29: 117-135.
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology* 29: 1056–1074.
- Watson, DF. ve Phillip, G. (1987). Neighborhood-based interpolation. *Geobyte* 2:12–16.
- Watson, D. F. (1992). Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data. Pergamon, Oxford.

ÖZGEÇMİŞ

Said Shahrukh BARLAS, 26.03.1994 yılında Afganistan'ın Kuzey bölgesinde yer alan Sarepol ilinde doğmuştur. Ana dili Özbekçe olup; yabancı dillerden Türkçe, Farsça, İngilizce, Hintçe ve Urduca dillerine de konuşma, yazma ve okuma konusunda hakimdir. Ayrıca Arapça ve Rusça dillerinde de eğitim almıştır. 2012 yılında liseyi Cevizcan Teknik Enstitüsü Elektrik bölümünde başarıyla bitirmiştir. 2012-2013 yılları arası Türkiye'ye NATO projesiyle gelerek farklı dillerde bir dönem tercümanlık yapmıştır. Daha sonra Afganistan'a dönüp Barlas Üniversitesinde idari işlerle meşgul olup aynı zamanda Amir Alishir Nawayi Üniversitesinde İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında 2015 yılında lisans eğitimini başarıyla tamamlamıştır. Ayrıca ülkesinde farklı inşaat projelerinde staj görmüş ve bir süre çalışmıştır. Farklı alanlarda yönetim tarafından sertifika ve takdir belgelerine layık görülmüştür.

2015 yılının sonlarına doğru Türkiye'ye yerleştikten sonra Çanakkale İl Göç İdaresi Müdürlüğünde (Farsça, Özbekçe, Urduca, İngilizce ve Hintçe dillerinde) tercüman sıfatında çalışmaya başlamıştır. 2017 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Fakültesinden İnşaat Mühendisliği Yüksek lisans bölümünü kazanmış olup, 2019 yılında bu bölümü tezli olarak başarıyla tamamlamıştır.