

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE RÜZGÂR  
KARAKTERİSTİĞİNİN BELİRLENMESİ VE KÜÇÜK  
RÜZGÂR TÜRBİNLERİ İLE ENERJİ ÜRETİM  
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE RÜZGÂR KARAKTERİSTİĞİNİN  
BELİRLENMESİ VE KÜÇÜK RÜZGÂR TÜRBİNLERİ İLE ENERJİ ÜRETİM  
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU**  
ORCID ID: 000 0002 0211 295X

Prof. Dr. Ali VARDAR  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020 Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU** tarafından hazırlanan “GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE RÜZGÂR KARAKTERİSTİĞİNİN BELİRLENMESİ VE KÜÇÜK RÜZGÂR TÜRBİNLERİ İLE ENERJİ ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** Prof. Dr. Ali VARDAR

**Başkan :** Prof. Dr. Ali VARDAR  
0000 0001 6349 9687  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Nazmi İZLİ  
0000 0002 2084 4660  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN  
0000 0002 4933 7144  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Bölümü

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

.. / .. / ....

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**28/02/2020**

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİNDE RÜZGÂR KARAKTERİSTİĞİNİN BELİRLENMESİ VE KÜÇÜK RÜZGÂR TÜRBİNLERİ İLE ENERJİ ÜRETİM POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Ali VARDAR

Dünyamızın ana enerji kaynağı güneştir. Sürekli devam eden doğal süreçte var olan enerji akışı dünyamızı ve varoluşu ayakta tutar. Güneşteki nükleer tepkimeler sonucunda oluşan güneş ışınlarının dünyamızla etkileşerek depolanmış ve dönüşmüş halleri farklı enerji kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu enerji kaynakları arasında yenilenebilir enerji kaynakları ise, tükenme hızından daha hızlı kendini yenileyebilmesi ile tanımlanabilir. Bu yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, biokütle enerjisi ve benzeri olarak sıralanabilir.

Stratejik olarak enerji kaynakları ne kadar çok çeşitlendirilir ve ne kadar çok yenilenebilir enerjilerle desteklenir ise insanlık o ölçüde gelecekteki refahını garanti altına almış olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise son 10 yıldaki sektör büyümesi ve yatırımlar ele alınacak olursa Rüzgâr Enerjisi ayrı bir önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tarımsal amaçlı kullanım dikkate alınarak rüzgâr enerjisinin potansiyelini analiz etmek ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli hakkında bilimsel kaynaklarda mevcut bilgi eksikliğini azaltmak için bir adım atmaktır.

Çalışmada; Güneydoğu Anadolu Bölgesinde toplam 9 şehirdeki 24 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne ait Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası ve uydu görüntüleri eş zamanlı olarak incelenmiş, bölgeyle ilgili çeşitli bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda öncelikle bölgenin rüzgâr karakteristikleri belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca bölgedeki rüzgâr karakteristikleri dikkate alınarak yatay ve dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin muhtemel performansları irdelenmiş, elde edilecek güç ve enerji değerleri ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji, Rüzgâr enerjisi, Küçük türbinler, Güneydoğu Anadolu rüzgâr potansiyeli, Kapasite faktörü

**2020, xi + 106 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **DETERMINATION OF WIND CHARACTERISTICS IN SOUTHEASTERN ANATOLIA AND ENERGY PRODUCTION POTENTIALS BY SMALL WIND TURBINES**

**Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biosystems Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Ali VARDAR

The main source of the World is the sun. The continuous energy flow in the natural process keeps our world alive and existence. The solar rays formed as a result of nuclear reactions in the sun interact with our world and are stored and transformed into different energy sources. Among thies energy resources, Renewable energy sources can be defined as being able to renew itself faster than depletion rate. These renewable sources are; solar energy, wind energy, geothermal energy, hydraulic energy and so on.

The more strategically diversified the energy resources and the more they are supported by renewable energies, the more humanity will guarantee future prosperity. regarding the sector growth and invstments in the last 10 years, Wind Energy gains a special importance among renewable energy resources.

The aim of this study; to analyse potential of wind energy by considering agricultural use in the Southeast Anatolia and to take a step to reduce the lack of information available in the scientific sources about the Southeastern Anatolia Region Wind Energy Potential.

On this study; the data of 24 meteorological stations in 9 cities in Southeast Anatolia, Wind Energy Potential Atlas of General Directorate of Renewable Energy and satellite imagery were analyzed simultaneously and various information about the region was obtained. In this study, considering the wind characteristics in the region, possible performances of the horizontal and vertical axis wind turbines are examined and the power and energy values to be obtained are presented.

**Key words:** Renewable energy, Wind energy, Small turbines, Southeastern Anatolia wind potential, Capacity factor

**2020, xi + 106 pages.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca aynı zamanda bu tez çalışmasında bana bilgi ve tecrübeleriyle önderlik eden ve benden desteğini esirgemeyen saygı değer hocam Prof. Dr. Ali VARDAR'a en içten duygularıyla sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beni desteğiyle her zaman ayakta tutan eşim Moris İPEKÇİOĞLU'na ve motivasyon kaynağım kızım Bella Mia İPEKÇİOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU

28/02/2020

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2.KURAMASAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Kuramsal Temeller.....	6
2.1.1. Rüzgâr.....	6
2.1.2. Rüzgâr oluşumundaki kuvvet faktörleri.....	7
2.1.3. Rüzgâr enerjisi.....	10
2.1.4. Rüzgâr türbinleri.....	19
2.1.5. Rüzgâr türbin sınıflandırması.....	25
2.2. Kaynak Araştırması.....	34
3. MATERYEL VE YÖNTEMLER.....	38
3.1. Materyal.....	38
3.1.1. Araştırma sahası.....	38
3.1.2. Meteorolojik istasyonlar.....	38
3.1.3. Haritalar ve görsel materyaller.....	39
3.1.4. Rüzgâr türbinleri.....	43
3.2. Yöntem.....	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	51
4.1. Adıyaman ili bulguları.....	60
4.1.1. Adıyaman Merkez ilçebulguları.....	60
4.1.2. Adıyaman Gölbaşı ilçe bulguları.....	62
4.1.3. Adıyaman Kahta ilçe bulguları.....	63
4.1.4. Adıyaman Samsat ilçe bulguları.....	65
4.2. Batman ili bulguları.....	66
4.2.1. Batman Merkez ilçebulguları.....	66
4.3. Diyarbakır ili bulguları.....	68
4.3.1. Diyarbakır Merkez ilçe bulguları.....	68
4.3.2. Diyarbakır Çermik ilçe bulguları.....	70
4.3.3. Diyarbakır Ergani ilçe bulguları.....	71
4.3.4. Diyarbakır Sur ilçe bulguları.....	72
4.4. Gaziantep ili bulguları.....	74
4.4.1. Gaziantep Şahinbey ilçe bulguları.....	74
4.4.2. Gaziantep İslahiye ilçe bulguları.....	77
4.5. Kilis ili bulguları.....	76
4.6. Mardin ili bulguları.....	79
4.6.1. Mardin Merkez ilçebulguları.....	79
4.6.2. Mardin Nusaybin ilçe bulguları.....	80
4.7. Siirt ili bulguları.....	82



	<b>Sayfa</b>
4.8. Şanlıurfa ili bulguları .....	84
4.8.1. Şanlıurfa Şanlıurfa Merkez ilçebulgular .....	84
4.8.2. Şanlıurfa Akçakale ilçe bulguları .....	85
4.8.3. Şanlıurfa Birecik ilçe bulguları .....	86
4.8.4. Şanlıurfa Bozova ilçe bulguları .....	88
4.8.5. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe bulguları .....	89
4.8.6. Şanlıurfa Hilvan ilçe bulguları .....	91
4.8.7. Şanlıurfa Siverek ilçe bulguları .....	92
4.9. Şırnak ili bulguları .....	94
4.9.1. Şırnak Merkez ilçebulguları .....	94
4.9.2. Şırnak Cizre ilçe bulguları .....	95
5. SONUÇ.....	98
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	105

## SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Alanı (m <sup>2</sup> )
C <sub>F</sub>	Kapasite Faktörü (%)
F <sub>K</sub>	Sürtünme Kuvveti (N/m)
h	Rüzgâr Hızının Ölçüldüğü Yükseklik (m)
k	Von Karman Sabiti (0,4)
n	Hâkim Rüzgâr Yönüne Ait Hızın Frekansı
P	Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
R	Kanat Boyu veya Türbin Çapı (m)
REPA verisi	REPA Enterpolasyon Verisi
u*	Rüzgâr Hızı - Yükseklik Faktörü,
v	h Yüksekliğindeki Rüzgâr Hızı (m/s)
$\overrightarrow{v_{Hâkim}}$	Hâkim Rüzgâr Yönü Hızı Ortalaması (m/s)
$v_r$	Rüzgârın Hızı (m/s)
$\overrightarrow{v_{rüzgâr}}$	Hâkim Rüzgâr Yönü Hızı(m/s)
V <sub>Rort</sub>	Rüzgâr Hızı Ortalaması
z <sub>0</sub>	Yer Yüzeyindeki Engeller Kaynaklı Pürüzlülük Uzunluğudur (m).
λ	Uç hız oranı
ρ	Havanın Özgül Ağırlığı (gr/m <sup>3</sup> )
P	REPA Düzeltme Katsayısı
η	Verimi

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CF	Kapasite Faktörü
DC	Doğru Akım
DFIG	Değişken Hızlı- Çift Beslemeli İndüksiyon Jeneratörleri
EESG	Direkt Sürümlü- Elektriksel Uyartımlı Senkron Jeneratörler
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GRP	Cam Elyaf Plastik
HA	Horizontal Axis - Yatay Eksenli
IAE	Uluslararası Hava Mühendisliği
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IEC	Uluslararası Elektronik Komisyonu
PMSG	Direkt Sürümlü Sürekli Mıknatıslı Senkron Jeneratörler
Re	Reynold Katsayısı
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgâr Enerjisi Santrali
SCIG	Sincap Kafesli İndüksiyon Jeneratörleri
TÜREB	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TKDK	Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu
UTM	Bileşik Tehdit Yöntemi
VA	Vertical Axis - Dikey Eksenli
YAW	Rotordan Çıkartma
YEGEM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması .....	3
Şekil 2.1. Dünya üzerindeki sürekli rüzgâr kuşakları ve basınç alanları.....	8
Şekil 2.2. Ekman spirali.....	9
Şekil 2.3. Genel olarak rüzgâr sınıflandırması .....	9
Şekil 2.4. Dünya rüzgâr enerji kaynaklarının dağılımı.....	12
Şekil 2.5. Dünyanın teknik rüzgâr potansiyel dağılımı.....	13
Şekil 2.6. Dünya elektrik talep projeksiyonu ve rüzgâr enerjisi kullanım hedefleri.....	15
Şekil 2.7. Türkiye 2019 yılı kümülatif rüzgâr enerjisi kurulu gücü.....	16
Şekil 2.8. Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu güç miktar olarak bölgelere göre dağılımı.....	16
Şekil 2.9. Türkiye lisanslı kurulu güç dağılımı.....	17
Şekil 2.10. Rüzgar türbin elektrik üretim aşamaları şeması.....	20
Şekil 2.11. Yatay eksenli türbin yapısı.....	20
Şekil 2.12. Türbin elemanları .....	21
Şekil 2.13. Burulmuş ve demonte kanatta itme kuvvetinin yarıçap boyunca dağılımı ....	21
Şekil 2.14. Rüzgâr türbini iç görünümü .....	23
Şekil 2.15. Yaw sistemi.....	24
Şekil 2.16. Kafes kule .....	25
Şekil 2.17. Tüp kule iç görüntüsü.....	25
Şekil 2.18. Rüzgâr türbin sınıflandırması.....	26
Şekil 2.19. Eğik eksenli Rüzgâr türbini.....	27
Şekil 2.20. Rüzgâr türbin sınıflandırması.....	28
Şekil 2.21. Kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri.....	30
Şekil 2.22. Rüzgâr eksenine göre türbinler.....	31
Şekil 2.23. Açık deniz rüzgâr türbinlerinin kavramsal tasarımları.....	33
Şekil 3.1. ArcMAP Güneydoğu Anadolu fiziki görünüm.....	40
Şekil 3.2. ArcMAP Güneydoğu Anadolu Bölgesi meteorolojik istasyon konumları.....	40
Şekil 3.3. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı.....	41
Şekil 3.4. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı.....	41
Şekil 3.5. Güneydoğu Anadolu illeri Rüzgâr hızı dağılımları- REPA .....	42
Şekil 3.6. 1000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	43
Şekil 3.7. 3000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	44
Şekil 3.8. 5000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	44
Şekil 3.9. 10000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	45
Şekil 3.10. 20000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	45
Şekil 3.11. 200W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	46
Şekil 3.12. 300W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	46
Şekil 3.13. 1000W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	47
Şekil 3.14. 1500W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi.....	47
Şekil 4.1. Adıyaman Merkez ilçemeteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri.....	61
Şekil 4.2. Adıyaman Gölbaşı ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	62
Şekil 4.3. Adıyaman Kahta ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	64
Şekil 4.4. Adıyaman Samsat ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri.....	65
Şekil 4.5. Batman ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	67
Şekil 4.6. Diyarbakır Merkez ilçemeteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	69
Şekil 4.7. Diyarbakır Çermik ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	70

**Sayfa**

Şekil 4.8. Diyarbakır Ergani ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	72
Şekil 4.9. Diyarbakır Sur ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	73
Şekil 4.10. Gaziantep Şahinbey ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	75
Şekil 4.11. Gaziantep İslahiye ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	76
Şekil 4.12. Kilis ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	78
Şekil 4.13. Mardin Merkez ilçemeteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	79
Şekil 4.14. Mardin Nusaybin ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri.....	81
Şekil 4.15. Siirt ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	83
Şekil 4.16. Şanlıurfa Merkez ilçemeteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	84
Şekil 4.17. Şanlıurfa Akçakale ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	86
Şekil 4.18. Şanlıurfa Birecik ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	87
Şekil 4.19. Şanlıurfa Bozova ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	89
Şekil 4.20. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	90
Şekil 4.21. Şanlıurfa Hilvan ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	92
Şekil 4.22. Şanlıurfa Siverek ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri.....	93
Şekil 4.23. Şırnak Merkez ilçemeteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	95
Şekil 4.24. Şırnak Cizre ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri .....	96

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	4
Çizelge 2.1. 2020 dünya talep projeksiyonu ve ekonomik rüzgâr potansiyeli.....	14
Çizelge 2.2. 2030 yılı dünya rüzgâr kurulu gücünün bölgesel dağılım projeksiyonu ....	15
Çizelge 2.3. Türkiye rüzgâr enerjisi mevcut durum.....	17
Çizelge 2.4. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli.....	18
Çizelge 2.5. IEC'ye göre rüzgâr türbin sınıfları için rüzgâr hız parametreleri .....	34
Çizelge 3.1. Kullanılabilir veri elde edilebilen meteorolojik istasyonlar.....	39
Çizelge 3.2. Yatay eksenli rüzgâr türbin çeşitleri.....	43
Çizelge 3.3. Dikey eksenli rüzgâr türbin çeşitleri.....	46
Çizelge 3.4. Pürüzlülük sınıfı ve pürüzlülük uzunluğu.....	49
Çizelge 4.1. İstasyonlara ait veri seti boyutu ve hâkim rüzgâr yönü.....	51
Çizelge 4.2. İstasyonlara ait pürüzlülük sınıfları ve pürüzlülük uzunlukları.....	52
Çizelge 4.3. İstasyonlara ait 50 m'de rüzgâr hızları ve düzeltme katsayıları.....	53
Çizelge 4.4. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı - 10 m...54	54
Çizelge 4.5. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı - 50 m...55	55
Çizelge 4.6. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinden elde edilebilecek enerji miktarı - 10 m.56	56
Çizelge 4.7. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinden elde edilebilecek enerji miktarı - 50 m.57	57
Çizelge 4.8. Kapasite faktörleri - 10 m.....	58
Çizelge 4.9. Kapasite faktörleri - 50 m.....	59
Çizelge 4.10. Adıyaman Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	60
Çizelge 4.11. Adıyaman Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	61
Çizelge 4.12. Adıyaman Merkez ilçemeteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	61
Çizelge 4.13. Adıyaman Gölbaşı ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	62
Çizelge 4.14. Adıyaman Gölbaşı ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları.....	62
Çizelge 4.15. Adıyaman Gölbaşı ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu.....	63
Çizelge 4.16. Adıyaman Kahta ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	63
Çizelge 4.17. Adıyaman Kahta ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	64
Çizelge 4.18. Adıyaman Kahta ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	64
Çizelge 4.19. Adıyaman Samsat ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	65
Çizelge 4.20. Adıyaman Samsat ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	66
Çizelge 4.21. Adıyaman Samsat ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	66
Çizelge 4.22. Batman Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	67
Çizelge 4.23. Batman Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	67
Çizelge 4.24. Batman ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	68
Çizelge 4.25. Diyarbakır Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	68
Çizelge 4.26. Diyarbakır Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	69
Çizelge 4.27. Diyarbakır Merkez ilçemeteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	69
Çizelge 4.28. Diyarbakır Çermik ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	70
Çizelge 4.29. Diyarbakır Çermik ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	70
Çizelge 4.30. Diyarbakır Çermik ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	71
Çizelge 4.31. Diyarbakır Ergani ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	71
Çizelge 4.32. Diyarbakır Ergani ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	72
Çizelge 4.33. Diyarbakır Ergani ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	72
Çizelge 4.34. Diyarbakır Sur ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	73
Çizelge 4.35. Diyarbakır Sur ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	73

Çizelge 4.36. Diyarbakır Sur ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	74
Çizelge 4.37. Gaziantep Şahinbey ilçe meteorolojik istasyon bulgular .....	74
Çizelge 4.38. Gaziantep Şahinbey ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	75
Çizelge 4.39. Gaziantep Şahinbey ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	75
Çizelge 4.40. Gaziantep İslahiye ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	76
Çizelge 4.41. Gaziantep İslahiye ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	76
Çizelge 4.42. Gaziantep İslahiye ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	77
Çizelge 4.43. Kilis ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	77
Çizelge 4.44. Kilis ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	78
Çizelge 4.45. Kilis ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	78
Çizelge 4.46. Mardin Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	79
Çizelge 4.47. Mardin Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	80
Çizelge 4.48. Mardin Merkez ilçemeteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	80
Çizelge 4.49. Mardin Nusaybin ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	81
Çizelge 4.50. Mardin Nusaybin ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	81
Çizelge 4.51. Mardin Nusaybin ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	82
Çizelge 4.52. Siirt ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	82
Çizelge 4.53. Siirt ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	83
Çizelge 4.54. Siirt ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	83
Çizelge 4.55. Şanlıurfa Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	84
Çizelge 4.56. Şanlıurfa Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	84
Çizelge 4.57. Şanlıurfa Merkez ilçemeteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	85
Çizelge 4.58. Şanlıurfa Akçakale ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	85
Çizelge 4.59. Şanlıurfa Akçakale ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	86
Çizelge 4.60. Şanlıurfa Akçakale ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	86
Çizelge 4.61. Şanlıurfa Birecik ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	87
Çizelge 4.62. Şanlıurfa Birecik ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	87
Çizelge 4.63. Şanlıurfa Birecik ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	88
Çizelge 4.64. Şanlıurfa Bozova ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	88
Çizelge 4.65. Şanlıurfa Bozova ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	89
Çizelge 4.66. Şanlıurfa Bozova ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	89
Çizelge 4.67. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	90
Çizelge 4.68. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	90
Çizelge 4.69. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	91
Çizelge 4.70. Şanlıurfa Hilvan ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	91
Çizelge 4.71. Şanlıurfa Hilvan ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	92
Çizelge 4.72. Şanlıurfa Hilvan ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	92
Çizelge 4.73. Şanlıurfa Siverek ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	93
Çizelge 4.74. Şanlıurfa Siverek ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	93
Çizelge 4.75. Şanlıurfa Siverek ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	94
Çizelge 4.76. Şırnak Merkez ilçemeteorolojik istasyon bulguları .....	94
Çizelge 4.77. Şırnak Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	95
Çizelge 4.78. Şırnak Merkez ilçemeteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	95
Çizelge 4.79. Şırnak Cizre ilçe meteorolojik istasyon bulguları .....	96
Çizelge 4.80. Şırnak Cizre ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgar hızları .....	96
Çizelge 4.81. Şırnak Cizre ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu .....	97

## 1. GİRİŞ

Enerji genel anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli yollarla elde edilebilen kullanılabilir enerji, konumuz gereği tarım dâhil her türlü iş için gerekli en temel girdidir. Enerji, hareketin ve işin kaynağıdır. Başka bir deyişle enerji, yaşamın özünde yatan temel güçtür. Dünyamızın içerisinde bulunduğu samanyolunun ana enerji kaynağı Güneş'tir. Dünyamız Güneş'ten salınan enerjinin küçük bir kısmını kullanabilmektedir. Bu küçük pay dünyamızda meydana gelen çoğu tükenbilir ve tükenmez enerji kaynaklarının ana kaynağıdır. Dünyamız Güneş'ten gelen enerjinin ancak %1-2'lik kısmını konumuzla ilişkili olan Rüzgâr Enerjisine dönüştürmektedir (İlkılıç ve ark. 2010, Anonim 2019a, Anonim 2003a). Anlaşılacağı üzere Lavoisier'in (1743-1794) Maddenin Sakımı Kanunu ile vurguladığı "Hiçbir şey yoktan var olmaz ve var olan hiçbir şey vardan yok olmaz" sözünün altı çizilerek; enerji de yoktan var edilemez ve var olan enerji yok edilemez diyebiliriz. Ancak bu gerçekten yola çıkarak enerjinin çeşitli şekillere dönüşür olduğunu anlamaktayız. Enerji üretimi ya da tüketimi denildiğinde bahsi geçen konu tam anlamıyla enerjinin dönüşümüdür.

Enerji ihtiyacını sadece üretim ile ilişkilendirmemek gerekir. İnsanlar açısından fizyolojik ihtiyaçlarını karşılamak, yaşamın çağdaş koşullarını sağlamak ve sürdürmek için de en önemli faktör enerjidir. İnsanoğlu hayatını ikame ettirmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. İlk insanlar yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için besin maddelerini enerji kaynağı olarak kullanmış, öncelikle toplayıcılık ve avcılıkla ihtiyaçlarını karşılamışlardır. Ateşin bulunmasıyla toplu yaşama geçmişler, ısınmış ve gıda maddelerini pişirmişlerdir. İhtiyaçların nüfusla doğru orantılı olarak artışı sosyolojik evrimi yani toplumsal yaşamı dolaylı olarak iş bölümü kavramını ortaya çıkarmıştır.

Toplumsal yaşama geçişte insanlar öncelikle göçebedir. Bu dönemde taşıma işleri için hayvanlar kullanılmıştır. Yerleşik yaşama geçiş ile toplayıcı toplum yerini organize olan tarımsal faaliyetlerde bulunan toplum yapısına geçirmiştir. Bu dönemde iş yaptırıcı enerji kaynağı insanlar (kölelik) ve hayvanlar olmuştur. Bilgi seviyesinin artmasıyla basit makineler kullanılmış ve su taşıma, buğday öğütme gibi işlerin yürütülmesi için iş yaptırıcı enerji kaynağı olarak doğada serbest halde bulun itici kuvvetlerden biri olan



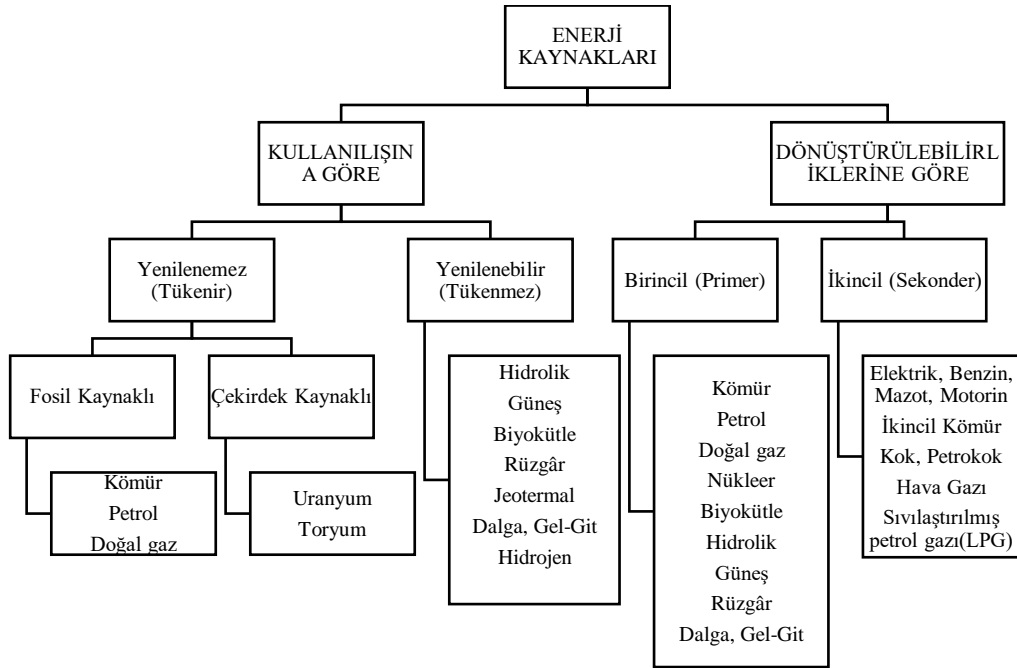
rüzgâr enerjisi de kullanılmıştır. Endüstriyel gelişmeler öncelikle basit ardından karmaşık makinelerin hayata geçişini sağlamıştır.

Karmaşık makinelerin enerji kaynakları öncelikle odundu. Zamanla teknoloji ve bilimin ilerleyişi, fosil yakıtların kullanılmasını sağlamıştır. Endüstri devrimiyle 18. yüzyılda buhar makinelerinin ortaya çıkması sonucu iş yaptırıcı gücün temini için termodinamik organizasyonları içeren sistemler oluşturmuşlardır. Dünden bugüne dek artan nüfus ve enerji ihtiyacı beraberinde enerji kaynakları konusunda bir kıtlık endişesi ve bu süreçte de çevresel kirlenme, doğal dengenin bozulması gibi sorunları gündeme getirmiştir. Günümüzde de yakılarak kullanılan odun ve fosil kaynaklı yakıtlara konvansiyonel (geleneksel) yakıtlar denmektedir. Odun ve fosil yakıtlar doğal oluşumlar sonucu oluşuyor olmasına rağmen oluşum süreci yüzlerce yıl sürmektedir. Dolayısıyla insanoğlunun tüketim hızı dikkate alındığında bu tür iş yaptırıcı enerji kaynakları insanlığın kullanımı için tükenebilir kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Uzun süredir güncelliğini yitirmeyen enerji gereksinimi, artış ve mevcut kaynakların bu ihtiyaç karşısında geleceğe dönük yetersizliği, dünya üzerindeki fosil yakıtların azalmakta olduğu gerçeğini göz önüne almamızı gerektirir. Son yıllarda yenilenebilir enerji olarak adlandırılan; doğada serbest yani rekabet unsuru oluşturmayan enerji kaynaklarına olan yönelimin artması kaçınılmaz bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya nüfusu hızla artarken konvansiyonel enerji kaynaklarındaki azalma ve küresel ekonominin de giderek daralması ile maliyetlerin önemli ölçüde artması, gelişmiş ekonomilere sahip ülkeleri gelecekteki enerji ihtiyaçlarının çoğunluğunu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak için önemli adımlar atmaya sevk etmiştir. Dünden bugüne hatta yarınlarımızda büyük ve artan bir enerji sorunuyla karşı karşıyayız. Yakın geçmişte petrol krizinin yaşanmış olması insanoğlunu geçmişten bu yana kullanmış olduğu alternatif, yenilenebilir enerji kaynaklarını yeniden aktif olarak kullanmaya itmektir.

Dünyada 2016 verilerinde %82 oranıyla birincil enerji kaynağı olarak hala fosil yakıtlar (%32 petrol, %23 doğal gaz, %27 kömür) kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra %4 nükleer, %7 hidroelektrik ve %8 oranında diğer yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır (Benalcazar ve ark. 2017). Ülkemizde 2018 yılında elektrik üretimimizin, %37,3'ü kömürden, %29,8'i doğal gazdan, %19,8'i hidrolik enerjiden, %6,6'sı rüzgârdan, %2,6'sı

güneşten, %2,5'i jeotermal enerjiden ve %1,4'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir (Anonim 2019a).

Enerji kaynaklarını çeşitli şekillerde yorumlamak mümkündür. Koç ve Şenel (2013)'in çalışmasında kullanımına ve dönüştürülebilirlik durumuna göre Şekil 1.1'de görülebileceği gibi iki sınıf olarak incelenmektedir.



Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç ve Şenel 2013)

Alternatif enerji olarak tanımlanan temiz enerji en düşük seviyede atık bırakarak enerji elde edilebilen enerji teknolojisi olarak adlandırılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, kendi arasında Özdamar (2000)'in çalışmasında kaynaklarına göre Güneş, Dünya ve Ay kaynaklı olmak üzere 3 ana grupta incelenmektedir (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1.** Yenilenebilir enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Özdamar 2000)

<b>Ana Kaynak</b>	<b>Birincil Enerji Kaynakları</b>	<b>Doğal Enerji Dönüşümü</b>	<b>Teknik Enerji Dönüşümü</b>	<b>Kullanım Enerjisi</b>	
<b>Güneş</b>	Su	Buharlaştırma, Yağış	Su Güç Tesisleri (HES)	Elektrik Enerjisi	
	Rüzgâr	Atmosferdeki Hava Hareketi	Rüzgâr Enerjisi Tesisleri (RES)	Elektrik ve Mekanik Enerji	
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji	
	Güneş Işımları	Yer ve Atmosferin Isınması	Isı Pompaları	Isı Enerjisi	
		Güneş Işımları		Kollektörler	Isı Enerjisi
			Güneş Işımları	Solar Hücreler (Fotovoltaik)	Elektrik Enerjisi
Biyokütle	Biyokütle Üretimi	Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi		
		Dönüşüm Tesisleri	Yakıt Enerjisi		
<b>Dünya</b>	Yer Merkezi Isısı	Jeotermal Enerji	Jeotermal Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerjisi	
<b>Ay</b>	Ay Çekimi Gücü	Gel-Git Olayı	Gel-Git Güç Tesisleri	Elektrik Enerjisi	

Bu tezin konusu; dünyanın yaşıyor olduğu bugünkü medeniyetin temellerinin oluştuğu mitolojik alanlardan biri olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde rüzgâr enerjisi ve tarımsal uygulamalarıdır. Tezin amacı ise; dünyamızda insanoğlunun mevcudiyetini ve refahını garanti altına alacak olan yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerjisinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi potansiyelini araştırmaktır.

Tezin araştırma alanı olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi olarak seçilmesinin nedeni öncelikle ülkemizin bu bölge ile ilgili rüzgâr enerjisi potansiyeli konusunda bazı kaynaklar olmakla birlikte bölgenin genel ile ilgili bilimsel kaynaklarda mevcut bilgi eksikliğini gidermektir. Geçmişinde de rüzgâr enerjisiyle dünyayı tanıştırmış Mezopotamya'nın en önemli bölgelerinden olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi tarımsal olarak çok verimli bir havzadır. Dicle ve Fırat nehirleri arasında kalan bu verimli ve geniş havzada 1960'larda temelleri atılmış olan "Güneydoğu Anadolu Projesi" (GAP) gerçekleştirilmiş ve sulama problemi büyük ölçüde çözülmüş olmasına rağmen ekstansif tarım (birim alandan en yüksek verim elde edilebilecek bol girdili tarım tekniği) yapabilmek için daha çok enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile ortaya konulan

sonuçların, birim alandan maksimum gelir elde etmeyi hedefleyerek bölge ve bölge halkının ekonomik ve sosyo-kültürel düzeyinde kalkınmasını hızlandıracağı düşünülmektedir. Tezin konusu seçilirken Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle elektrik şebekesinin bulunmadığı alanlarda çiftçiye yenilenebilir kaynaklardan rüzgâr enerjisinin ciddi anlamda destek olacağı düşünülmüştür.

Çalışmada; bölgenin rüzgâr potansiyeli göz önünde bulundurularak, yatay ve dikey eksenli rüzgâr türbinlerinden elde edilebilecek, enerji üretim değerleri, kapasite faktörleri ve rüzgâr karakteristikleri ortaya konulmuştur.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Kuramsal Temeller

#### 2.1.1. Rüzgâr

Anonim (2019b) bir kaynaktan elde edilen bilgiler doğrultusunda “Rüzgâr” sözcüğünün tarihteki en eski kullanımı 1341 yılında **Tezkiret-ül Evliya** adlı dokümanda "ruzigârımı néçün zâyıf eyleyem" (vaktimi niçin ziyan edeyim) anlamıyla "gün, çağ, zaman" anlamında kullanılmış olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra 1680 yılında **Meninski** "yel, hava" anlamında ve **Theaurus** "dünya, çağ, kader ve kismet" anlamıyla kullanıldığı bilinmektedir. Etimoloji kaynaklarından ulaşılan bilgilere dayanarak Farsça kökenli bir kelime olup "gün, gündüz, zaman" sözcüklerinden Orta Farsça (**Pehlevice veya Partça**) rōzkâr "bir günde yapılan iş, gün (süre)" sözcüğünden evrilmiştir. Orta Farsça (**Pehlevice veya Partça**) rōz "gün, gündüz (aydınlık)" sözcüğünden türemiştir. Rüzgâr sözcüğünün "yel" anlamı Türkçeye özgü olup, "günün getirdiği" gibi bir mecazi anlamdan türemiştir. Meteorolojik olarak anlamı ise hareket eden havadır (Anonim 2019b).

Burton ve ark. (2011); rüzgârı güneş enerjisinin dönüşmüş bir biçim olarak tanımlamakta ve rüzgârın, güneşin atmosfer kütesine eşit olmayan biçimde yayılmış olduğu ısı, yeryüzünün amorfik coğrafi yapısı ve dünyanın kendi etrafında dönmesi sonucu oluştuğundan bahsetmektedir.

Bu oluşum dünyamızın döme hızı, geoid şekli, eksen eğikliği, kara deniz dağılımı ve diğer yapısal oluşumların tekdüze olmaması sonucu güneşin bu tekdüze olmayan yeryüzünü farklı dönemlerde ve farklı açılarla eşit ısı yayamamasına, yani; dünyamızın atmosferinde ısıl potansiyel farkına sahip hava kütleleri oluşmasına neden olmasıyla açıklanmaktadır. Doğada tüm oluşumlar dengeli ve kararlı hale gelme eğilimindedir. Düşük ısıda ve yüksek basınç altında olan bir noktadan, daha yüksek sıcaklıktaki ve alçak basınç altındaki noktaya akma eğilimi gösteren hava kütesi hareketine, yani; ısı enerjisinin kinetik enerjiye dönüştüğü doğa olayına rüzgâr denmektedir (Özdamar 2000; Özgener 2002).

### 2.1.2. Rüzgâr Oluşumundaki Kuvvet Faktörleri

Rüzgârı meydana getiren ve atmosfer içerisindeki hareketine (rüzgâr hızına) etki eden belli başlı kuvvetler vardır (Burton ve ark. 2011). Bu kuvvetler basınç gradyan kuvveti, Coriolis kuvveti, merkezkaç kuvveti ve sürtünme kuvveti olarak sayılabilir.

**Basınç Gradyan Kuvveti:** havayı yüksek basınç noktasından alçak basınç noktasına doğru akmaya zorlayacak şekilde etki eder.

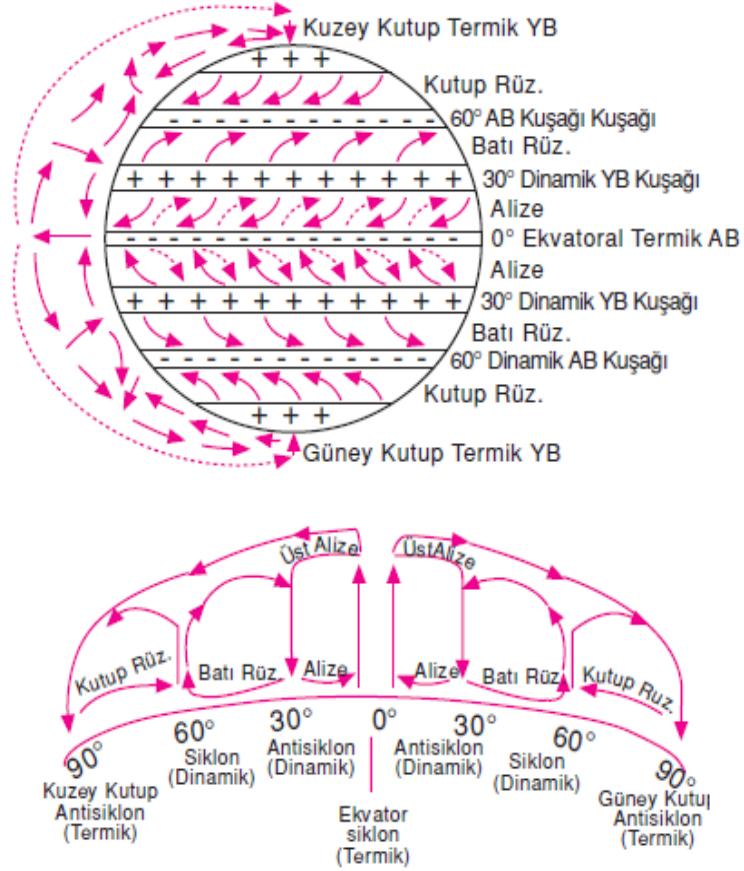
**Coriolis Kuvveti:** dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu oluşan sapıtıcı bir kuvvet olarak etki eder. Kuzey ve güney yarım küre üzerinde ters etki yaratmaktadır. Kuzey yarım küre üzerindeki her hareketin sağa doğru eğilimi, güney yarım küre üzerinde ise sola doğru eğilimi olduğunu görürüz. Yarım kürelerdeki bu büküm kuvvetini kuzey yarım kürede sağa doğru olan hareket eğilimi çok net olmayabilir ancak güney yarım kürede sol hareket eğilimi çok net olarak görülmektedir.

Coriolis kuvveti düzgün formlu su dolu bir lavabonun tıkaçını dik bir açıyla hızlıca çektiğinizde su akışını gözlemleyerek Coriolis etkisi gözlemlenebilmektedir (Anonim 2003b)

**Merkezkaç kuvveti:** Rüzgâr genel olarak bir merkez etrafında dolarak hareket eder ve bu hareketin sonucunda da kendilerini dolanım merkezinden uzaklaştırmak isteyen bir kuvvet etkisi altında bulunurlar.

Basınç gradyan kuvveti, Coriolis kuvveti ve Merkezkaç kuvvetinin dengesi altındaki hava akışı Gradyan Rüzgârları meydana getirmektedir. Gradyan rüzgâr yönü Jeostrofik rüzgâr gibi izobarlara paraleldir.

Basınç merkezleri yer değiştirdikçe rüzgârın yönü de yer değiştirmektedir (Şekil 2.1).



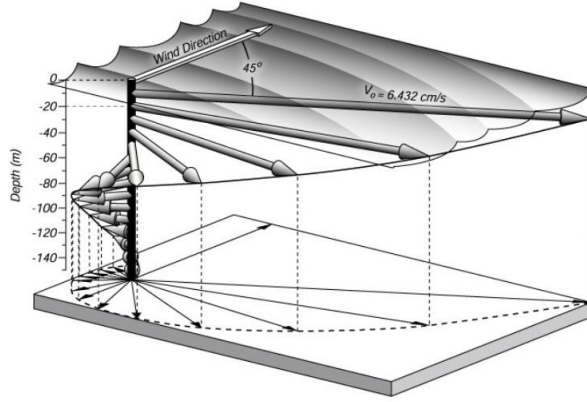
**Şekil 2.1.** Dünya üzerindeki sürekli rüzgâr kuşakları ve basınç alanları (Anonim 2019c)

**Sürtünme Kuvveti:** Yüzey yakınında sürtünme kuvveti etkin olur ve akışa zıt yönde etkilediğinden rüzgâr hızını azaltır.

Sürtünme kuvveti, rüzgârın meydana gelmesinde ve hızının artmasında etkisi olamayan tek kuvvettir. Rüzgâr hızını yavaşlatmaya çalışır ve rüzgâr yönüne ters olarak etki eder. Rüzgârın yeryüzü ile sürtünmesi nedeniyle açığa çıkar ve yer üstünde 450-600 m yüksekliğe kadar rüzgârı yavaşlatacak şekilde etki eder.

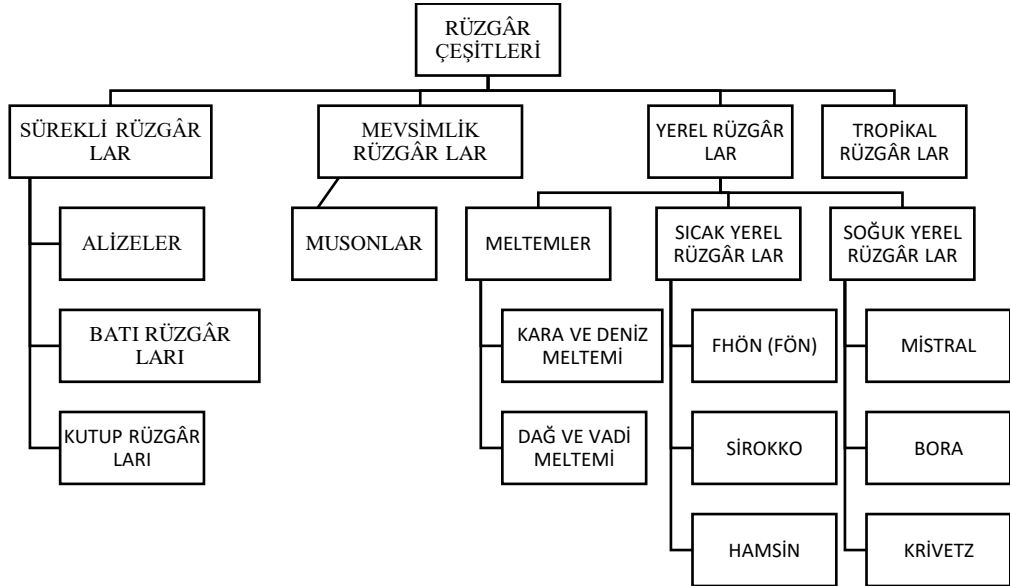
Sürtünme kuvveti yüzeyde maksimum iken yükseklik arttıkça etkisi de azalır. Etkisiz olduğu noktada jeostrofik rüzgâr yaklaşımı geçerlidir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteoroloji Sözlüğüne göre yerden yaklaşık 500 m yukarıya kadar olan seviyede, yani yer seviyesinden gradyan seviyesine kadar, yükseklik ile vektörel rüzgâr hızının teorik değişimi; Oliver (2004) rüzgâr yönüne etki eden kuvvetlerden bahsederken sürtünme kuvvetinin; yükseklik arttıkça sürtünme kuvvetinin azalması hava akış yönünün

yükseklik arttıkça saat yönünde dönmeye neden olur. Bu durum Şekil 2.2’de **Ekman Sıpirali** ile açıklanmaktadır. Yer yüzeyi ve gradyan seviyesi arasında kalan, sürtünme kuvvetinin etkin olduğu tabakaya **Sürtünme Tabakası** denilmektedir (Anonim 2017a).



Şekil 2.2. Ekman sıpirali (Anonim 2019d)

Dünyamızda bu kuvvetler dengesi altında ve dengenin korunması sonucu çeşitli sürekli ve süreksiz rüzgârlar oluşmaktadır. Başlıca rüzgâr çeşitleri aşağıda Şekil 2.3’te belirtilmiştir.



Şekil 2.3. Genel olarak rüzgâr sınıflandırılması (Eken ve ark. 2019)



### 2.1.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinden temel olarak iki şekilde yararlanılabilmektedir. Mekanik uygulamalarda rüzgârın sürüklenme yeteneği bir toplama sistemi ile bir araya getirilmekte ve rüzgârda saklı olan potansiyel mekanik enerjiye çevrilerek kullanılmaktadır. Elektriksel uygulamalarda ise mekanik enerji elektrik üretimi için kullanılmaktadır.

Tarihte rüzgâr gücünden yararlanma ile ilgili olarak; Shepherd (1990)'in Cornell Üniversitesi'ndeki ders notu olan "Rüzgâr değirmenlerinin tarihsel gelişimi" (Historical Development of the Windmill) adlı yayınında bahsedilmektedir. Bu eserde; insanoğlunun rüzgârın kaynağını bilmeksizin bu oluşumdan faydalanma yoluna gitmiş olduğundan, tahıl öğütme ve düşük seviyedeki suların daha yükseğe çıkarılması için rüzgâr gücünü kullanmış olduklarından bahsedilmektedir. Eski Yunanlıların ve ardından Romalıların rüzgârın itici gücünden genel kullanımın yanısıra yelkenli gemiler kullanarak faydalandıklarını bilmekteyiz (Shepherd 1990). Rüzgâr gücünden yararlanma M.Ö. 5000 yıllarında Nil nehri kıyılarında yelkenlerin hareket ettirilmesinde kullanılmıştır. M.Ö. 700'lü yıllardan itibaren ise İran'da yatay eksenli yel değirmenlerinin kullanıldığı somut olarak bilinmektedir. Tarihçiler, M.Ö. 1700'lerde Babil Kralı Hamurabi döneminde Mezopotamya'da sulama amaçlı değirmenlerin olduğunu dile getirmektedir. Bunun yanısıra konuyla ilgili olarak dairesel hareketli değirmenler, yani türbinler vasıtasıyla rüzgâr gücünden yararlanmanın tarihçesiyle ilgili değişik dokümanlara rastlanmaktadır. En eski rüzgâr kuvvet makinesi olan yel değirmeninin, bundan 3000 yıl önce İskenderiye yakınlarında yapıldığı tahmin edilmektedir. Mısır, İran ve Uzak Doğu'da görülen yel değirmenleri, Orta Doğu uygarlıklarından, Haçlı seferleri sırasındaki etkileşim ile Avrupa'ya geçmiştir (Şenel ve Koç 2015). Dönemin dünyaya yayılan bu teknolojisini sanılacağına aksine Haçlı Seferleri ile Batı'ya taşınmış ve günümüz teknolojisinin alt yapısını oluşturmuştur (Şenel ve Koç 2015). Rüzgâr gücünün kullanımı Batı dünyasına 10. yüzyıl civarında geçmiştir. Bu dönemsal teknolojinin doğudan batıya geçişinin ürünlerine ilk olarak 11. ve 12. yüzyılda İngiltere'de rastlanmaktadır. M.S. 19. yy'ın sonlarında ve M.S. 20. yy'da yel değirmenleri ile kuyudan su çekmek ve elektrik elde etmek gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır (Hayli 2001). Ortaçağ'dan bu yana yel

değirmenlerinin genel olarak kullanımı kuyulardan su çekmek ve tahıl üretmek içindir. Hollanda ve Akdeniz'deki adalarda bu konuyu destekleyen birçok örnek bulunmaktadır.

Endüstri devrimini takiben bu enerji kaynağının kesikliliği nedeniyle elektrik üretimi amacıyla kullanımı yakın geleceğe kadar gecikmiştir. Bu kesikliliğin çeşitli nedenleri vardır. Öncelikle rüzgârın kesikli bir kaynak oluşu ve fosil yakıtların bu konudaki üstünlüğü bu gecikmenin asıl sebebidir. Günümüz endüstrisine yaklaştıkça insanoğlunun hammadde ve enerji kaynaklarından fosil yakıtlara erişim konusunda yaşıyor olduğu sıkıntılar ve çeşitli endişeler ön plana çıkmaktadır. Bu engeller insanoğlunu alternatif kaynaklar aramaya yönlendirmiştir. Bunun sonucu bizi, doğada serbest olarak bulunan, rekabet yaratmayan ve insanoğlunun geçmişinde de kullandığı rüzgâr kaynağından endüstriyel olarak yeniden yararlanmaya itmiştir. Keleş ve ark. (2013)'nın yayımladıkları çalışmalarından bu konuda Danimarka'da dünyanın ilk rüzgâr santrali olarak kabul edilen Brush Türbininin kurulmuş olduğunu ve 12 kW güce sahip tesisin 20 yıl boyunca hizmet vermiş olduğunu anlıyoruz. Söz konusu tesis Paul La Cour tarafından 1891 yılında kurulmuştur. Doğru akım elde eden Paul La Cour, elektroliz yoluyla hidrojen gazı elde etmiş ve bu şekilde rüzgâr enerjisini depolamıştır. La Cour'un bilime yaptığı en önemli katkı elektrikle hidrojen üretip bunu kullanmayı başarmasıdır. 1918 yılı sonrasında büyük şehirler elektriğe kavuşmuş ve dizel yakıtların ucuzluğu nedeniyle rüzgâr enerjisini değerlendirilme çabaları bir kenara bırakılmıştır (Burton 2011; Keleş ve ark. 2013, Anonim 2019f).

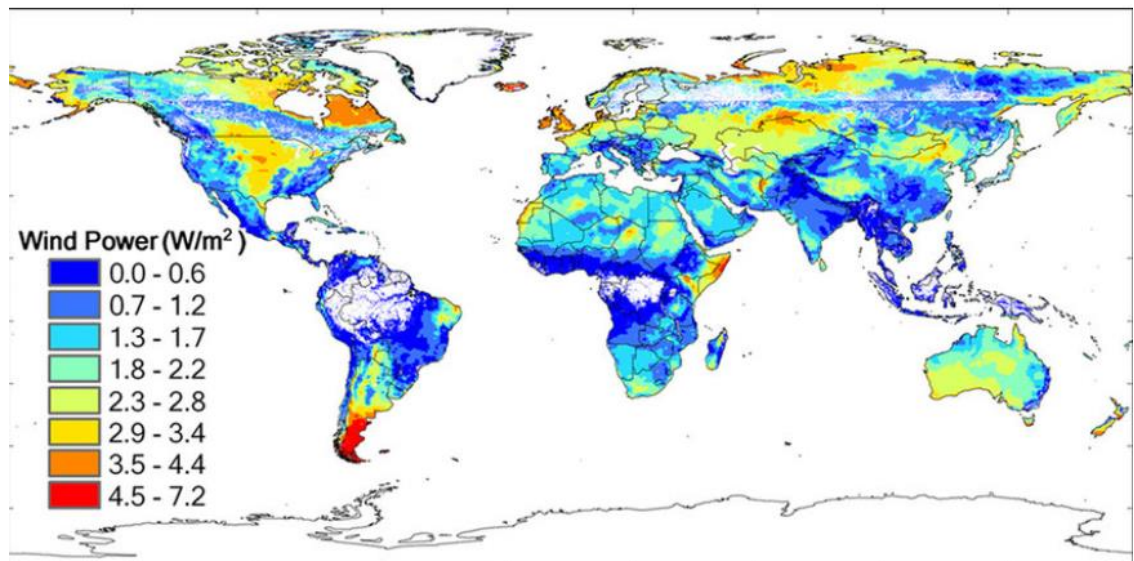
### **Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli**

Rüzgâr enerjisi kaynağının elektriksel güç üretme potansiyelini tahmin etmek mümkündür ve bu potansiyel aşağıdaki gibi sınıflandırılarak ele alınabilir.

- Meteorolojik Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli; mümkün olan rüzgâr kaynağına eşdeğer bir potansiyeldir.
- Saha Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli; meteorolojik potansiyele dayanılarak ortaya konulan bir değerlendirmedir. Güç üretimi için coğrafik olarak mevcut olabilecek sahalarla sınırlandırılır.

- Teknik Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli; mevcut teknolojiyi de dikkate alarak saha potansiyelinden hesaplanan değerlerdir.
- Ekonomik Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli; ekonomik olarak gerçekleştirilebilecek teknik potansiyel olarak tanımlanır.

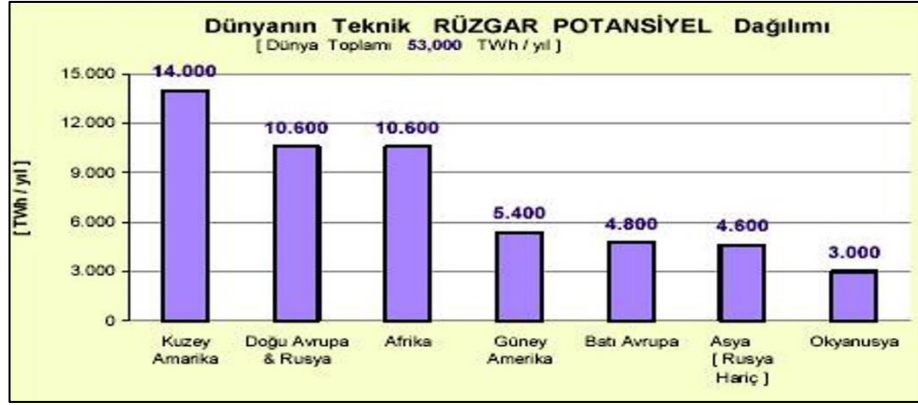
Uygulanabilir Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli; belirli bir zaman diliminde devreye alınabilecek olan rüzgâr enerjisi potansiyelini değerlendirmek için teşvik ve kısıtları da hesaba katarak elde edilir (Malkoç 2015) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Dünya rüzgâr enerji kaynaklarının dağılımı (Lu ve ark. 2009)

Ayrıca rüzgâr hızı yükseklik arttıkça artmaktadır. Bu durum dikkate alınarak; dünya toplam karasal rüzgâr potansiyelinin yer seviyesinden 80 m yükseklikte ve ortalama 6,9 m/s ve üzeri rüzgâr hızlarında (rüzgâr sınıfı üç veya daha üstü) 62 000 TWh olduğu ifade edilmektedir. Aynı kaynaktaki bir başka veri ise, yerden 50 m yükseklikte ve 5,1 m/s ve üzeri rüzgâr hızlarına sahip bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'ünün kullanılacağı kabul edilerek, dünya rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli 53 000 TWh/yıl olarak hesaplandığını bildirmektedir. Şekil 2.5 bu değerlerin dünyadaki dağılımını göstermektedir (Lu ve ark. 2009).

Deniz üstü rüzgâr enerji santralleri (Offshore RES) projelerinde 2000'li yılların başından itibaren gelişmeler olmuştur. Kuzey Denizi civarındaki ülkelerde deniz üstü RES'leri kurulmaya başlanmıştır.



**Şekil 2.5.** Dünyanın teknik rüzgâr potansiyel dağılımı (Akalin 2009).

2009'da Ankara Enerji Kongresinde IEA World Energy dokümanlarından yararlanarak elde edilmiş bilgiler paylaşılmaktadır. Rüzgâr hızının 4-5 m/s olduğu bölgelerin ciddi bir potansiyele sahip olduğunu ve yalnızca Almanya'da bu şiddetteki rüzgâr hızı ortalaması olan bölgelerin enerji potansiyel değerini 90 TWh/yıl olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu hesaplamalar karasal bölgeler üzerinden yapılmış ve deniz üzeri (offshore) bölgelerin potansiyelleri ihmal edilmiştir. Ancak deniz üzeri bölgeler öncelikle dünyamızın yüzey alanının büyük bir kısmını kapladığı için ve bunun yanı sıra düşük pürüzsüzlük açısından ciddi bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu değerler için deniz üzeri potansiyel sadece Avrupa için 2 500 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır (Akalin 2009).

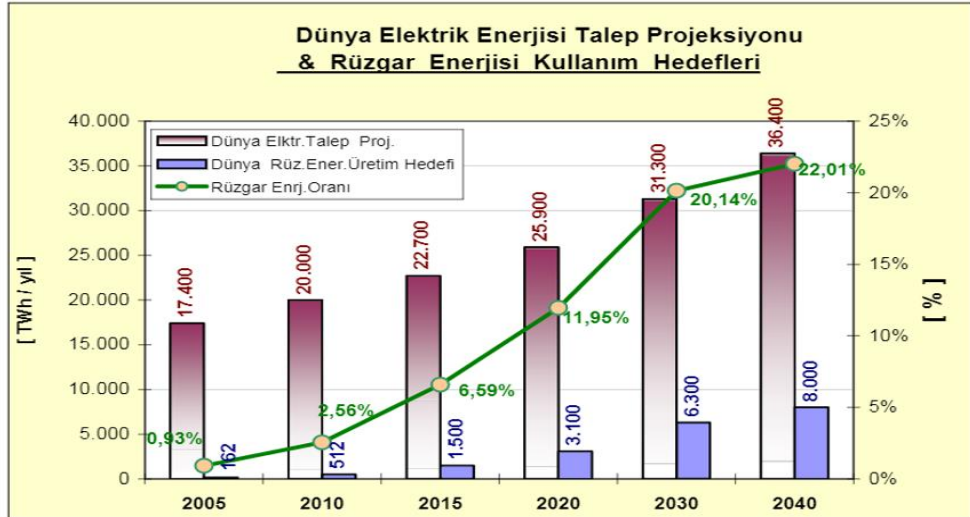
Dünya enerji tüketim beklentisi 2020 yılı için 25 900 TWh/yıl civarında olacağı göz önüne alınacak olursa dünyamızın rüzgâr enerjisi teknik potansiyelinin oldukça ciddiye alınması gereken bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır. Normal elektrik şebekelerinde rüzgâr enerjisi kapasitesinin %20 oranına kadar şebekeye entegrasyon açısından teknik bir sorun yaşanmadığı belirlenmiştir. 2020 Dünya Talep Projeksiyonuna dayandırılarak %20'lik bu oran temel alınmış ve Ekonomik Rüzgâr Potansiyeli olarak adlandırılan değer 5 176 TWh/yıl olarak belirlenmiştir. IAE World Energy Ekonomik Rüzgâr Potansiyeli denilebilecek değerler Çizelge 2.1'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.1.** 2020 Dünya talep projeksiyonu ve ekonomik rüzgâr potansiyeli (Akalin 2009)

<b>Bölgeler</b>	<b>Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu</b>	<b>Ekonomik Rüzgâr Potansiyeli</b>
OECD Avrupa	4 515	903
OECD Kuzey Amerika	5 729	1 146
Latin Amerika	2 041	408
OECD Pasifik	1 745	349
Doğu Asya	2 081	416
Güney Asya	1 695	339
Çin	3 691	738
Orta Doğu	907	181
Afrika	864	173
Diğer Ülkeler	2 615	503
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>25 883</b>	<b>5 176</b>

Akalin (2009) Ankara enerji kongresinde; Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği (European Wind Energy Association) verilerini paylaşarak, Avrupa’da 2007 yılında 120 GW kurulu gücün 2030 yılında 2 551 GW’a, hatta 2040 yılında 3 044 GW’a çıkarılmasının hedeflendiği bildirmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, bu tarihte, rüzgâr kaynağı kullanımının doyum noktasına gelmiş olacağı varsayılmaktadır.

2040 yılında Rüzgâr Enerjisi kullanımında doyum noktasına ulaşacağımız varsayılmakta ve 20 yıl olarak tahmin edilen Rüzgâr Türbin ömürlerinin sonunda %5’inin yeni teknolojiye dayalı Rüzgâr Türbinleriyle değiştirileceği düşünülmektedir (Akalin 2009). Konu ile ilgili bazı bilgiler Şekil 2.6 ve Çizelge 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2.6.** Dünya elektrik talep projeksiyonu ve rüzgâr enerjisi kullanım hedefleri (Akalin 2010)

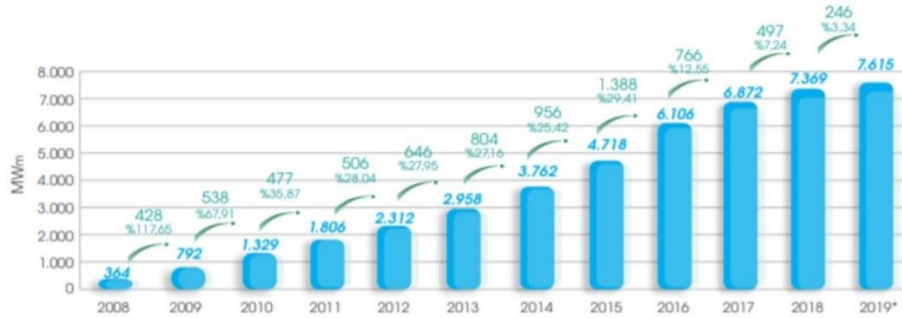
Rüzgâr Enerjisi konusunda asıl büyüme oranı Kuzey Avrupa, ABD ve Japonya’da deniz üzerinde (offshore) olacağı tahmin edilmektedir. Bu potansiyel özellikle ABD ve Japonya’da beklenen Elektrik Enerjisi Talebinin iki katına yakın potansiyel içerdiği hesap edilmektedir.

**Çizelge 2.2.** 2030 yılı dünya rüzgâr kurulu gücünün bölgesel dağılım projeksiyonu (Anonim 2014)

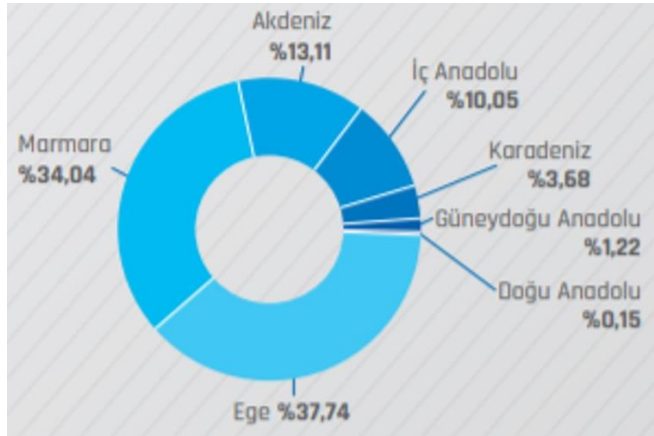
Bölgeler	Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu	Ekonomik Rüzgâr Potansiyeli
OECD Kuzey Amerika	118,108	181,398
Latin Amerika	15,211	24,945
OECD Avrupa	184,539	262,781
Afrika	3,896	10,774
Orta Doğu	1,031	10,982
Batı Avrupa/Avrasya	7,103	14,049
Hindistan	47,896	83,188
OECD Olmayan Asya	5,855	23,005
Çin	208,387	310,195
OECD Asya Pasifik	18,953	43,148
<b>Dünya Toplamı / MW</b>	<b>610,979</b>	<b>964,465</b>

## Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği 2019 (Anonim 2019g) temmuz ayı raporlarına göre 183 adet rüzgâr enerjisi santraliyle 7 615 MW'lık kurulu güce sahibiz. Tesislerimizin bölgesel dağılımı; %37,7 Ege bölgesi, %34, Marmara bölgesi, %13,1 Akdeniz bölgesi, %10 İç Anadolu bölgesi, %3,7 Karadeniz bölgesi ve %1,2 Güneydoğu Anadolu ve %0,15 ile Doğu Anadolu bölgesindedir. Rüzgâr enerji santrallerinden üretilen elektrik toplam elektrik ihtiyacımızın %7,40'ını karşılayabilmektedir (Şekil 2.7 ve Şekil 2.8).

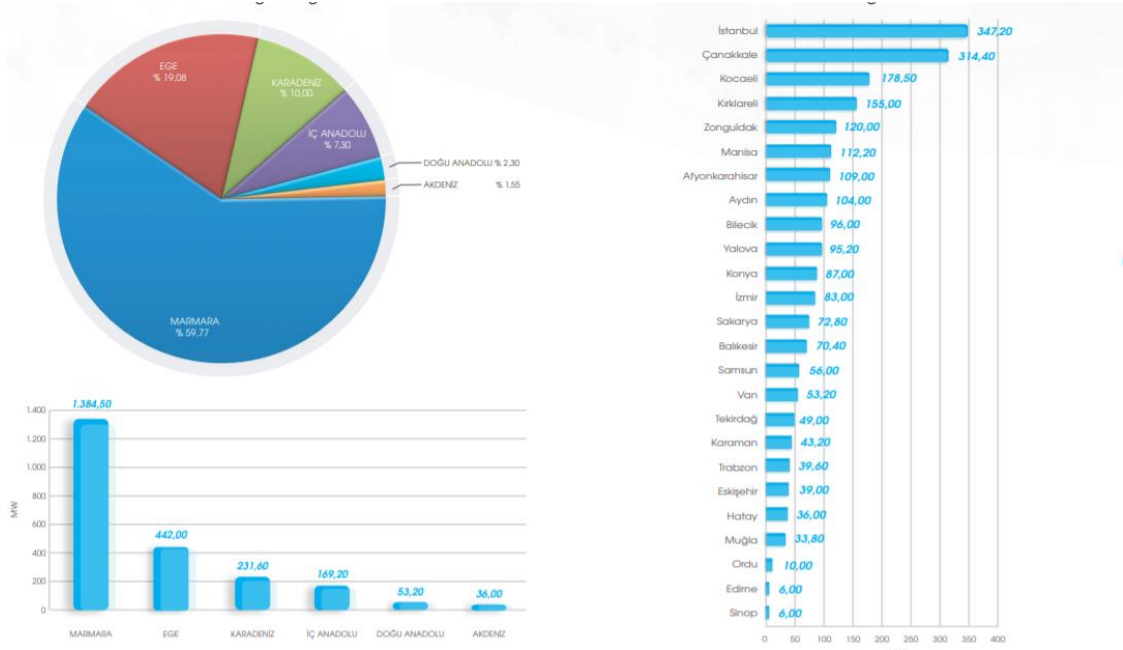


Şekil 2.7. Türkiye 2019 yılı kümülatif rüzgâr enerjisi kurulu gücü (Anonim 2019g)



Şekil 2.8. Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu güç oransal olarak bölgelere göre dağılımı (Anonim 2019g)

Kurulu gücün 2 316,5 MW'lık kısmı lisanslı işletmelerde yer alan rüzgâr enerjisi kurulu gücüdür ve %59,8 Marmara, %19,1 Ege, %10 Karadeniz, %7,3 İç Anadolu, %2,3 Doğu Anadolu ve %1,7 Akdeniz Bölgesi olarak dağılım göstermektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Türkiye lisanslı kurulu güç dağılımları (Anonim 2019g)

Ayrıca 17 tesis ile 619,3 MW'lık güç kurulum aşamasındadır. Bu bilgiler dışında kalan şebeke bağlantısız lisanssız bireysel girişimlerde mevcuttur.

Mevcut kullanılabilir rüzgâr kaynağımızın yaklaşık %38'ini tesis etmiş ve yararlanabilir durumdayız. Yakın tarihteki girişimler sayesinde bu oran %41 oranına yükselecek ve bu tür müteşebbislerin artışıyla 10 290 540,54 MW'lık elektrik enerjisi ihtiyacımızın hedeflenen ülke elektrik enerjisi talebinin %8'lik kısmının tamamen yenilenebilir enerji olan rüzgâr enerjisinden karşılanması yönündedir (Anonim 2019g) (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Türkiye rüzgâr enerjisi mevcut durumu

Rüzgâr enerjisi	Brüt	Teknik	Ekonomik (Kullanılabilir)	Mevcut işletmelerdeki kurulu güç	Kurulum aşamasındaki güç
Elektrik (MW)	220 000	55 000	20 000	7 615	619.3

**Türkiye** rüzgâr potansiyeli denildiğinde başvurabileceğimiz en kapsamlı kaynak 2007 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından açıklanan Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası REPA'dır. REPA ile denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizde daha önce tespit edilemeyen potansiyeller görünür hale gelmiştir. Bu veriler yerel olarak işlenerek derin bir araştırmadan sonra girişimlerde bulunulmalıdır (Anonim 2007).



Veriler doğrultusunda; yerleşim yerleri dışında 50 m yükseklikteki rüzgâr hızları, Marmara, Batı Karadeniz, Doğu Akdeniz kıyılarında 6,0 – 7,0 m/s, iç kesimlerde ise 5,5 – 6,5 m/s civarında, Batı Akdeniz kıyılarında 5,0 – 6,0 m/s iç kesimlerde 4,5 – 5,5 m/s, Kuzey – Batı Ege'de ise kıyılarda 7,0 – 8,5 m/s, iç kesimlerinde ise 6,5 – 7,0 m/s'dir (Güler 2005).

Yer yüzünden 50 m yükseklikte 7,5 m/s rüzgâr hızının üzerinde olan ölçümler dikkate alındığında Türkiye'nin potansiyeli yaklaşık 48000 MW (Bektaş 2013) ve elektrik üretimi için 6,5 m/s'lik rüzgâr hızı yeterli bu durum göz önüne alındığında potansiyel yaklaşık 132 000 MW'a ulaşmaktadır (Çizelge 2.4). Ancak bu teorik bir yaklaşımdır. Pratikte iletim hatlarının kapasitesi bu enerji miktarını taşıyabilme özelliğine sahip değildir.

**Çizelge 2.4.** Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli (Çalışkan 2011)

Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Ortalama Rüzgâr Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )	Toplam Kullanılabilecek Güç Miktarı (MW)
6.5 - 7.0	300 - 400	83 907,0
7.0 - 7.5	400 - 500	29 259,4
7.5 - 8.0	500 - 600	12 994,3
8.0 - 9.0	600 - 800	5 400,0
> 9.0	> 800	195,9
<b>Toplam</b>		<b>131 756,4</b>

NOT: Hesaplama; rüzgâr enerjisi uygulamaları açısından kullanılabilir alanlara 5 MW/km<sup>2</sup> gücünde RES kurulabileceği kabul edilmiştir. (Yıllık ortalama rüzgâr hızı > 6,5 m/s- 50 m)

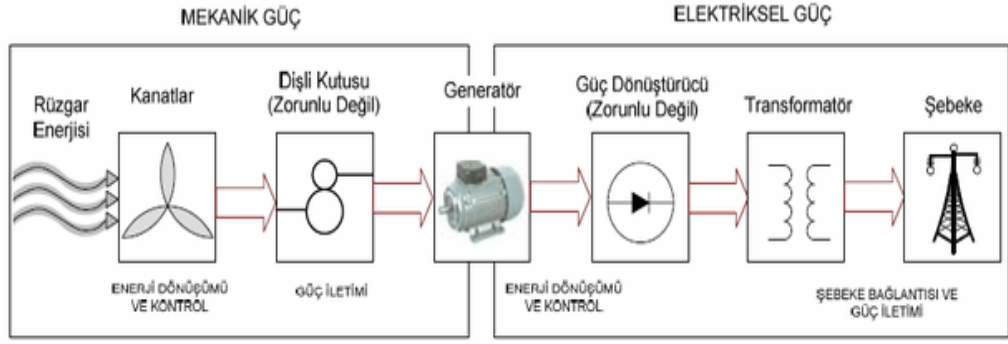
İlkılıç (2003) Rüzgâr Enerjisi ve Kullanımı adlı makalesinde bu tezde de konu aldığımız Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde rüzgâr bakımından uygun bölgeler saptamıştır. Bu bağlamda “Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri kırsal kesimleri fazla olan ve bazı yörelerin rüzgâr potansiyeli elektrik üretimine uygun olduğu görülmektedir. Doğu Anadolu bölgesinin ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu 13,19 W/m<sup>2</sup> ve ortalama rüzgâr hızı 2,12 m/s'dir. Güney Doğu Anadolu Bölgesinin rüzgâr gücü yoğunluğu 29,39 W/m<sup>2</sup> ve ortalama rüzgâr hızı 2,69 m/s olarak bilinmektedir.” şeklinde paylaşmaktadır.

Behçet ve ark. (2014) “Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Bakımından Malatya İlinin Doğu Anadolu Bölgesindeki Yeri” adlı bir çalışma yapmışlardır. Doğu Anadolu bölgesini rüzgâr enerjisi için analiz etmişlerdir, sonuç olarak Malatya ilinin Arapgir ilçesini RES yatırımı açısından en uygun yer olarak belirlemişlerdir. Arapgir ilçesinin Onar ve Aktaş köy sınırları içerisinde kalan alana kurulacak olan rüzgâr enerjisine dayalı RES projesi kapsamında üretim faaliyeti göstermek üzere toplam 5 adet üniteden oluşacak olan rüzgâr enerji santrallerinden yıllık 27 000 000 kWh elektrik üretimi gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Kapluhan (2017) “Rüzgâr Enerjisi Uygulamalarına Bir Örnek: Sincik (Adıyaman) Rüzgâr Enerji Santrali” adlı çalışmasında Adıyaman için rüzgâr enerjisi santrali kurulabilecek toplam kurulu güç kapasitesi 1 196,88 MW olarak belirtmiştir. Tesisin Türkiye’nin 73. büyük rüzgâr enerji santrali olduğu ve 11 adet Nordex Rüzgâr Türbini kullanıldığı, tesisin ortalama 63 217 619 kWh elektrik üretimi ile 19 099 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir olduğu vurgulanmaktadır. Tesisin sadece konutların elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 20 069 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmakta olduğu belirtilmektedir.

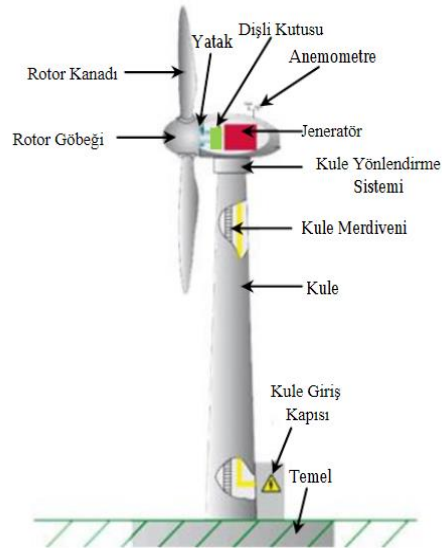
#### **2.1.4. Rüzgâr Türbinleri**

Bir akışkan yardımı ile dönen kısmı tahrik edilen ve tahrik yolu ile akışkandaki enerjiyi milinde mekanik enerjiye dönüştüren makinelere türbin denilmektedir. Buhar, gaz, su ve rüzgâr türbini olarak genel olarak incelenen bu makinelerden Rüzgâr türbinleri konu olarak alınmıştır. Rüzgâr türbinleri pervane kanatları, pervane göbeği ve yatak bölümünde pervane milinin oluşturduğu yapıya türbin veya rotor da denilmektedir. Pervane mili (yatağı), dişli kutusuna bağlıdır, dişli kutusunu jeneratöre bağlayan mile jeneratör mili denilmektedir. Rüzgâr; Şekil 2.10’da yer aldığı sırayla, enerjisini türbin içerisinde aktararak elektrik üretimine olanak vermekte ve şebekeyi besleyebilmektedir.

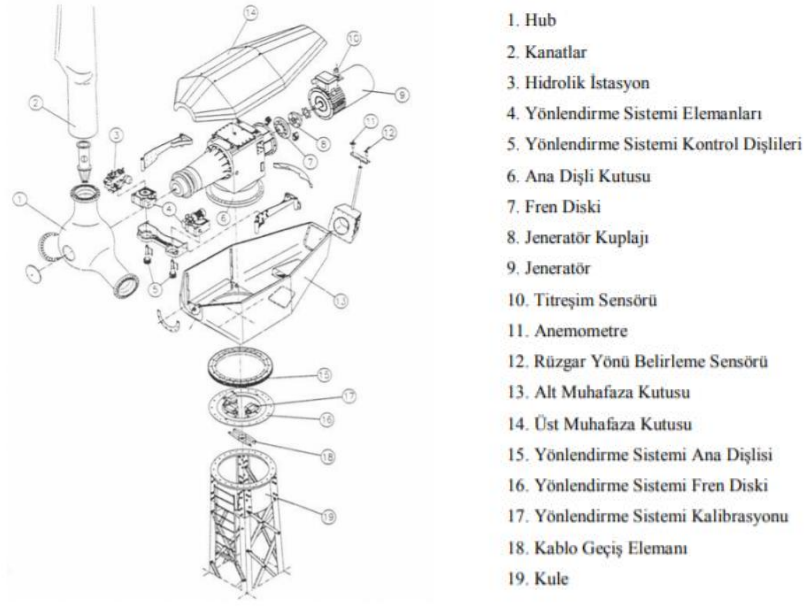


**Şekil 2.10.** Rüzgâr türbin elektrik üretim aşamaları şeması (Aydın 2005)

Bu yapıların hepsi pilon ya da hub adı verilen bir kule ile taşınmaktadır. Günümüzde gelişmiş türbinlerde çeşitli sensor ve kontrol sistemleri yer almaktadır. Bunlar; anemometre ve kule yönlendirme sistemidir. Hub içerisinde yer alan kule giriş kapısı ve kule merdiveni sayesinde rotora ulaşım sağlamaktadır. Hub ile yer yüzeyinin bağlantısı Temel aracılığı ile sağlanmaktadır (Şekil 2.11 ve 2.12).

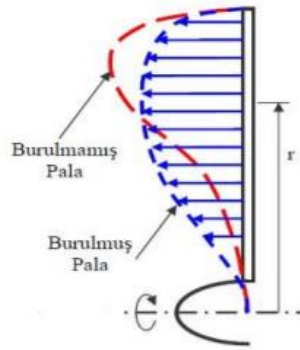


**Şekil 2.11.** Yatay eksenli türbin yapısı (Koç ve Şenel 2011)



**Şekil 2.12.** Türbin elemanları (Potuk 2015)

- Rotor; rotor kanatlarının rotor göbeğinde birleştiği, makinelerin dönen bölümlerine verilen addır, endüvi olarak da adlandırılabilir. Bir aks veya mil etrafında yapılanmış, bağlı olduğu rüzgâr toplayıcı kanatlardan iletilen rüzgâr kaldırma kuvveti dönme hareketini sağlayarak tork üretir (Potuk 2015).
- Rotor kanadı; rüzgâr hareketini, shaft vasıtasıyla dişli kutusuna, oradan da jeneratöre gönderen en dış birimdir. Rotor kanadından iletilen rüzgâr, kanadın gövdesine ve rotorun merkezine doğru hareketlendikçe, daha dik açıdan gelir. Eğer rotor kanadı çok dik bir rüzgâr geliş açısına maruz kalırsa, rüzgârın kanadı kaldırma kuvveti azalır ve sıfırlanır. Bu nedenle, rotor kanadı Şekil 2.13’de görüldüğü gibi burulmalıdır ve kanadın arka ucu esen rüzgârla aynı yönde doğru itilir (Potuk 2015).



**Şekil 2.13.** Burulmuş ve demonte kanatta itme kuvvetinin yarıçap boyunca dağılımı (Potuk 2015)

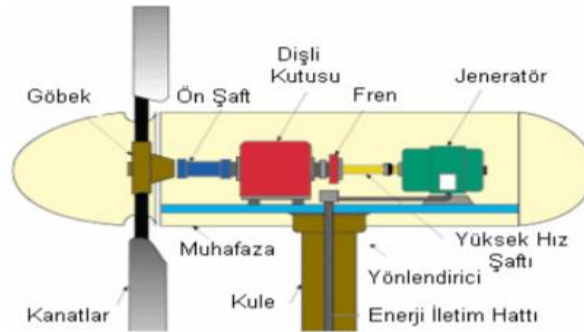
Rotor kanatları çoğu GRP (glass fibre reinforced plastics) yani cam elyaf plastikten yapılır. Diğer kullanılan malzemeler karbon fiber veya aramid olarak sıralanabilir. Bu malzemeler büyük rüzgâr türbin kanatları için ekonomik değildir. Büyük rüzgâr türbinlerinde yorulma ve ağırlık problemi olması yanı sıra çelik ve alüminyum alaşımlar kullanılmaktadır. Türbin kanatları sabit veya değişken açılı olabilir. Bazı tasarımlarda rotor frenlediğinde açığı arttıran özel regülatör kullanılarak başlatma kolaylaştırılır. Sabit kanat açılı yüksek hızlı rüzgâr türbinlerinde, jeneratör başlatma esnasında motor gibi davranır ve dönme hızı nominal seviyeye ulaştığında jeneratöre dönüşür (Potuk 2015, Erişik 2014).

- Fren sistemi; modern rüzgâr türbinlerinde iki şekildedir. Bunlar; aerodinamik fren sistemi ve mekanik fren sistemidir. Derece veya aktif kontrollü türbinler için aerodinamik fren sistemi, rotor kanatlarının boyuna eksen etrafında yaklaşık 90°'lik döndürülmesini esas alır. Bazı tasarımlarda rotor frenlediğinde açığı arttıran özel regülatör kullanılarak başlatma kolaylaştırılır. Sabit kanat açılı yüksek hızlı rüzgâr türbinlerinde, jeneratör başlama esnasında motor gibi davranır ve dönme hızı nominal hıza ulaştığında jeneratöre dönüşür (Potuk2015).

Bu sistemler elektriksel güç hatalarının oluşması durumunda türbinin çalışmaya devam etmesi için ve türbinlerdeki basınç kayıplarında hidrolik sistemi otomatik olarak aktif hale getirmesi için kullanılır. Genellikle rotasyon sorunları oluştuğunda sistem türbini korumak için durduracaktır.

Mekanik frenleme sistemi ise türbinin yavaşlatıcı kontrollü olarak durdurulması için aerodinamik frenleme sistemine destek vermek amacıyla kullanılmaktadır. Devir sayısının belirli bir seviyeden sonra sabit tutulması, belirli bir sınırı aşmasına engel olmak türbinin korunması açısından çok önemlidir. Özellikle fırtınalı havalarda rüzgâra karşı yüzey küçültmek, hatta tesisten yararlanılamayacak durumda türbini tamamen durdurmak gerekir. Mekanik fren sistemi, dişli kutusuna yerleştirilmiş bir diskten oluşmaktadır.

- Dişli kutusu; pervaneden gelen düşük devirli torku, jeneratöre uygun yüksek devirli torka yükselten bir kuvvet aktarma mekanizmasıdır. Jeneratörler elektrik üretebilmek için dakikada 1 200 – 1 550 devirlik bir döndürme yüküne ihtiyaç duyarlar. Genellikle rüzgâr, rotoru bir dişli kutusu üzerinden elektrik jeneratörünü sürer. Rotorun göbeği rüzgâr türbininin düşük hız şaftına bağlıdır. Modern 600 kW'lık rüzgâr türbinlerinde rotor düşük hızla yaklaşık dakikada 19 ile 30 devir arası döner. Şaft hidrolik sistemin borularını içerir. Bunlar aerodinamik frenlerin çalışmasını sağlar. Dişli kutusu, düşük hız şaftı vasıtasıyla aldığı torku, yüksek hız şaftına ileterek, düşük hız şaftından 50 kat daha hızlı olarak sağa doğru döndürür. Yüksek hızlı şaft dakikada yaklaşık 1 500 devirle döner. Elektrik jeneratörünü yüksek hız şaftı çalıştırır. Dişli kutuları acil mekanik disk frenleri ile donatılmıştır. Mekanik fren, aerodinamik frenin arızalanması durumunda veya türbin tamiri yapılırken kullanılır. Şekil 2.14'de rüzgâr türbini iç görünümü yer almaktadır (Potuk 2015).

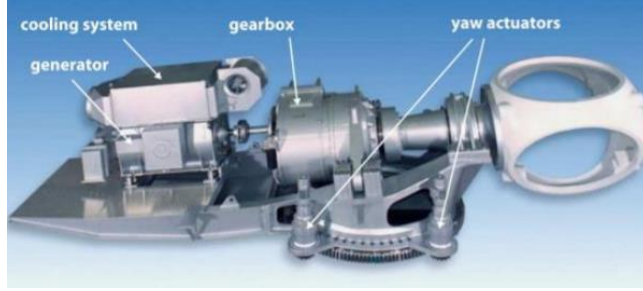


**Şekil 2.14.** Rüzgâr türbini iç görünümü (Potuk 2015)

- Yaw sistemi; üç kanatlı türbinlerin motorları, rüzgâra doğru konumlanmaları gerekir bu nedenle kuyruk kontrol sistemine ihtiyaç duyarlar. Bu sistem rüzgârın hız değişimine göre rotor kafası, rüzgâra dik tutacak şekilde ayarlayan mekanizmadır. İki kanatlı rüzgâr türbinleri kafalarını rüzgâr doğrultusuna ters konumlandıkları için kuyruk kontrol sistemine ihtiyaç duymamaktadır (Potuk 2015).

Rotorun rüzgâra dik olmadığı durumlarda rüzgâr türbin in bir yaw (rotadan çıkartma) hatasına sahip olduğu söylenir. Bir yaw hatası, rüzgârdaki enerjinin düşük bir parçasının rotor alanına akmasını ifade eder. Yaw kontrolü, rüzgâr türbin

rotorunun güç giriş kontrolünün en iyi yoludur. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin hemen hemen tümünde yaw döndürme kuvveti kullanılır. Bu türbinlerde, rüzgâra karşı elektrik motoru ve dişli kutuları kullanılarak, döndürülen türbini tutan bir mekanizma vardır. 750 kW'lık tipik bir türbinin yaw mekanizması ve yaw motoru Şekil 2.15'de gösterilmiştir. Türbin çalıştırıldığında, pervane kanadı, konumunu belirli zaman aralığında elektronik kontrolle yaw mekanizması vasıtasıyla hareket ettirir.



**Şekil 2.15.** Yaw sistemi (Potuk 2015)

- Kule; pylon ya da hub adı verilen bu eleman çelik saçtan bükülerek silindirik konik form verilerek flanşla kaynatılmış segmentlerden meydana gelir. Flanşlar segmentlerin cıvata ile birbirlerine bağlanmasına olanak vermektedir. Kule rotor çapına göre 20 m-100 m arasında değişmektedir. Kafes veya tüp kuleler olarak ikiye ayrılır. Kafes kulelerin temel avantajı ucuz olmalarıdır. Tüp kuleler türbin bakımı yapacak personelin iş güvenliği açısından önemli ve avantajlıdır. Çünkü kule içerisine merdiven monte edilebilmektedir (Potuk 2015), (Şekil 2.16 ve 2.17).



**Şekil 2.16.** Kafes kule (Potuk 2015)

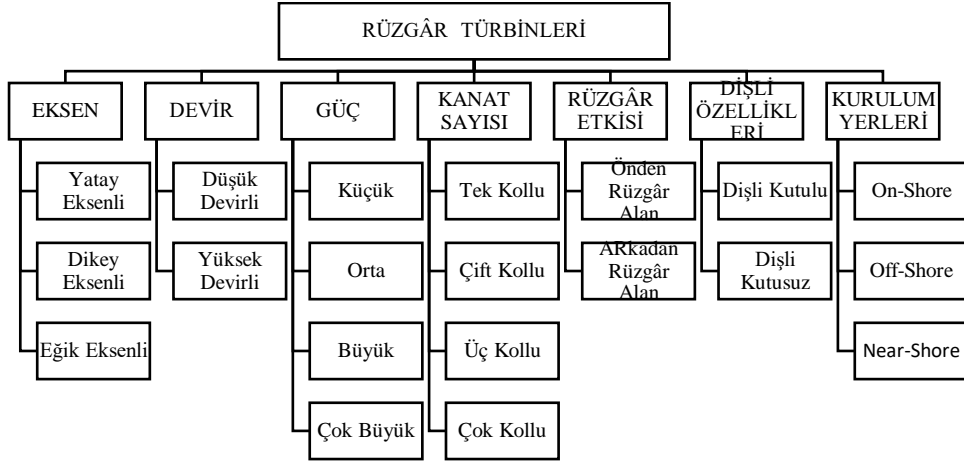


**Şekil 2.17.** Tüp kule iç görüntüsü (Potuk 2015)

### **2.1.5. Rüzgâr Türbin Sınıflandırması**

Elibüyük ve Üçgül, (2014)'ün “Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri”, Nurbay ve Çınar (2005)'in “Rüzgâr Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması”, Erişik (2014)'in “Üç Kanatlı Rüzgâr Türbini Tasarımı ve Kanat Yapısının İncelenmesi” adlı çalışmalardan elde edinmiş olunan bilgiler doğrultusunda rüzgâr türbinleri dönme eksenlerine, rüzgâr hızı aynı olduğu koşulda türbin devir sayısına, güç elde edebilme kapasitelerine göre 5 kW kapasiteye kadar küçük, 5 kW kapasitenin üzerindeki rüzgâr türbinlerine büyük rüzgâr türbini, kanat sayılarına, rüzgâr etkisine, dişli özelliklerine ve kurulum konumlarına göre sınıflandırılırlar (Şekil 2.18).





Şekil 2.18. Rüzgâr türbin sınıflandırması (Elibüyük ve Üçgül 2014; Quaschnig 2010)

### Eksen durumuna göre

- Yatay eksenli rüzgâr türbinleri; dönme eksenleri rüzgâr yönüne paralel, kanatlar rüzgâr yönüne diktir. Rotor kanat sayısı azaldıkça dönme hızları artmaktadır ve verim yaklaşık %45’dir. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri; rüzgâr alma yönüne göre rüzgârı önden alan ve rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbinleri olarak ikiye ayrılırken ayrıca kanat sayısına göre dört guruba ayrılmaktadır. Rüzgâr hızının, rotor kanadı uç hızına bölünmesi ile elde edilen orana kanat uç hız oranı ( $\lambda$ ) denir (Potuk 2015, Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014).

$\lambda = 1-5$  ise çok kanatlı rotor

$\lambda = 6-8$  ise üç kanatlı rotor

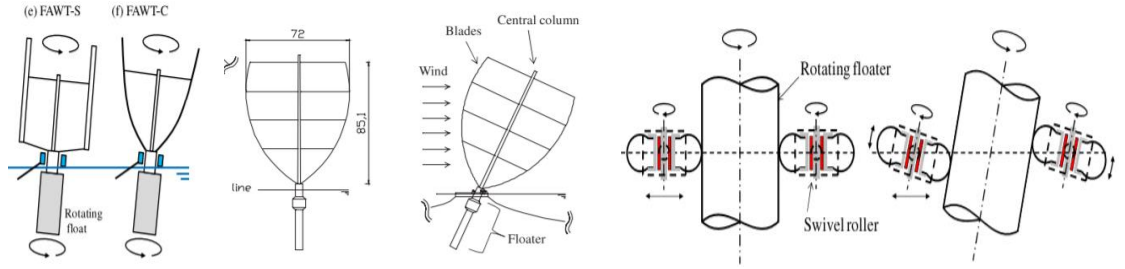
$\lambda = 9-15$  ise iki kanatlı rotor

$\lambda \geq 16$  ise tek kanatlı rotor kullanılır.

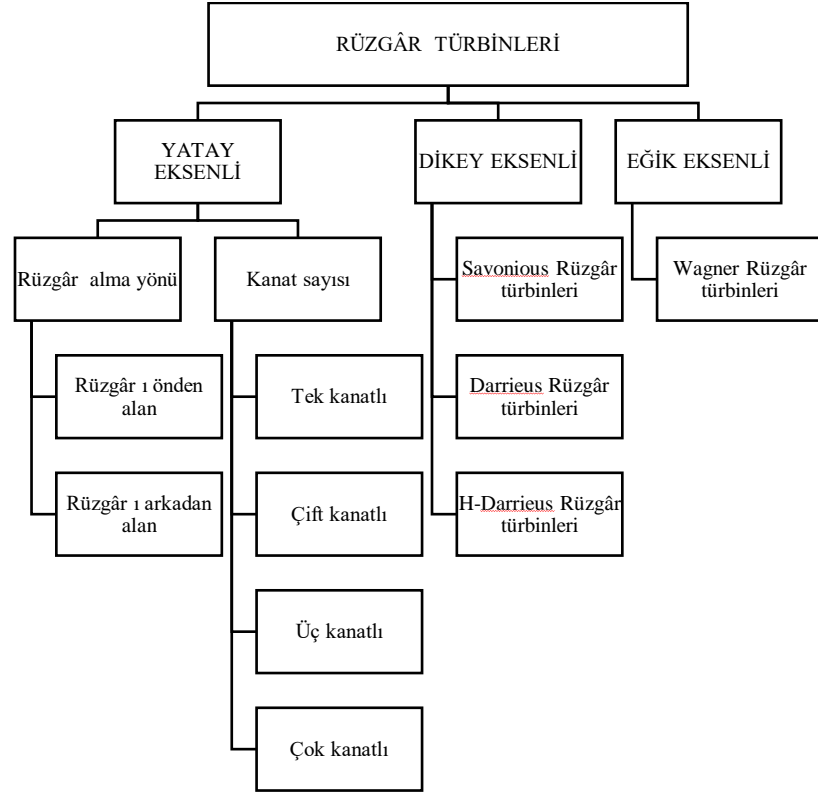
- Dikey eksenli rüzgâr türbinleri; dönme eksenleri rüzgâr yönüne dik ve düşey olan bu türbinlerin kanatları da düşeydir. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri rüzgâr türbinleri rüzgârı her yerden kabul edebilme üstünlüğüne sahiptir. Bu türbinler rüzgârı sürükler veya kaldırır. İlk harekete geçişleri güvenli değildir. Türbinlerin verimleri yaklaşık %35’tir. Türbinlerin üreteç ve vites kutuları toprak seviyesinde kurulabildiği için kuleye gerek duyulmaz ve düşük rüzgâr hızlarında çalışmak zorunda kalırlar. Bu tip türbinler düşük rüzgâr hızlarında ve az miktarda su pompalamak için

tasarlanmışlardır. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerini üç grupta toplamak mümkündür; Savonius rüzgâr türbini, Darrieus rüzgâr türbini ve H-Darrieus rüzgâr türbini (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005).

- Eğik eksenli rüzgâr türbinleri; dönme eksenleri düşeyle, rüzgâr yönünde bir açı yapan rüzgâr türbinleridir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır. Eğik kolları ile birleştirilen yatay kollar kanatları hub ile bağlantılıdır. Kanatlar üzerindeki mekanik yüklerin dağılımı, yatay eksenli rüzgâr türbinine göre daha iyidir. Eğik kollar fazladan kanat gibi davranır; her dönüşte kollardan uygulanan net tork onların parazit tötürler. Wagner rüzgâr türbini olarak bilinmektedir (Potuk 2015, Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005) (Şekil 2.19 ve 2.20).



Şekil 2.19. Eğik eksenli rüzgâr türbini (Akimoto ve ark. 2011)



Şekil 2.20. Rüzgâr türbin sınıflandırması (Elibüyük ve Üçgül 2014)

### Devir sayısına göre

30-60 devir/dakika devir sayısına sahip rüzgâr türbinlerine yüksek devirli rüzgâr türbini, 30devir/ dakika devir sayısının altında devire sahip olan rüzgâr türbinlerine düşük hızlı rüzgâr türbinleri adı verilmektedir (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005).

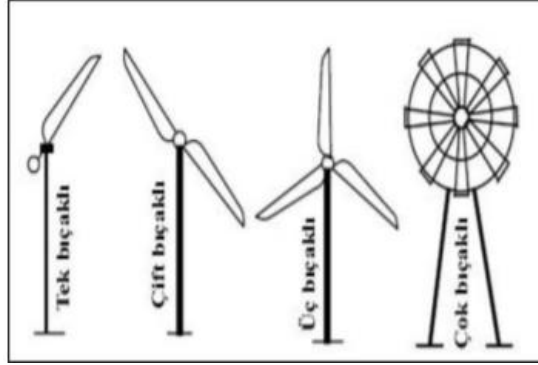
### Güç sınıfına göre

- Mikro türbinler; 0-3 kW arasında olan türbinlerdir.
- Küçük güçlü rüzgâr türbinleri; 3-30 kW arasında olan türbinlerdir.
- Orta güçlü rüzgâr türbinleri; 30 kW ile 100 kW arasında olan türbinlerdir.
- Büyük güçlü rüzgâr türbinleri; 100 kW ile 1000 kW arasında olan türbinlerdir.
- Çok büyük güçlü rüzgâr türbinleri; 1 MW veya daha fazla olan türbinlerdir (Erişik 2014).

## Kanat sayısına göre

- Tek kanatlı rüzgâr türbinleri; kullanımının temel amacı, rotora etkiyen yüksek rasyonel hızın düşürülmesidir. Diğer yandan, tek kanatlı rüzgâr türbini aerodinamik olarak dengesizdir ve ek hareketlerle istenmeyen bazı yüklere sebep olur. Bu mekanizmayı kontrol etmek için, göbek kısmına ek yapılar yapılması gerekir. Diğer dezavantajlarından birisi de yüksek aerodinamik gürültü seviyesidir. Uç hız oranı, 120m/s civarındaki üç kanatlı rüzgâr türbinlerine kıyaslandığında, uç hızı 2 kat daha yüksektir. Dolayısı ile üç kanatlı rüzgâr türbinlerinden daha gürültülüdür (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014).
- Çift kanatlı rüzgâr türbinleri; çeyrek asır öncesine kadar iki kanatlı rüzgâr türbinleri sıklıkla kullanılıyordu. 10 m'den 100 m'ye kadar değişen farklı yüksekliklerde ve farklı rotor çaplarında Amerika ve Avrupa'da kullanılmışlardır. İki kanatlı rüzgâr türbinleri, üç kanatlı rüzgâr türbinlerine oranla daha ekonomik görünmesine rağmen, iki kanatlı rüzgâr türbinleri dinamik etkilerden dolayı bir takım ek ekipman gerektirdiğinden, üç kanatlı rüzgâr türbinleri ile aynı maliyete sahiptir. Üç kanatlı rüzgâr türbinlerinden farklı olarak dönmeden meydana gelen ve kulenin yatay eksenine göre olan bir atalet momentine sahiptir. Bu durum rüzgâr türbini üzerinde ek bir yük meydana getirir ve sadece salınan bir göbek yapısı ile giderilebilir. Salınan göbek kullanılmasının nedeni, dönen rotor üzerinde oluşacak büyük atalet momenti değişimlerinin etkilerini önlemektir. Ayrıca düşük şiddetteki rüzgâr hızlarında rotor devreye girememektedir (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014).
- Üç kanatlı rüzgâr türbinleri; modern rüzgâr türbinlerinde en çok kullanılan model üç kanatlı olan rotorlardır. Bunun temel nedeni, rotorun tüm hızlarda sabit atalet momentine sahip olmasıdır. Üç veya daha fazla kanata sahip olan tüm rotorlar aynı avantaja sahiptir. Ayrıca üç kanatlı rotor bu avantajdan dolayı rüzgâr türbinleri üzerinde ek bir yük getirmemektedir (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014).
- Çok kanatlı rüzgâr türbinleri (rüzgâr gülleri); rüzgâr türbinlerinin gelişmemiş ilk örnekleridir. Yıllarca sadece su pompalanmasında kullanılan bu türbinler, bu işlemdeki moment gereksinimini karşılayabilmek amacıyla, çok kanatlı olarak

üretimiştir. Çok kanatlı rüzgâr türbinleri düşük hızda çalışırlar. Türbin kanatlarının genişlikleri, rotor göbeğinden uçlara artış gösterir. Rotor mili, dişli kutusuna bağlanarak, jeneratör mili devir sayısı artırılır ve otomobillerde uygulama alanı bulun jeneratörler kullanılır. Rüzgârgülleri, rotor düzleminin rüzgâr hız vektörünü her zaman dik açıyla almasını sağlayacak yönlendirici sistemler taşımamaktadır (Elibüyük ve Üçgöl 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014) (Şekil 2.21).

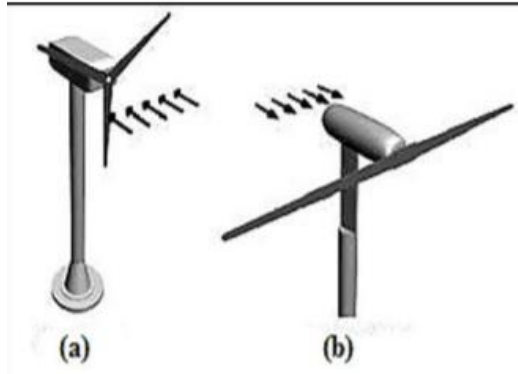


Şekil 2.21. Kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri (Elibüyük ve Üçgöl 2014)

### Rüzgâr etkisine göre

- Rüzgârı önden alan rüzgâr türbinleri; yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde rotor yüzü rüzgâra yönelmiş rüzgâr türbinlerine önden rüzgârlı türbin adı verilmektedir. Bu türbinlerin en önemli üstünlüğü kulenin yapacağı gölgeleme etkisine maruz kalmamasıdır. Öte yandan kulenin önünde, az da olsa, bir rüzgâr gölgelemesi vardır. Yani rüzgâr kuleye eğilerek gelir. Kule yuvarlak ve düz olsa bile, kanatın kule hizasından her geçişinde türbinin ürettiği güç biraz azalır. İşte bu nedenle rüzgâr çekilmesinden dolayı kanatların çok sert yapılması ve kuleden biraz uzakta yerleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca önden rüzgârlı türbinler, rotoru rüzgâra döndürmek için yaw mekanizması ile donatılmıştır (Elibüyük ve Üçgöl 2014, Nurbay ve Çınar 2005).
- Rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbinleri; arkadan rüzgârlı türbinlerin rotorları kule arkasındadır. En önemli üstünlükleri yaw sistemine ihtiyaçlarının olmayışıdır. Eğer dişli sisteminin yer aldığı nacelle adı verilen koza ve rotor uygun tasarlanırsa koza rüzgârı pasif olarak izler. Arkadan rüzgârlı türbinlerde bu durum kesin bir üstünlük değildir. Rotor belirli bir periyotta pasif olarak her yöne dönebildiği için, bu tip

türbinlerin üreteçlerinden inen kabloların dolanabilmesi söz konusudur ve ancak yaw sistemi bu sorunu ortadan kaldıran bir unsurdur. Arkadan rüzgârlı türbinlerin daha önemli üstünlüğü rotor kanatlarının esnek olmasıdır. Bu durum hem ağırlık hem de makinenin güç dinamiği açısından önemli bir üstünlük sağlar. Böylece kule yükü azalmaktadır. Arkadan rüzgârlı türbinlerin en temel üstünlüğü önden rüzgârlı rüzgâr türbinlerine göre daha hafif yapılması olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, kanat kule hizasından geçerken meydana gelen güç dalgalanması, türbine önden rüzgârlı türbinlerinden daha çok zarar verir (Elibüyük ve Üçgül 2014, Nurbay ve Çınar 2005, Erişik 2014) (Şekil 2.22).



**Şekil 2.22.** Rüzgâr eksenine göre türbinler a) Önden rüzgâr alan, b) Arkadan rüzgâr alan (Elibüyük ve Üçgül 2014)

### **Dişli özelliklerine göre**

Tipik rüzgâr enerjisi sistemi, bir rüzgâr türbini, bağlantı ekipmanı (dişli kutusu), jeneratör ve kontrol sistemlerini içermektedir. Rüzgâr türbin üniteleri sürücü sistemleri bakımından; dişli kutusu kullanılan ve dili kutusu kullanılmayan türbin jeneratör sistemleri olarak iki sınıfa ayrılır (Elibüyük ve Üçgül 2014).

- Dişli kutusu kullanılan rüzgâr türbinleri; jeneratörleri az kutuplu, yüksek devirlidir. Bu yüzden rotorun devir sayısı ile jeneratörün devir sayısını uygun hale getirmek için 1/50, 1/70 gibi oranlarda dişli kullanılır. Bunlar sabit hızlı – sincap kafesli indüksiyon jeneratörleri (SCIG) ve değişken hızlı – çift beslemeli indüksiyon jeneratörleridir (DFIG).

Dişli kutusu kullanılmayan rüzgâr türbinlerinde ise jeneratörler çok kutuplu, düşük devirli olduğu için dişli sistemine gerek yoktur. Direkt sürümlü – elektriksel uyarılı senkron jeneratörler (EESG) ve direkt sürümlü – sürekli mıknatıslı senkron jeneratörler (PMSG) olarak iki guruba ayrılır.

### **Kurulduğu yere göre**

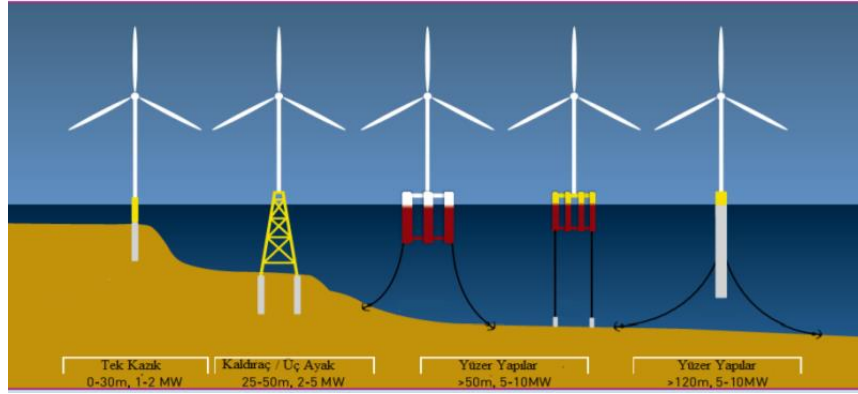
- Karada rüzgâr türbinleri; ana kara ya da adalar üzerinde yer alan rüzgâr türbinlerine onshore rüzgâr türbinleri denilmektedir.
- Kıyıda rüzgâr türbinleri; açık denizlerde rüzgâr enerjisinin verimliliğinden yararlanmak rüzgâr enerjisi piyasası olarak oldukça önemlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmaların özellikle yakın sahil bandına konumlandırılan deniz tabanına monte edilmiş rüzgâr türbinlerine nearshore (Quaschning 2010) denilmektedir. Ancak bu rüzgâr çiftliklerinin gürültü, görüntü kirliliği, gemi trafiğini, radarları etkileme gibi problemlere yol açtığı belirtilmektedir (Avcıoğlu 2017).
- Deniz üstü rüzgâr türbinleri; yakın zamanda yürütülen çalışmaların rüzgâr türbinlerini özellikle karadan daha uzak yerlere ve derinliklere taşıma konusunda yüzer platform sistemli rüzgâr türbinleri (offshore) üzerine yoğunlaşmış olduğu görülmektedir.

Açık denizdeki rüzgârlar karasal rüzgârlara göre daha az bir türbülansa sahiptir ve bu koşul daha yüksek hız değerlerine ulaşılmasına olanak vermektedir. Üretilen gücün rüzgâr hızının küpü ile doğru orantılı olarak arttığı göz önüne alınırsa karadan birkaç kilometre uzaklaşarak deniz üzerinde yapılan rüzgâr hasadı elektrik üretiminde ciddi bir artış imkânı sağlamaktadır.

Günümüzde açık deniz rüzgâr türbinleri deniz şartlarına uygun olarak tasarlanmaktadır. Deniz suyunun korozyon etkilerine dayanımlı olabilmesi için özel bir deniz tipi boya malzemesi ile kaplanmıştır ayrıca dalga yüklerini karşılayacak şekilde kule güçlendirmesi, dişli sistemi ve elektriksel bileşenlerin korozyona dayanıklı olarak üretilmesi, bakım-onarım faaliyetleri için platforma kolay erişim sağlayabilmesi ve acil durum şalteri gibi ek özellikler eklenmiştir. Karada veya kıyıya yakın yerlerdeki rüzgâr türbinleri gibi üzerinde hava araçlarının yol açabileceği

kazaları önlemek için ikaz lambalarına ihtiyaçları vardır ancak diğer rüzgâr türbinlerine göre ek tedbirler alınmalıdır, deniz sisli havalarda deniz araçlarından görülebilen daha parlak ikaz lambalarıyla donatılmışlardır.

Deniz rüzgâr türbinleri (Şekil 2.23) 2 - 5 MW değerleri arasında değişen güç kapasitelerinde karadaki standart uygulamalardan fazla bir standart güç kapasitesine sahiptir (Avcıoğlu 2017).



Şekil 2.23. Açık deniz rüzgâr türbinlerinin kavramsal tasarımları (Avcıoğlu 2017)

### Rüzgâr türbülans sınıflarına göre

Rüzgâr enerjisi rüzgâr hızının bir fonksiyonudur. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) 1988 yılında IEC 1400-1 Rüzgâr Türbin Jeneratör Sistemleri-Bölüm 1 Güvenlik Koşullarını 1994 yılında, Bölüm 2 1997 yılında yayımlanmıştır. Bazı değişiklikler gözden geçirilerek 1999 yılında IEC 64100-1 yeniden yayımlanmıştır. Rüzgâr ve türbülans sınıfları ve modelleri, yük durumu tanımlamaları, yük analizleri, kontrol, mekanik sistemleri ve konum değerlendirmeleri gözden geçirilerek 2005 yılında hava yoğunluğu  $1,225 \text{ kg/m}^3$  kabul edilerek Çizelge 2.5’de görüldüğü gibi Rüzgâr Türbin Sınıfları için Rüzgâr Hız Parametreleri derlenerek yayımlanmıştır (Çetin ve ark. 2011; Anonim 2019e).



**Çizelge 2.5.** IEC'ye göre rüzgâr türbin sınıfları için rüzgâr hız parametreleri (Anonim 2019e)

Parametreler	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf III	Sınıf IV
Referans Rüzgar Hızı, $U_{ref}$ (m/s)	50	42,5	37,5	30
Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı, $U_{ave}$ (m/s)	10	8,5	7,5	6
50 yıl içinde görülebilecek en yüksek hız, $1,4U_{ref}$ (m/s)	70	59,5	52,5	42
1 yıl içinde görülebilecek en yüksek hız, $1,05U_{ref}$ (m/s)	52,5	44,6	39,4	31,5
A $I_{15}$ a	0,182	0,182	0,182	0,182
B $I_{15}$ a	0,163	0,163	0,163	0,163

## 2.2 Kaynak Araştırması

Türksoy (2001) enerji amaçlı rüzgâr verisi ölçümünde teknik ekipmanın kalibre edilmiş ve en az iki yükseklikte çalışılması gerektiğini vurgulamıştır. Ölçüm ekipmanlarının ayrıca rezolüsyonu en azından 10 Hz ve ölçümlerin kesinliği de ölçülen değerlerin en az % 0,3'ü olmalıdır. Rüzgâr yönü ölçümlerinde ise 0°-360° arasında ölçüm yapabilen ve rezolüsyonu asgari 1° olan sensörler tercih edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca rüzgâr üzerindeki lokal etkiler; yüzey pürüzlülük değişimi, topografya etkisi, çeşitli yapılar ve perdeleyici engeller, atmosferik kararlılıktaki değişimler, lokal sıcaklık değişimleri, deniz meltemleri ve anabatik- katabatik dağ rüzgarları olarak sınıflandırılmıştır. Bunların yanında rüzgâr verileri incelenirken; verilerin bütünlüğünün önemi, frekans tablolarının oluşturulması, histogram ve fonksiyonun belirlenmesi, rüzgâr gülü ve enerji gülünün oluşturulmasından söz edilmiştir.

Bektaş (2013) rüzgâr enerjisinin binalarda kullanımının yer ve topografya, yapı yüksekliği ve çevredeki dış engellerin yükseklikleri ve yapının formu gibi değişkenlerinin durumuna göre belirlenebileceğini belirtmiş ve örnek olarak Toki Tarımköy projesini ele almıştır.

Gültutan (2013) Gaziantep koşullarında (500 kW) bir rüzgâr türbininin yakalayabileceği enerji miktarını ve geri ödeme süreleri üzerine bir araştırma yapmıştır. Sonuç olarak 5,4 m'lik çapa sahip bir rüzgâr türbini ile rüzgâr hızının 8 m/s olduğu durumda elde edilebilen güç 4825 W olarak bulunmuştur. Fakat verim oranı sebebiyle bu değerin daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Gencel ve Tarhan (2019) Çanakkale bölgesindeki rüzgâr enerji santralleri için kapasite faktörlerini incelemiştir. Sonuç olarak da, kapasite faktörünün söz konusu bölge koşullarında %25-35 arasında değiştiğini ve emre amade olma durumuna göre bu değerin düştüğünü bildirmişlerdir.

Nişancı ve ark. (2010) CBS yöntemi ile Trabzon ilinde RES uygulanabilir alanları belirlemek için bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırma için arazi eğimi, arazi yüksekliği, bakı, topoğrafya, karayolları, hava alanları, limanlar, yerleşim alanları, koruma alanları, rüzgâr hızı ve akarsuları veri katmanı olarak kullanılmıştır.

Akkaş (2001) rüzgâr enerji sempozyumunda güç eğrileri işlenirken güç eğrisi bölgelerini dört bölgeye ayırarak incelemiştir. 1. bölge rüzgâr hızı elektrik üretimi için çok düşük ve cut-in (açma) rüzgâr hızı olarak adlandırılır. 2. bölge rüzgâr hızının küpü ile orantılı artan elektrik gücü rated (nominal güç) rüzgâr hızı olarak adlandırılır. 3. bölge elektrik çıkış gücü nominal-güç ile sabit. Artan rüzgâr hızına karşı kanatlar ve dişli kutusu ayarlanır cut-out (kesme) rüzgâr hızı olarak adlandırılır. 4. bölge elektrik çıkış gücü yok ve türbin kendisini korumak üzere duruyor şeklinde açıklanmaktadır.

Yağcı (2013) tezinde rüzgâr hızı yükseltmelerinde kullanılan farklı yöntemleri karşılaştırmış ve bu yöntemlerin hata analizlerini yapmıştır. Öncelikle her saha için değişiklik gösteren Hellman katsayısının mevsimlere, yüksekliğe, coğrafi durum ve yüzey pürüzlülüğüne, çevredeki ağaç yükseklikleri ve sıklığına, hesaplama yöntem farklılıklarına, teorik ve ampirik ölçüm hesaplamalarındaki farklılıklara göre değişebildiğini ve bunların bir hata kaynağı unsuru olduğunu belirtmektedir.

Akpınar ve Balpetek (2019) 2005-2014 yıllarına ait meteorolojik istasyon verilerini işleyerek bu tezde olduğu gibi frekans tablolarını oluşturmuşlardır. Weibull ve Rayleigh dağılımlıları hesaplanan teorik frekans tablolarını elde etmişler ve değerleri karşılaştırarak Weibull modelini dağılımını daha uygun olduğunu anlamışlardır.

Çetin ve ark. (2011) Menemen bölgesinde Weibull modelinin özel sadeleştirilmiş hali olan Rayleigh dağılımını kullanarak verilerini işlemiştir. Ve teorik frekans tablolarını oluşturarak IEC türbin sınıfları ile kapasite faktörü ilişkisini incelemiştir. Türbin güvenliği için oluşturulmuş bu sınıflardan Menemen için 2,5 MW'lık güçteki en uygun türbin sınıfı III, güvenli olarak belirlenmiştir. Yükseklik arttıkça rüzgâr hızı artmakta hız arttıkça çap büyümekte ve sınıf artmakta olduğunu vurgulamaktadırlar.

Unes ve ark. (2019) 2010-2012 yılları arasında ABD'nin Nevada şehrindeki ortalama buharlaşma, hava sıcaklığı gibi hidrolojik parametreleri içeren rüzgâr verilerini Mamdani-Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık Sugeno methediyorlar ve çoklu lineer Regresyon yöntemi ile rüzgâr tahminlerinde bulunarak arazi gözlem verileri ile karşılaştırmıştır. Çoklu lineer regresyon yöntemi ile Bulanık Mantık yöntemi iyi performans gösterdiğini saptamıştır.

Lange ve ark. (2003) yüzey pürüzlülüğü ile ilgili çalışmasında FLAP (Farm Layout Program) adlı üniversitelerine ait bir yazılım kullanarak tanımlanan bir rotora farklı açılarda gelen akış verilerini işlemiştir. Deniz üzerindeki ve karasal hareket almaları karşılaştırılmış ve modellenmiştir.

Sozzi ve Favaron (1998) çalışmasında yüzey pürüzlülük etkisini araştırma yaptıkları sahada bir mikrometeorolojik izleme tesis ederek belirledikleri süre içerisinde yapmışlardır. Bu izleme için geleneksel meteorolojik izleme ekipmanlarına ek olarak ultrasonik anemometre ilave etmişlerdir. Bu ekipman radyo ses dalgaları sayesinde termal tabakalar alınmasını ve sıcaklık nem gibi parametre verilerini analiz ederek rüzgâr hızı yükseklik faktörüne dolayısıyla pürüzlülük uzunluğuna etkisini incelemiştir.

Hong ve Mller (2011) GIS (Coğrafi bilgi sistemi) ve UTM (Universal Transverse Mercator) kullanarak rüzgâr hızına etki eden pürüzlülük uzunluğu faktörünü incelemektedir.

zahin ve Kaymaz (2013) inceleme alanımıza çok yakın olan Hatay Őehrinin rüzgâr enerjisi santral yer seçimini coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanarak analiz etmişlerdir. ArcGIS ve ArcMap programlarından yararlanarak çok kriterli (15 parametre) yöntem kullanmış ve yer yüzeyini incelenmiştir. REPA ile paralel veriler elde ederek Őehrin %70'den fazlası RES kurulabilir alan ve bu oranın %1,13' mkemmел düzeyde olduğunu bildirmektedir. Yatırım aşamasına geçilmeden önce bir sonraki detaylı çalışmaların daha büyük ölçekli haritalar üzerinden çalışmak olduğu ve güncellenmesi gerektiğini düŐünmektedirler.

### **3. MATERİYEL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Araştırma sahası**

Güney Doğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesinden biridir. Kuzeyde ve doğuda Doğu Anadolu Bölgesi, batıda Akdeniz Bölgesi, güneyde ise Suriye ve Irak ile sınır komşusudur. 68 341 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Türkiye'nin %7,5 ini kaplayan en küçük bölgedir, medeniyetlerin beşiği olan bölgede yer alan şehirler; Gaziantep, Kilis, Şanlıurfa, Mardin, Şırnak, Siirt, Batman, Diyarbakır ve Adıyaman'dır (Anonim 2020a).

##### **3.1.2. Meteorolojik istasyonlar**

Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmî web sitesinden (Anonim 2017b) ilgili şehirlerde bulunan meteorolojik istasyonlar ve ilgili bilgilere ulaşılmıştır. Bu bilgiler; istasyon numaraları, bulunduğu ilçe, istasyon adları, gözlem grubu ve sınıfı, istasyon yerinin deniz seviyesine olan yüksekliği ve koordinatlarıdır. Ayrıca Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (2016) toplam 9 şehirde, geçmişe dönük bilgi alabileceğimiz 24 adet meteoroloji istasyonuna ait veriler (Adıyaman Samsat istasyonunun Kasım 2007 tarihli ve 26693 sayılı Resmî Gazete ile kapatıldığı bildirilmiştir) 1968- 2015 yılları arasındaki hâkim rüzgâr yönündeki günlük maksimum rüzgâr hızı ve günlük ortalama rüzgâr hız verilerine ulaşılmıştır (Çizelge 3.1).

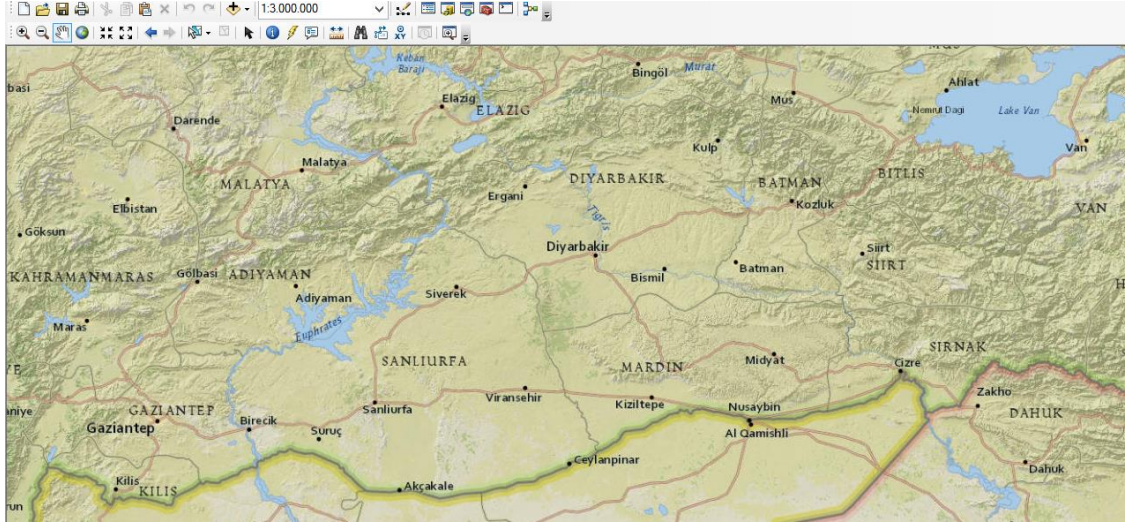
**Çizelge 3.1.** Kullanılabilir veri elde edilebilen meteorolojik istasyonlar

İL	İLÇE	İSTASYON	İSTASYON	ENLEM	BOYLAM	YÜKSEKLİK
Şırnak	Cizre	Cizre	17950	37,3326	43,2027	400
	Şırnak	Şırnak	17287	37,5209	42,4523	135
Siirt	Siirt	Siirt Merkez	17210	37,9319	41,9354	895
Batman	Batman	Batman	17282	37,8636	41,1562	610
Mardin	Mardin	Mardin	17275	37,3103	40,7284	1040
	Nusaybin	Nusaybin	17948	37,0833	41,2343	488
Diyarbakır	Çermik	Çermik	17874	38,1371	39,4644	695
	Diyarbakır	Diyarbakır	17280	37,8973	40,2027	674
	Ergani	Ergani	17847	38,2670	39,7660	986
	Sur	Sur/Ünalın	17283	37,9390	40,2966	701
Şanlıurfa	Akçakale	Akçakale	17980	36,7276	38,9473	365
	Birecik	Birecik	17966	37,0281	37,9638	346
	Bozova	Bozova	17944	37,3651	38,5134	622
	Ceylanpınar	Ceylanpınar	17968	36,8406	40,0307	360
	Hilvan	Hilvan	17914	370,5806	38,9508	589
	Siverek	Siverek	17912	37,7522	39,3291	801
	Şanlıurfa	Şanlıurfa	17270	37,1608	38,7863	550
Adıyaman	Adıyaman	Adıyaman	17265	37,7553	38,2775	672
	Gölbaşı	Gölbaşı	17871	37,7867	37,6532	900
	Kahta	Kahta	17910	37,7918	38,6155	725
	Samsat	Samsat	17911	37,5825	38,4806	590
Gaziantep	Gaziantep	Şahinbey	17261	37,0585	37,3510	854
	İslahiye	İslahiye	17964	36,9585	36,5882	470
Kilis	Kilis	Kilis Merkez	17962	36,7085	37,1123	640

### 3.1.3. Haritalar ve görsel materyaller

Meteorolojik istasyon konum verileri ArcMAP ve GoogleEarth programlarında işlenerek tez materyali olarak kullanılabilir hale getirilmiştir.

- Topoğrafik Görüntüler; Google Earth Yazılımından elde edilmiştir ve ArcMAP Programı bu veriyi işlemede kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).

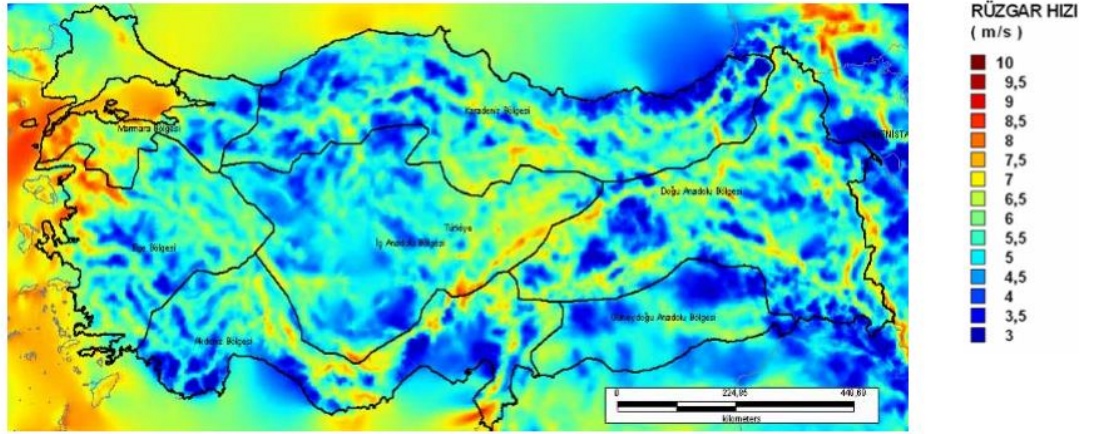


Şekil 3.1. ArcMAP Güneydoğu Anadolu fiziki görünüm

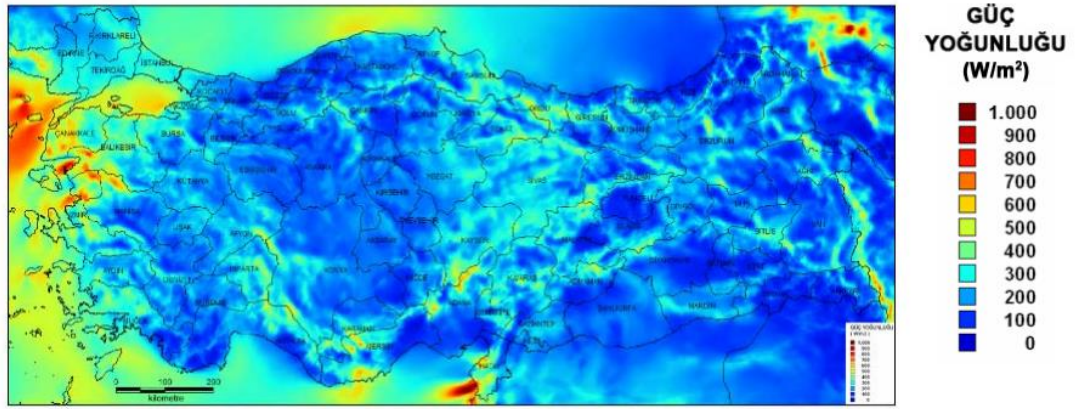


Şekil 3.2. ArcMAP Güneydoğu Anadolu Bölgesi meteorolojik istasyon konumları

- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası; yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanmış Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası kullanılmıştır (Şekil 3.3 - 3.5).

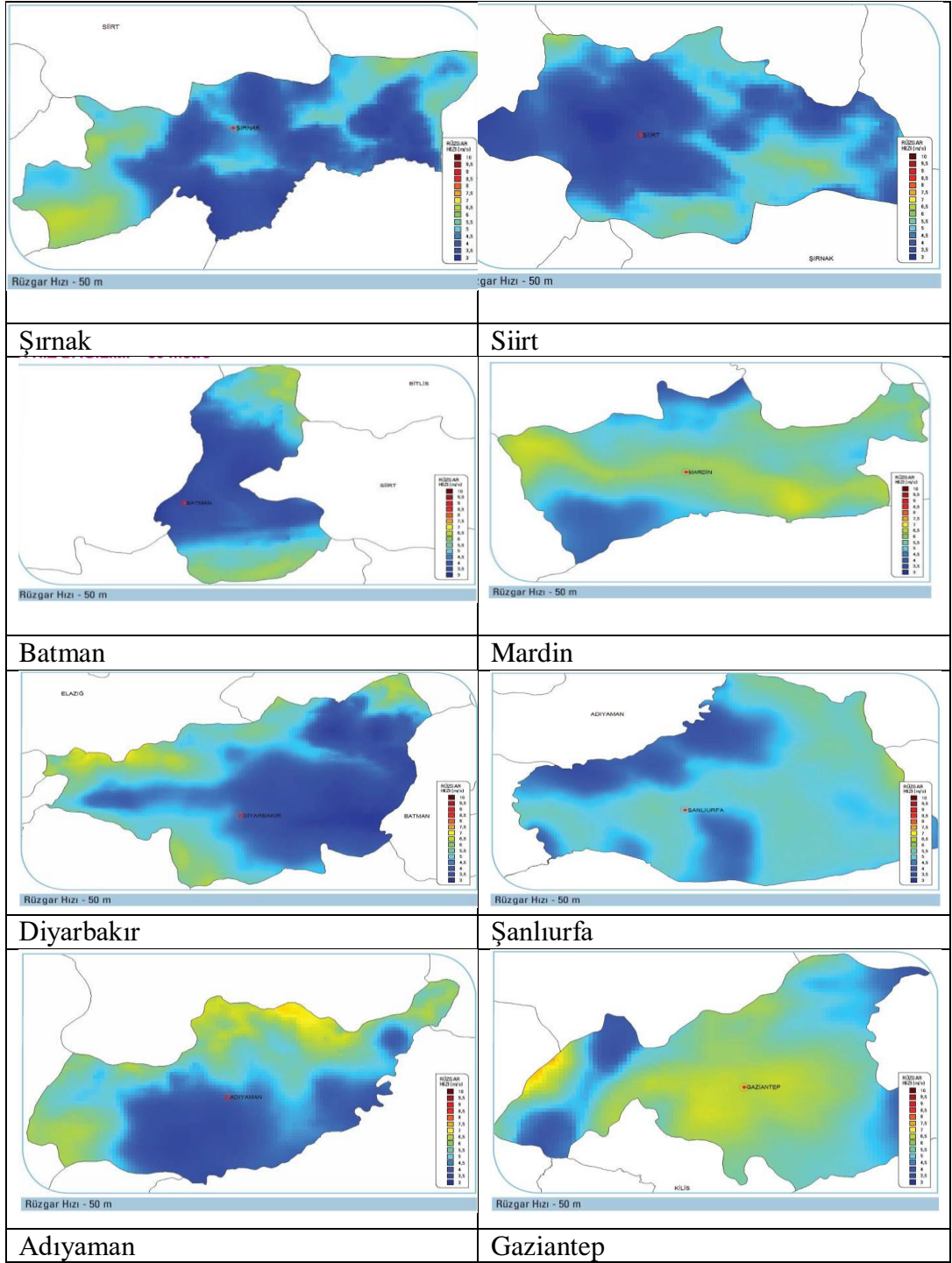


Şekil 3.3. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları dağılımı (Anonim 2007)



Şekil 3.4. Türkiye geneli 50 metre yükseklikteki ortalama güç yoğunluğu dağılımı (Anonim 2007)





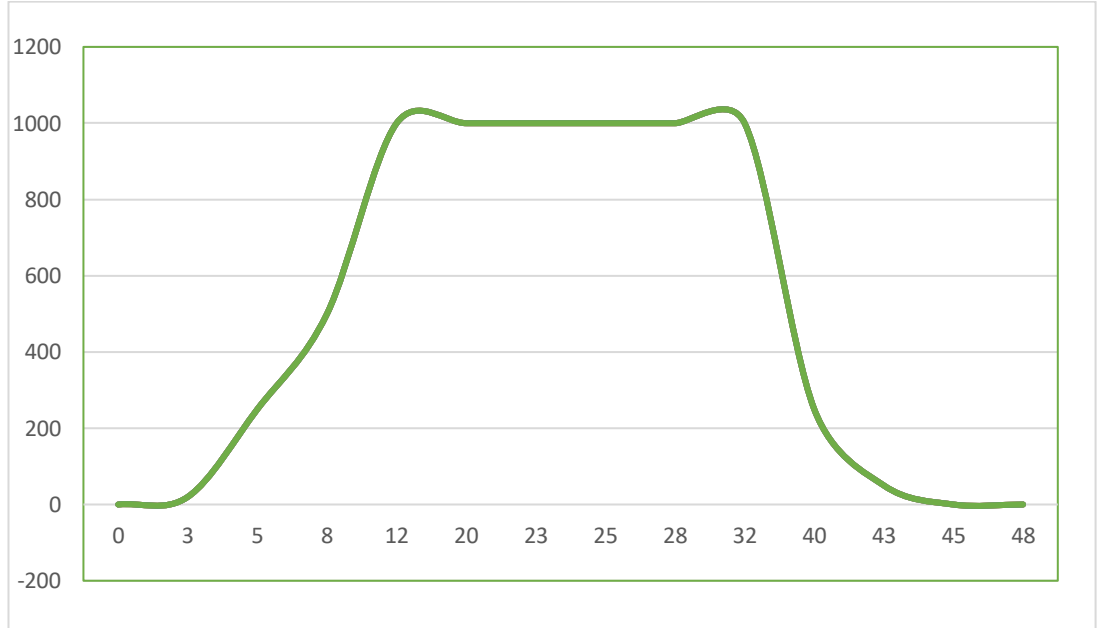
Şekil 3.5. Güneydoğu Anadolu illeri Rüzgâr hızı dağılımları- REPA (Anonim 2007)

### 3.1.4. Rüzgâr türbinleri

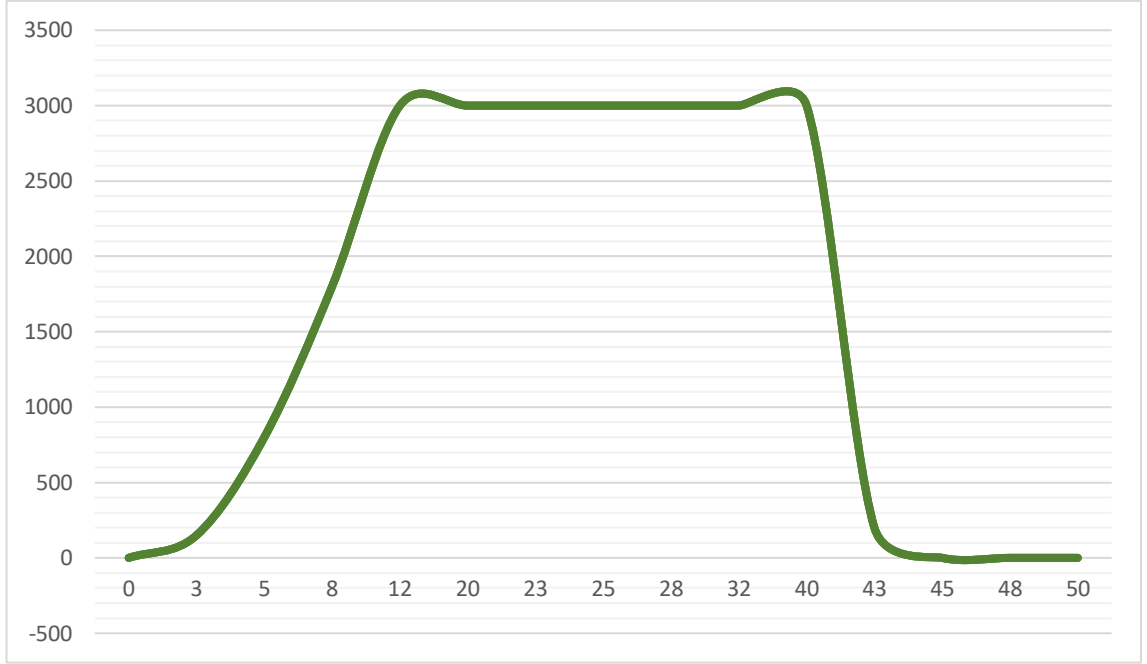
Mevcut veriler doğrultusunda sahada temsili olarak kullanılabilirliği öngörülen rüzgâr türbin özellikleri hesaplamalarda kullanılmış ve güç eğrileri ile birlikte aşağıda Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Şekil 3.6-3.14'te özetlenmiştir.

**Çizelge 3.2.** Yatay eksenli rüzgâr türbin çeşitleri (Anonim 2016a)

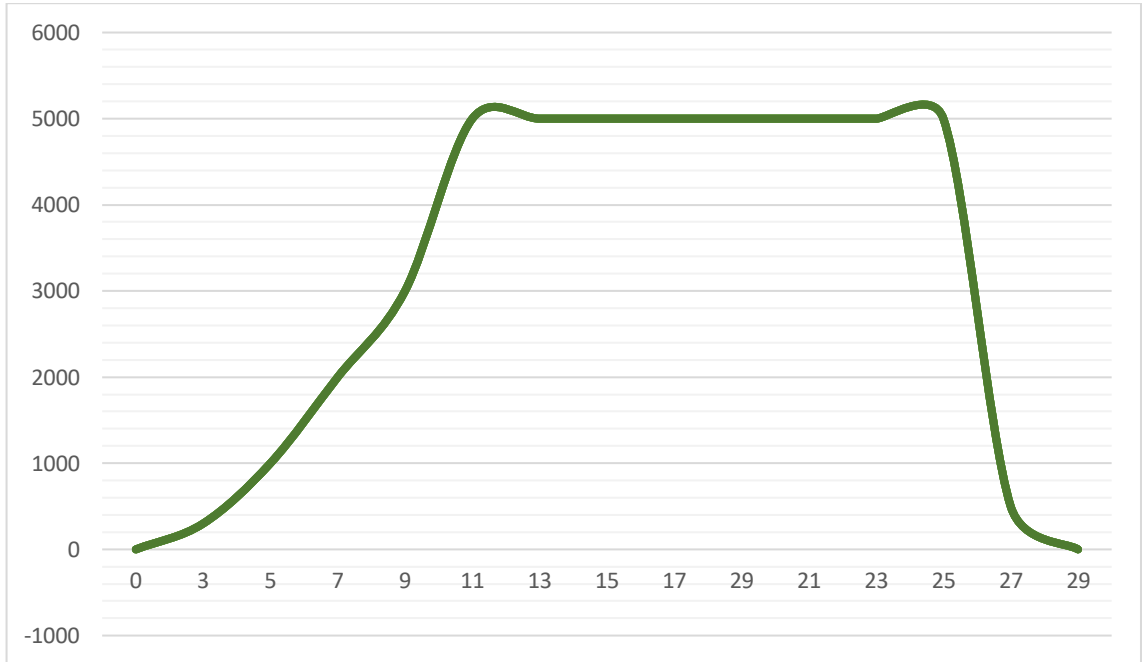
Yatay Eksenli Rüzgâr Türbini	1 kW	3 kW	5 kW	10 kW	20 kW
En Düşük Dönüş Rüzgâr Hızı (m/s)	3	3	3	3	3
En Yüksek Dönüş Rüzgâr Hızı (m/s)	40	40	25	25	25
En Uygun Dönüş Rüzgâr Hızı (m/s)	12	12	12	12	12
Kanat Sayısı	3	3	3	3	3
Rotor Çapı	2,6	4,5	5,8	8,2	11,6
Süpürme Alanı m <sup>2</sup>	5,3	16,0	26,6	53,2	106,4
Kanat uzunluğu	1,2	2,5	2,7	4,0	5,0
Hub Yüksekliği m	8-10	8-10	10-12	12-15	18-20



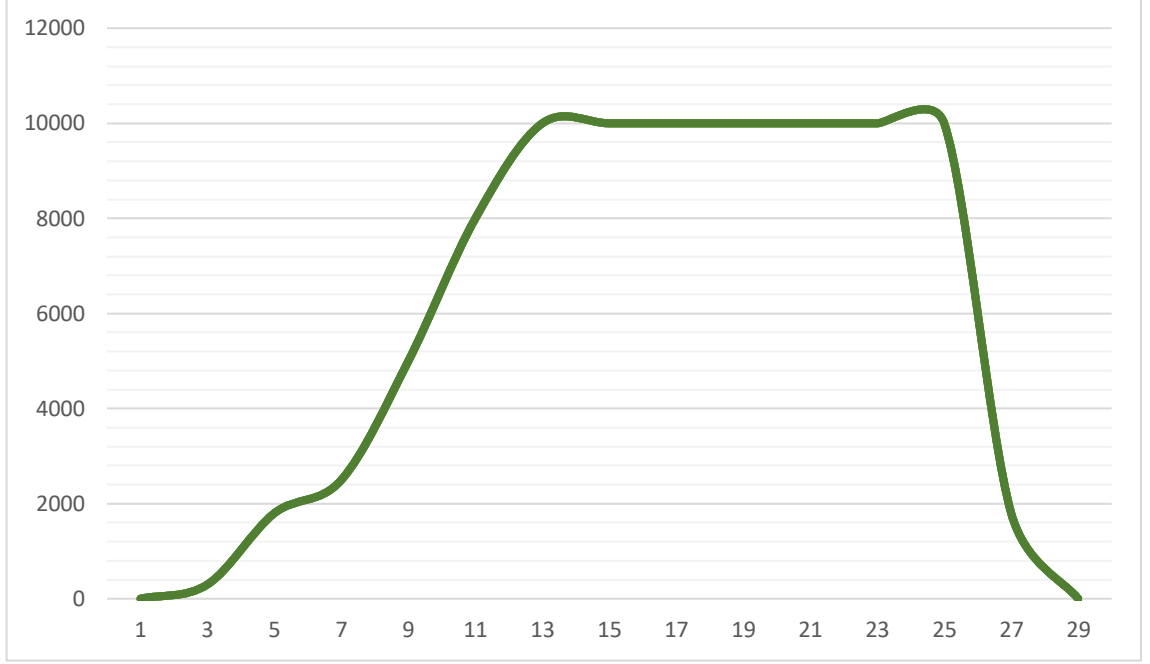
**Şekil 3.6.** 1 000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



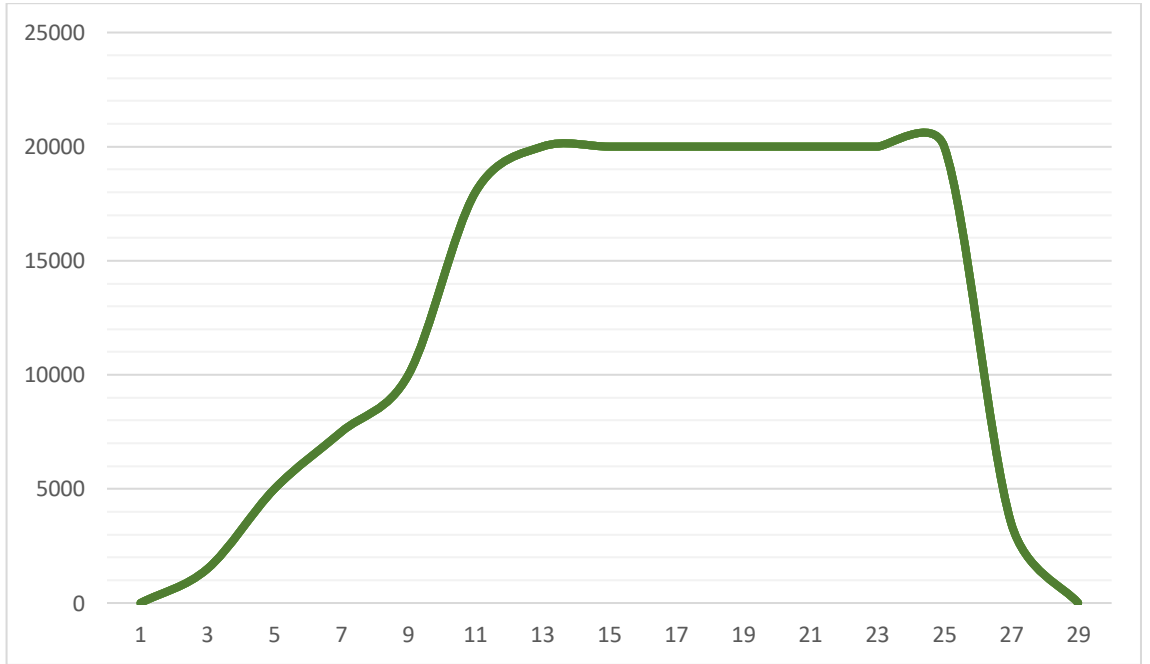
Şekil 3.7. 3 000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



Şekil 3.8. 5 000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



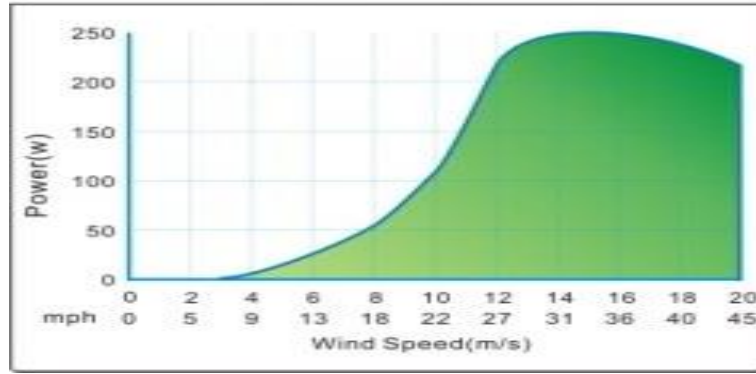
**Şekil 3.9.** 10 000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



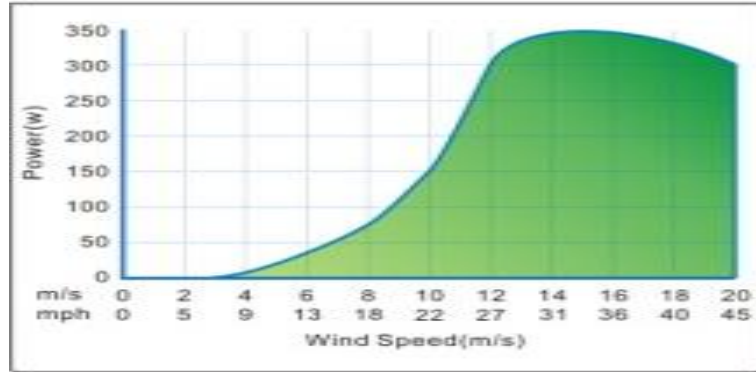
**Şekil 3.10.** 20 000W'lık yatay eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi

**Çizelge 3.3.** Dikey eksenli rüzgâr türbin çeşitleri (Anonim 2016b)

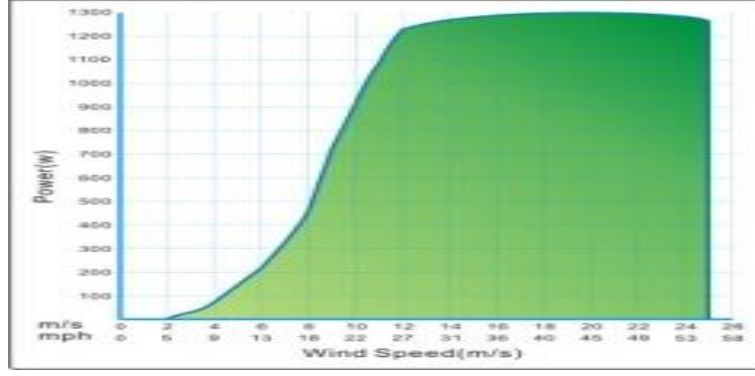
Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri	V1s	V1	V1.8s	V1.8
Elde Edilebilir Güç (W)	200	300	1000	1500
En Yüksek Elde Edilebilir Güç (W)	250	350	1300	1800
Gerilim (V)	14,5	14,5	180 dc	180 dc
Uygun Çalışma Rüzgâr Hızı (m/s)	12	12	11	11
Servis Alma Rüzgâr Hızı (m/s)	1,5	1,5	1,5	1,5
Uygun Devir Sayısı (dev/dak)	270	250	200	180
En Yüksek Devir Sayısı(dev/dak)	320	300	220	200
Rotor Çapı (m)	0,9	0,9	1,5	1,5
Kanat Uzunluğu (m)	1	1	1,8	1,8
Toplam Ağırlık (kg)	25	25	110	110



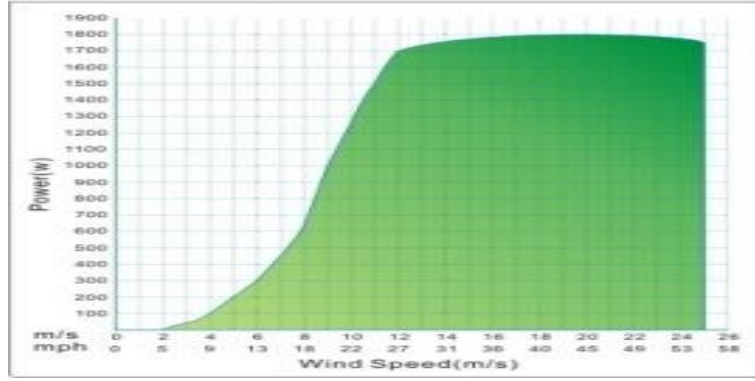
**Şekil 3.11.** 200W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



**Şekil 3.12.** 300W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



Şekil 3.13. 1 000W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi



Şekil 3.14. 1 500W'lık dikey eksenli rüzgâr türbini güç eğrisi

### 3.2. Yöntem

Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün geçmişe dönük kullanılabilir istasyon verilerinden ve Türksoy (2001) tarafından yayımlanan “Rüzgâr Verisi Ölçüm ve Analizleri” adlı çalışmadan ve Güner ve Koca (1999) tarafından yayımlanan “Bodrum’un Rüzgâr Gücü Potansiyeli ve Bundan Yararlanma Olanaklarının araştırılması” adlı çalışmalardan yararlanılarak; günlük maksimum rüzgâr şiddetleri, esme yönlerine göre sınıflandırılmış ve frekans çizelgeleri oluşturulmuştur. Bu çizelgeler yardımıyla da Hâkim Rüzgâr Yönleri, Günlük Rüzgâr Hızı Ortalamaları, Aylık Rüzgâr Hızı Ortalamaları ve Yıllık İstasyon Rüzgâr Hızı Ortalaması belirlenmiştir. Hesaplamalarda; günlük maksimum ve ortalama rüzgâr verileri, esme yoğunluğu ve şiddetleri kullanılmıştır. Rüzgâr verilerinin aritmetik ortalamalarından yararlanılmıştır (Güler ve Koca 1999).

$$\overrightarrow{v_{Hâkim}} = \frac{\sum \overrightarrow{v_{rüzgar}}}{\sum n} \quad (3.1)$$

Her istasyon için kullanılabilir tüm veriler yıllar silsilesi olarak işlenmiş ve temsili bir yıl oluşturulmuştur. Bu yıla ait aylık rüzgâr hızı ortalamaları ve bütün bir yılı temsil edebilecek her istasyona ait rüzgâr hızı ortalamaları ayrı ayrı elde edilmiştir (Güner ve Koca 1999).

$$v_{\text{ort}} = \frac{\sum v}{\sum n} \quad 3.2$$

Çalışmada; meteorolojik istasyon koordinatları GoogleEarth programında işlenerek ve ArcMAP'ta kullanılarak "Bileşik Tehdit Yöntemi (UTM)" verilerine ulaşılmıştır. Ayrıca hâkim rüzgâr yönü ArcMAP programında işlenerek Google Earth görselleri bir bütün haline getirilmiştir. Bu görseller yardımıyla rüzgâr hızından yararlanma dereceleri ortaya konulmuştur. Ele alınan bölgedeki pürüzlülük sınıfı ve dolayısı ile pürüzlülük uzunluğu (Zo) değerleri, hazır çizelgelerden seçilmiştir. Meteorolojik istasyonların tamamı kırsal bölgelerde bulunmadığı için mevcut pürüzlülük çizelgelerinden yararlanılarak ayrıca bir Pürüzlülük Sınıfı çizelgesi oluşturulmuştur. Bu çizelgenin oluşturulmasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi yerleşim ve yeryüzü şekilleri göz önüne alınmıştır. Burada yapılan değerlendirmelerde; yeryüzü şekilleri, yükseklik ve engebeler, yapılanma yoğunluğu ve yükseklikler dikkate alınmıştır. Ancak bu kriterler herhangi bir sistematik içerisinde yürütülmemiştir. Gözlem farklılığı olmaması amacıyla bu çalışmaya özen gösterilmiştir. Çizelge 3.4'de hazırlanan pürüzlülük sınıfları ve değerleri görülmektedir.

Ayrıca hesaplamalar; RES kurulabilir ya da kurulamaz alan olarak bir değerlendirmeye sokulmaksızın birim alan üzerinden hesaplar yapılarak verilmiştir. İllere ve ilçelere ait toplam potansiyeller araştırılmamıştır. Ayrıca bulgularımızın doğruluğu açısından hızlı kentleşme sebebiyle GoogleEarth yazılımından elde edilen UTM görüntülerinin güncelliği bilinmemektedir. Özşahin ve Kaymaz (2013)'ın da önerdiği gibi; yatırım aşamasına geçilmeden önce detaylı çalışmalarda daha büyük ölçekli haritalar üzerinden ve mümkün olan en güncel arazi görselinden yararlanılması gerektiğini unutulmamalıdır. Pürüzlülük uzunluğu Rüzgâr Türbini Göbek Yüksekliğindeki Rüzgâr Hızını saptamada kullanılmıştır.

**Çizelge 3.4.** Pürüzlülük sınıfı ve pürüzlülük uzunluğu (Bektaş 2013; Anonim 2003a)

Pürüzlülük Sınıfı	Pürüzlülük uzunluğu (m)	Yüzey şekli
0	0,0002	Su yüzeyleri
0,5	0,0024	Açık araziler (Beton, uçaklar için iniş alanı, otopan, biçilmiş çim vb.)
0,5	0,003	Denize açık ve kıyı şeritleri
1	0,01	Göl çevreleri veya engebesiz düz ve geniş alanlar
1	0,03	Uzak aralıklı yapılara sahip çitsiz ve engelsiz açık tarımsal araziler. (Çok hafif engebeli)
1,5	0,05	Seyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla)
1,5	0,055	Birkaç binalı ve 1250 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler.
2	0,1	Birkaç binalı ve 500 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler.
2,5	0,2	Pek çok bina, çalı ve bitkiye sahip, ya da 250 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler.
3	0,3	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az)
3	0,4	Köyler, küçük şehirler, çok ya da yüksek çitli tarımsal araziler, ormanlar, çok yoğun ve pürüzlü bölgeler.
3,5	0,8	Yüksek yapılara sahip büyük şehirler
3,5	1,0	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar
4	1,6	Yüksek binalara ve gökdelenlere sahip büyük şehirler

Meteorolojik istasyonlardan gelen 10 m’de elde edilmiş kullanılabilir günlük veriler istasyon bazında ortalama verilere dönüştürülmüştür. Rüzgâr hızları yükseklik hesaplamaları 10-20-30-40-50 metreler için yapılmıştır. REPA’dan kullanılan veriler 50 m’de olduğu için yapılan bütün işlemler 50 m yükseklikteki rüzgâr hızları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Buna ek olarak Rüzgâr Potansiyeli Atlası verileri Enterpolasyon Yöntemi kullanılarak meteorolojik noktalarda esen ortalama rüzgâr hızı karşılaştırılmış ve söz konusu değerlerdeki sapma matematiksel olarak incelenmiştir. Ayrıca meteorolojik istasyon konumuna uygun noktasal düzeltme katsayıları elde edilmiştir (Yağcı 2013)

$$v(h) = \frac{u^*}{k} \times \ln \frac{h}{z_0} \quad 3.3$$



$$u^* = \frac{v(h) \times k}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)} \quad 3.4$$

Meteorolojik istasyon bilgileri ve verileri doğrultusunda rüzgâr verileri istasyon konumuna göre ve rüzgâr hızları REPA verileri ile karşılaştırılarak düzeltme katsayıları faktörü etkisi altında yeniden düzenlenmiştir (Yağcı 2013).

$$P = \frac{\text{REPA Verisi}}{\text{İstasyon } v_{Rort}} + 1 \quad 3.5$$

Elde edilen düzeltilmiş ve yalın istasyon rüzgâr hızı verileri aralarındaki artış modeli doğrusal olarak hesaplanmış ve korelasyon katsayıları elde edilmiştir.

Bu iki faktöre tabi tutulan 50 m'deki rüzgâr verileri saha birim alan güç ve enerji yoğunluğu hesaplamalarında kullanılmıştır (Yağcı 2013).

$$P = 0,5\rho Av^3 \quad 3.6$$

Ayrıca Türbin Güç Eğrileri 50 m yükseklikteki rüzgâr frekans verileri ile birlikte işlenmiştir. Konumlarına bağlı düzeltme katsayıları ve REPA düzeltme katsayıları ile düzeltilmiş, türbin güç ve enerji yoğunlukları elde edilmiştir.

İstasyon verileri ve temsili olarak örnekleme amaçlı seçilen türbin verileri doğrultusunda yıllık elde edilen enerji yoğunlukları oranlanarak kapasite faktörü ortaya konulmuştur. Kapasite faktörünün; yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde en az %25 (Anonim 2020b)'nın yatırım için destek kriteri) ve dikey eksenli rüzgâr türbinlerinde ise en az %6,4 (Anonim 2006'ya göre bu değer %1,6 ile %13,6 arasında ve ortalaması %6,4 olmalıdır) olması durumunda ekonomik RES yatırımları için uygun olduğu kabul edilmektedir. Kapasite faktörünün hesaplanmasında kullanılan denklem aşağıda verilmiştir (Soğukpınar ve ark. 2015).

$$C_F = \frac{\text{Yılda Üretilen Toplam Enerji Miktarı}}{\text{Türbinin Nominal Güçle Yılda Üretmesi Gereken Enerji Miktarı}} \quad 3.7$$

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında; meteorolojik istasyon verileri işlenerek, kullanılabilir veri setleri elde edilmiş (Çizelge 4.1) ve GoogleEarth program görsellerinden yararlanılarak meteorolojik istasyonların konumları değerlendirilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda istasyonların konumlarına göre yüzey pürüzlülük sınıfları ve pürüzlülük uzunlukları ortaya konmuştur (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.1.** İstasyonlara ait veri seti boyutu ve hâkim rüzgâr yönleri

İL	İLÇE	İSTASYON	KV (YIL)	HRY
Şırnak	Cizre	Cizre	34	NNE
	Şırnak	Şırnak Merkez	20	SE
Siirt	Siirt	Siirt Merkez	41	S
Batman	Batman	Batman Merkez	35	SE
Mardin	Mardin	Mardin Merkez	39	ESE
	Nusaybin	Nusaybin	23	ENE
Diyarbakır	Çermik	Çermik	25	W
	Diyarbakır	Diyarbakır Havaalanı	41	SSW-SW
	Ergani	Ergani	12	NNW
	Sur	Sur/Ünalın Heliport	6	S
Şanlıurfa	Akçakale	Akçakale	19	W
	Birecik	Birecik	34	SW
	Bozova	Bozova	7	SW
	Ceylanpınar	Ceylanpınar Tıgem	25	W
	Hilvan	Hilvan	10	SE
	Siverek	Siverek	38	SSE
	Şanlıurfa	Şanlıurfa Merkez	38	W
Adıyaman	Adıyaman	Adıyaman Merkez	43	NNW
	Gölbaşı	Gölbaşı	9	N
	Kahta	Kahta	6	NW
	Samsat	Samsat	8	ENE
Gaziantep	Gaziantep	Şahinbey Merkez	43	NNW
	İslahiye	İslahiye	40	WNW
Kilis	Kilis	Kilis Merkez	41	W

**Çizelge 4.2.** İstasyonlara ait pürüzlülük sınıfları ve pürüzlülük uzunlukları

<b>İstasyon</b>	<b>Pürüzlülük Sınıfı</b>	<b>Pürüzlülük Uzunluğu</b>
Cizre	2,5	0,2
Şırnak Merkez	3,0	0,4
Siirt Merkez	0,5	0,0024
Batman Merkez	0,5	0,0024
Mardin Merkez	1,5	0,055
Nusaybin	2,5	0,2
Çermik	2,0	0,1
Diyarbakır Havaalanı	2,5	0,2
Ergani	1,0	0,03
Sur/Ünalan Heliport	0,5	0,0024
Akçakale	1,0	0,03
Birecik	3,0	0,4
Bozova	1,0	0,03
Ceylanpınar Tigem	1,5	0,055
Hilvan	1,5	0,055
Siverek	3,0	0,4
Şanlıurfa Merkez	3,5	0,8
Adıyaman Merkez	3,0	0,4
Gölbaşı	2,0	0,1
Kahta	1,5	0,055
Samsat	0,5	0,0024
Şahinbey Merkez	3,5	0,8
İslahiye	0,5	0,0024
Kilis Merkez	1,0	0,03

İstasyonlara ait 50 m yükseklikteki rüzgâr hız verileri ile enterpolasyon yöntemiyle yaklaşık olarak elde edilen 50 m yükseklikte REPA rüzgâr hız verileri karşılaştırılarak aralarında bir bağıntı kurulmuş ve istasyon verileri REPA verileri ile uyumlu hale getirilmiştir. Bu amaçla elde edilen düzeltme katsayıları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** İstasyonlara ait 50 m’deki rüzgâr hızları ve düzeltme katsayıları

<b>İSTASYON ADI</b>	<b>Rüzgâr Hızı Ortalaması (m/s)</b>	<b>Rüzgâr Hızı (m/s) (REPA)</b>	<b>Düzeltilme Katsayısı</b>
Cizre	3,55	4,5	1,27
Şırnak Merkez	3,08	5,0	1,62
Siirt Merkez	1,91	4,0	2,09
Batman Merkez	2,01	4,0	1,99
Mardin Merkez	5,22	6,0	1,15
Nusaybin	2,46	6,0	2,44
Çermik	1,96	5,5	2,81
Diyarbakır Havaalanı	3,47	5,5	1,59
Ergani	3,01	6,5	2,16
Sur/Ünalın Heliport	2,02	4,5	2,23
Akçakale	2,43	5,0	2,06
Birecik	2,49	4,5	1,81
Bozova	1,30	4,5	3,46
Ceylanpınar Tigem	1,96	5,0	2,55
Hilvan	3,31	4,0	1,21
Siverek	4,50	5,5	1,22
Şanlıurfa Merkez	2,87	5,5	1,92
Adıyaman Merkez	3,01	4,5	1,50
Gölbaşı	2,32	5,0	2,16
Kahta	3,86	4,5	1,17
Samsat	2,00	4,5	2,25
Şahinbey Merkez	2,41	6,5	2,70
İslahiye	2,37	5,5	2,32
Kilis Merkez	3,42	6,5	1,90

İstasyonların yıllık toplam güç ve enerji yoğunluğu, rüzgâr hızı konumuna bağılı düzeltme katsayıları ve REPA rüzgâr hız farkı kaynaklı düzeltme katsayıları dikkate alınarak saha birim alan güç ve enerji potansiyelleri teorik olarak elde edilmiştir.

Türbinlere ait rüzgâr hızı güç eğrilerinden yararlanılarak enterpolasyon yöntemi ile hız-güç çizelgeleri oluşturulmuş ve frekans verilerinden tekerrür sayısı hesaplanarak çizelgeye eklenmiştir. İstasyon verilerindeki Rüzgâr hızı yöntem kısmında verilen denklemler kullanılarak 50 m’ye yükseltilmiş, konum ve REPA kaynaklı düzeltme katsayıları da dikkate alınarak türbinlerden elde edilebilecek yıllık güç ve enerji miktarları 10 ve 50 m için teorik olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4 – 4.7).

**Çizelge 4.4.** Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı (Wh) – 10 m

İstasyon	Saha Birim Alan Enerji Yoğunluğu	1000 W	3000 W	5000 W	10000 W	20000 W
		Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji
Cizre	118691	44756	666816	873993	834957	3042624
Şırnak Merkez	308535	310896	3342197	4444483	5028859	16839807
Siirt Merkez	223480	176639	2206491	2919484	3112830	10692580
Batman Merkez	215434	180855	2185996	2893484	3069194	10581269
Mardin Merkez	46818	755295	4976002	6679253	8539824	27885370
Nusaybin	447184	628719	4174428	5618744	6838989	22713786
Çermik	376491	520289	3847435	5143744	6261931	20774642
Diyarbakır Havaalanı	364174	467485	3465407	4627241	5495030	18461523
Ergani	780644	1310266	6230093	8806753	11067760	35907318
Sur/Ünalın Heliport	403997	608938	3935614	5305494	6523345	21459075
Akçakale	415966	610893	3596240	5007992	6103492	19566173
Birecik	161786	113509	1537198	2024736	2051521	7240234
Bozova	279580	533814	2972971	4131996	5025633	16502508
Ceylanpınar Tigem	370697	529811	3232183	4353994	5215409	17535524
Hilvan	165416	151991	1635570	2177240	2378494	8067786
Siverek	271077	241717	2968533	3925228	4165302	14372960
Şanlıurfa Merkez	243968	214687	2145918	2857991	3299498	10982195
Adıyaman Merkez	154398	98916	1385759	1821986	1807591	6452316
Gölbaşı	285546	288414	2995357	3977734	4459257	15071458
Kahta	284092	422208	2157991	2675743	3830815	10374315
Samsat	302038	436406	3203552	4327992	5136926	17022952
Şahinbey Merkez	379294	507159	3539695	4723743	5664715	19090191
İslahiye	847176	1329866	5925109	8785745	11158202	33102745
Kilis Merkez	859424	1340707	6431768	9534995	11723173	36839246

**Çizelge 4.5.** Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı (Wh) – 50 m

İstasyon	Saha Birim Alan Enerji Yoğunluğu	1000 W	3000 W	5000 W	10000 W	20000 W
		Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji
Cizre	329067	333867	3491551	4646234	5302083	17703009
Şırnak Merkez	1031045	1964950	7946416	11235012	14218000	46356598
Siirt Merkez	375507	421964	3537066	4739246	5857821	19009724
Batman Merkez	361688	436618	3637565	4870240	5788511	19191748
Mardin Merkez	1180626	2240514	8681579	12410762	15627434	50665770
Nusaybin	1245540	2173447	8925240	13168754	16818895	51684455
Çermik	966430	1727663	7374745	10540006	13233339	42687684
Diyarbakır Havaalanı	1015675	1720695	7477323	10826003	13607567	43183206
Ergani	1614716	2688527	10727415	16103002	20854815	61392147
Sur/Ünalın Heliport	679999	1211353	5811075	8136750	10204389	33010230
Akçakale	865193	1380547	6458302	9223749	12244416	36419486
Birecik	540424	853735	4846660	6550250	8181837	27162382
Bozova	582281	1163098	5375680	7825497	9997104	30216225
Ceylanpınar Tigem	824507	1331143	6191299	9048246	11151037	35263259
Hilvan	366803	604832	3719892	5002746	6117613	20416790
Siverek	908166	1701221	7125312	9791266	12631772	42051728
Şanlıurfa Merkez	1060284	1726161	7555719	11266247	13986738	43632805
Adıyaman Merkez	516952	754329	4859186	6523748	8125901	26877160
Gölbaşı	689500	1246370	6045445	8320757	10576822	34789391
Kahta	627900	781759	4100369	4354243	5395323	17267885
Samsat	508777	914334	4881193	6768248	8383650	27463030
Şahinbey Merkez	1667579	2667393	10834732	16180753	20735047	61809022
İslahiye	1429993	1959859	8618631	12938493	20244589	47064123
Kilis Merkez	1775850	2638528	10970384	16195508	21645876	62171186

**Çizelge 4.6.** Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı (Wh) –  
10 m

İstasyon	Saha Birim Alan Enerji Yoğunluğu	200 W	300 W	1000 W	1500 W
		Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji
Cizre	118691	0	0	78848	77280
Şırnak Merkez	308535	10805	29234	480481	530280
Siirt Merkez	223480	3536	11456	295340	315840
Batman Merkez	215434	4266	11584	291999	311340
Mardin Merkez	46818	53258	96860	845029	950160
Nusaybin	447184	44255	73144	677931	754680
Çermik	376491	33128	60510	615250	681000
Diyarbakır Havaalanı	364174	29759	50887	541141	591120
Ergani	780644	114329	165545	1099292	1285500
Sur/Ünalan Heliport	403997	46249	74050	652453	732300
Akçakale	415966	49733	76851	605423	716460
Birecik	161786	1280	4148	194233	199920
Bozova	279580	42783	63893	495744	567840
Ceylanpınar Tigem	370697	39846	59262	523980	580440
Hilvan	165416	5317	12431	227722	249900
Siverek	271077	5288	15210	395867	420360
Şanlıurfa Merkez	243968	8846	21926	316631	351540
Adıyaman Merkez	154398	732	2370	170983	173040
Gölbaşı	285546	10957	25878	427656	465480
Kahta	284092	21131	33354	422965	539220
Samsat	302038	28130	49181	502384	565800
Şahinbey Merkez	379294	34178	55898	561116	607860
İslahiye	847176	131896	191636	1138795	1438560
Kilis Merkez	859424	117297	175558	1113278	1378080

**Çizelge 4.7.** Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinde elde edilebilecek enerji miktarı (Wh) – 50 m

İstasyon	Saha Birim Alan Enerji Yoğunluğu	200 W	300 W	1000 W	1500 W
		Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji	Elde Edilebilir Enerji
Cizre	329067	12435	32593	507373	561720
Şırnak Merkez	1031045	183513	246163	1464504	1741440
Siirt Merkez	375507	23171	52941	567451	647580
Batman Merkez	361688	24296	48739	561507	624780
Mardin Merkez	1180626	212783	281344	1612315	1950900
Nusaybin	1245540	208495	293584	1682356	2109500
Çermik	966430	158205	218779	1335483	1605180
Diyarbakır Havaalanı	1015675	157354	222986	1357540	1656840
Ergani	1614716	269871	378528	2097254	2697060
Sur/Ünalın Heliport	679999	108411	154736	1033111	1216620
Akçakale	865193	135187	195537	1239241	1507780
Birecik	540424	67226	102926	823673	919320
Bozova	582281	111291	159799	996649	1227620
Ceylanpınar Tigem	824507	117890	171241	1086579	1336620
Hilvan	366803	45143	69986	613664	677640
Siverek	908166	156217	209922	1315066	1481040
Şanlıurfa Merkez	1060284	157223	227436	1352491	1698960
Adıyaman Merkez	516952	54282	91234	808218	899760
Gölbaşı	689500	107312	155335	1073096	1225380
Kahta	627900	34047	53136	512728	584340
Samsat	508777	75008	112091	833345	956880
Şahinbey Merkez	1667579	269168	379868	2115150	2700180
İslahiye	1429993	231511	337989	2004019	2576680
Kilis Merkez	1775850	284497	399365	2254462	2786460

Rüzgâr türbinlerinin bütün bir yıl nominal hızda çalışması durumunda elde edilebilecek enerji değeri ile bölgenin rüzgâr potansiyeli sebebiyle gerçekte elde edilebilecek enerji miktarının oranı kapasite faktörü olarak tanımlanmaktadır. Yöntem kısmında verilen denklemler kullanılarak bölgede bulunan istasyonlar bazında ele alınan rüzgâr türbinleri ile elde edilebilecek kapasite faktörleri hesaplanmış ve Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir.



**Çizelge 4.8.** Kapasite faktörleri – 10 m

İstasyon	Yatay Eksenli					Dikey Eksenli			
	1000	3000	5000	10000	20000	200	300	1000	1500
Cizre	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
Şırnak Merkez	0,04	0,13	0,10	0,06	0,10	0,01	0,01	0,05	0,04
Siirt Merkez	0,02	0,08	0,07	0,04	0,06	0,00	0,00	0,03	0,02
Batman Merkez	0,02	0,08	0,07	0,04	0,06	0,00	0,00	0,03	0,02
Mardin Merkez	0,09	0,19	0,15	0,10	0,16	0,03	0,04	0,10	0,07
Nusaybin	0,07	0,16	0,13	0,08	0,13	0,03	0,03	0,08	0,06
Çermik	0,06	0,15	0,12	0,07	0,12	0,02	0,02	0,07	0,05
Diyarbakır	0,05	0,13	0,11	0,06	0,11	0,02	0,02	0,06	0,04
Ergani	0,15	0,24	0,20	0,13	0,20	0,07	0,06	0,13	0,10
Sur/Ünalın Heliport	0,07	0,15	0,12	0,07	0,12	0,03	0,03	0,07	0,06
Akçakale	0,07	0,14	0,11	0,07	0,11	0,03	0,03	0,07	0,05
Birecik	0,01	0,06	0,05	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,02
Bozova	0,06	0,11	0,09	0,06	0,09	0,02	0,02	0,06	0,04
Ceylanpınar Tigem	0,06	0,12	0,10	0,06	0,10	0,02	0,02	0,06	0,04
Hilvan	0,02	0,06	0,05	0,03	0,05	0,00	0,00	0,03	0,02
Siverek	0,03	0,11	0,09	0,05	0,08	0,00	0,01	0,05	0,03
Şanlıurfa Merkez	0,02	0,08	0,07	0,04	0,06	0,01	0,01	0,04	0,03
Adıyaman Merkez	0,01	0,05	0,04	0,02	0,04	0,00	0,00	0,02	0,01
Gölbaşı	0,03	0,11	0,09	0,05	0,09	0,01	0,01	0,05	0,04
Kahta	0,05	0,08	0,06	0,04	0,06	0,01	0,01	0,05	0,04
Samsat	0,05	0,12	0,10	0,06	0,10	0,02	0,02	0,06	0,04
Şahinbey Merkez	0,06	0,13	0,11	0,06	0,11	0,02	0,02	0,06	0,05
İslahiye	0,15	0,23	0,20	0,13	0,19	0,08	0,07	0,13	0,11
Kilis Merkez	0,15	0,24	0,22	0,13	0,21	0,07	0,07	0,13	0,10

\* Sarı: Birincil olarak tesis edilebilir.

Yeşil: İkincil olarak tesis edilebilir.

**Çizelge 4.9.** Kapasite faktörleri – 50 m

İstasyon	Yatay Eksenli					Dikey Eksenli			
	1000	3000	5000	10000	20000	200	300	1000	1500
Cizre	0,04	0,13	0,11	0,06	0,10	0,01	0,01	0,06	0,04
Şırnak Merkez	0,22	0,30	0,26	0,16	0,26	0,10	0,09	0,17	0,13
Siirt Merkez	0,05	0,13	0,11	0,07	0,11	0,01	0,02	0,06	0,05
Batman Merkez	0,05	0,14	0,11	0,07	0,11	0,01	0,02	0,06	0,05
Mardin Merkez	0,26	0,33	0,28	0,18	0,29	0,12	0,11	0,18	0,15
Nusaybin	0,25	0,34	0,30	0,19	0,30	0,12	0,11	0,19	0,16
Çermik	0,20	0,28	0,24	0,15	0,24	0,09	0,08	0,15	0,12
Diyarbakır	0,20	0,28	0,25	0,16	0,25	0,09	0,08	0,15	0,13
Ergani	0,31	0,41	0,37	0,24	0,35	0,15	0,14	0,24	0,21
Sur/Ünalın Heliport	0,14	0,22	0,19	0,12	0,19	0,06	0,06	0,12	0,09
Akçakale	0,16	0,25	0,21	0,14	0,21	0,08	0,07	0,14	0,11
Birecik	0,10	0,18	0,15	0,09	0,16	0,04	0,04	0,09	0,07
Bozova	0,13	0,20	0,18	0,11	0,17	0,06	0,06	0,11	0,09
Ceylanpınar Tigem	0,15	0,24	0,21	0,13	0,20	0,07	0,07	0,12	0,10
Hilvan	0,07	0,14	0,11	0,07	0,12	0,03	0,03	0,07	0,05
Siverek	0,19	0,27	0,22	0,14	0,24	0,09	0,08	0,15	0,11
Şanlıurfa Merkez	0,20	0,29	0,26	0,16	0,25	0,09	0,09	0,15	0,13
Adıyaman Merkez	0,09	0,18	0,15	0,09	0,15	0,03	0,03	0,09	0,07
Gölbashi	0,14	0,23	0,19	0,12	0,20	0,06	0,06	0,12	0,09
Kahta	0,09	0,16	0,10	0,06	0,10	0,02	0,02	0,06	0,04
Samsat	0,10	0,19	0,15	0,10	0,16	0,04	0,04	0,10	0,07
Şahinbey Merkez	0,30	0,41	0,37	0,24	0,35	0,15	0,14	0,24	0,21
İslahiye	0,22	0,33	0,30	0,23	0,27	0,13	0,13	0,23	0,20
Kilis Merkez	0,30	0,42	0,37	0,25	0,35	0,16	0,15	0,26	0,21

\* Sarı: Birincil olarak tesis edilebilir.

Yeşil: İkincil olarak tesis edilebilir.

Anonim (2006) da belirtildiği gibi yatay eksenli rüzgâr türbinleri için %20-%24 aralığındaki kapasite faktörüne sahip rüzgâr türbinleri bölgedeki şebeke bağlantısı varlığı ve tarımsal faydası da gözetilerek tesis edilebilir. %25 ve üzeri kapasite faktörüne sahip yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin tesis edilmesi ise ekonomik kabul edilmektedir. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri için ise %1,6-6,3 aralığındaki kapasite faktörleri, bölgedeki şebeke bağlantısı varlığı ve tarımsal faydası da gözetilerek uygun görülmektedir. %6,4 ve üzeri kapasite faktörüne sahip dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin tesis edilmesi ise ekonomik olarak değerlendirilmektedir. Çizelge 4.9'dan da görüldüğü gibi; bu çalışmada da yatay eksenli rüzgâr türbinleri için %42 ye ve dikey eksenli Rüzgâr türbinleri için ise %26'ya varan kapasite faktörleri elde edilmiştir.

Bölgenin özellikle küçük ve orta ölçekli tarım işletmeleri dikkate alındığında çalışma kapsamında ele alınan küçük ölçekli rüzgâr türbinleri önem arz etmektedir. Literatüre bakıldığında; örneğin Soğukpınar ve ark. (2015) tarafından da Adıyaman Üniversitesi'nde yerli mikrotürbin üretildiği görülmektedir. Söz konusu rüzgâr türbini düşük rüzgâr hızlarında elektrik üretimi sağlayan 2 kW'lık bir türbindir.

Araştırma kapsamında; geçmiş yıllara ait meteorolojik verilerin incelenerek analiz edilmesi sonucu yalın veri setleri elde edilmiştir. Meteorolojik istasyonların kullanılabilir veri durumları, istasyon bilgileri, hâkim rüzgâr yönleri ve pik rüzgâr hızları, frekansları, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m ve 50 m'deki aylık ortalama rüzgâr hızları, 50 m'deki ortalama rüzgâr hızı verilerinin REPA ile karşılaştırılarak aralarında oluşturulan matematiksel ilişki ve düzeltme verileri yardımıyla elde edilen ortalama güç yoğunlukları il ve ilçelerin meteorolojik istasyonları bazında aşağıda verilmiştir.

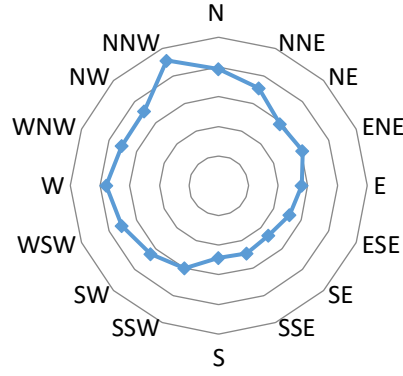
#### 4.1. Adıyaman İli Bulgular

##### 4.1.1. Adıyaman Merkez ilçe bulguları

1968-2015 yıllarını kapsayan meteorolojik veriler içerisinde 1975, 2004 ve 2012-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.10 – 4.12 ve Şekil 4.1).

**Çizelge 4.10.** Adıyaman Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	2517	16,03	60408	4027,2	96652,8
1-2	7314	46,58	175536	11702,4	280857,6
2-3	3582,0	22,81	85968	5731,2	137548,8
3-4	1397,0	8,90	33528	2235,2	53644,8
4-5	528,0	3,36	12672	844,8	20275,2
5-6	231,0	1,47	5544	369,6	8870,4
6-7	83,0	0,53	1992	132,8	3187,2
7-8	28,0	0,18	672	44,8	1075,2
8-9	15,0	0,10	360	24	576
9-10	3,0	0,02	72	4,8	115,2
10-11	2,0	0,01	48	3,2	76,8
13-14	1,0	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>15701</b>				<b>602918,4</b>



Şekil 4.1. Adıyaman Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.11. Adıyaman Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H 10	1,83	1,99	2,07	2,03	2,07	2,47	2,44	2,15	1,97	1,70	1,65	1,67
H 20	2,23	2,42	2,52	2,47	2,52	3,01	2,96	2,61	2,40	2,07	2,00	2,03
H 30	2,46	2,67	2,78	2,72	2,78	3,32	3,27	2,88	2,65	2,29	2,21	2,24
H 40	2,62	2,85	2,96	2,90	2,97	3,54	3,48	3,07	2,82	2,44	2,35	2,39
H 50	2,75	2,98	3,10	3,05	3,11	3,71	3,65	3,22	2,96	2,56	2,47	2,51

Çizelge 4.12. Adıyaman Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

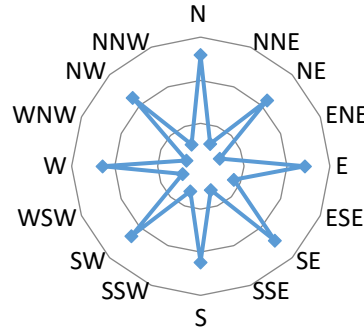
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,8	4,1	43,0
Şubat	2,9	4,4	52,0
Mart	3,2	4,7	64,6
Nisan	3,0	4,6	58,1
Mayıs	3,0	4,5	56,4
Haziran	3,7	5,6	104,7
Temmuz	3,7	5,6	104,7
Ağustos	3,2	4,8	67,7
Eylül	3,0	4,5	55,8
Ekim	2,6	3,9	36,3
Kasım	2,5	3,8	32,3
Aralık	2,5	3,8	32,3

#### 4.1.2. Adıyaman Gölbaşı ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1985, 1988-1989, 1992 yıllarına ait verileri içermemektedir ayrıca 1984, 1996-1997 ve 2000-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.13 – 4.15 ve Şekil 4.2).

**Çizelge 4.13.** Adıyaman Gölbaşı ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	673	20,49	16152	1076,8	25843,2
1-2	1833	55,82	43992	2932,8	70387,2
2-3	528	16,08	12672	844,8	20275,2
3-4	185	5,63	4440	296	7104
4-5	34	1,04	816	54,4	1305,6
5-6	20	0,61	480	32	768
6-7	9	0,27	216	14,4	345,6
7-8	2	0,06	48	3,2	76,8
<b>TOPLAM</b>	<b>3284</b>				<b>126105,6</b>



**Şekil 4.2.** Adıyaman Gölbaşı ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.14.** Adıyaman Gölbaşı ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,68	1,71	1,91	1,91	1,78	1,92	1,80	1,63	1,65	1,56	1,56	1,54
<b>H20</b>	1,93	1,97	2,19	2,20	2,05	2,21	2,07	1,88	1,89	1,79	1,80	1,78
<b>H30</b>	2,08	2,12	2,36	2,37	2,21	2,38	2,23	2,02	2,04	1,93	1,93	1,91
<b>H40</b>	2,19	2,22	2,48	2,49	2,32	2,50	2,34	2,12	2,14	2,02	2,03	2,01
<b>H50</b>	2,27	2,31	2,57	2,58	2,40	2,59	2,43	2,20	2,22	2,10	2,11	2,08

**Çizelge 4.15.** Adıyaman Gölbaşı ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

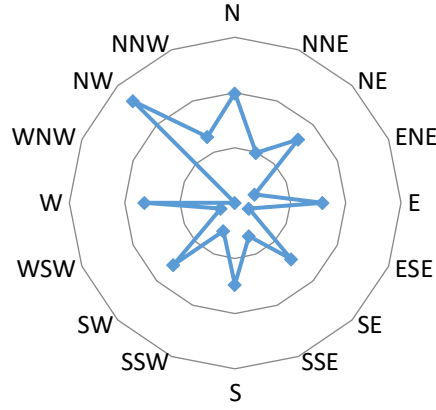
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	2,27	4,9	72,0
Şubat	2,31	5,0	75,7
Mart	2,57	5,6	105,1
Nisan	2,58	5,6	106,3
Mayıs	2,40	5,2	85,8
Haziran	2,59	5,6	107,6
Temmuz	2,43	5,2	88,4
Ağustos	2,20	4,8	65,8
Eylül	2,22	4,8	67,7
Ekim	2,10	4,5	57,1
Kasım	2,11	4,6	57,8
Aralık	2,08	4,5	55,8

#### 4.1.3. Adıyaman Kahta ilçe bulguları

1984-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1988 yılının verileri yer almamaktadır, ayrıca 1984-1985,1989-1991, 1995-1998 ve 2000-2015 yıllarının verileri ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.16 – 4.18 ve Şekil 4.3).

**Çizelge 4.16.** Adıyaman Kahta ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1301	27,4	31224	2081,6	49958,4
1-2	1471	31,0	35304	2353,6	56486,4
2-3	1100	23,2	26400	1760	42240
3-4	440	9,3	10560	704	16896
4-5	136	2,9	3264	217,6	5222,4
5-6	90	1,9	2160	144	3456
6-7	76	1,6	1824	121,6	2918,4
7-8	40	0,8	960	64	1536
8-9	29	0,6	696	46,4	1113,6
9-10	39	0,8	936	62,4	1497,6
10-11	14	0,3	336	22,4	537,6
11-12	5	0,1	120	8	192
12-13	4	0,9	96	6,4	153,6
14-15	1	0,0	24	1,6	38,4
15-16	1	0,0	24	1,6	38,4
16-17	1	0,0	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>4748</b>				<b>182323,2</b>



Şekil 4.3. Adıyaman Kahta ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.17. Adıyaman Kahta ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	2,37	3,15	3,94	3,20	3,87	4,85	2,88	2,55	2,53	2,09	2,08	1,89
<b>H20</b>	2,69	3,57	4,46	3,63	4,38	5,50	3,27	2,89	2,87	2,36	2,35	2,14
<b>H30</b>	2,87	3,81	4,77	3,88	4,68	5,88	3,49	3,08	3,07	2,53	2,52	2,29
<b>H40</b>	3,00	3,99	4,98	4,05	4,90	6,15	3,65	3,22	3,21	2,64	2,63	2,39
<b>H50</b>	3,10	4,12	5,15	4,19	5,06	6,35	3,77	3,33	3,32	2,73	2,72	2,47

Çizelge 4.18. Adıyaman Kahta ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

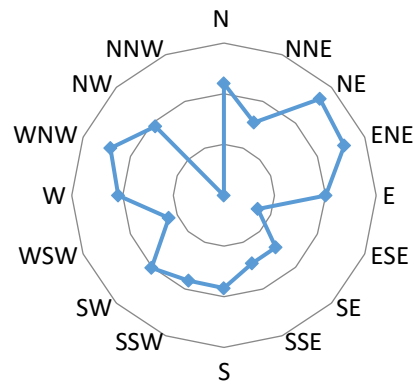
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	3,10	3,6	29,3
Şubat	4,12	4,8	68,6
Mart	5,15	6,0	134,3
Nisan	4,19	4,9	72,2
Mayıs	5,06	5,9	127,2
Haziran	6,35	7,4	251,7
Temmuz	3,77	4,4	52,7
Ağustos	3,33	3,9	36,3
Eylül	3,32	3,9	35,8
Ekim	2,73	3,2	20,0
Kasım	2,72	3,2	19,7
Aralık	2,47	2,9	14,9

#### 4.1.4. Adıyaman Samsat ilçe bulguları

Veriler düzenli olmadığı için 1997-2006 yıllarını içeren verilerde 2005-2006 ve 1997 yıllarına ait veriler ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.19 – 4.21 ve Şekil 4.4).

**Çizelge 4.19.** Adıyaman Samsat ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	142	4,3	3408	227,2	5452,8
1-2	7	0,2	168	11,2	268,8
2-3	2,0	0,1	48	3,2	76,8
3-4	3,0	0,1	72	4,8	115,2
4-5	1,0	0,03	24	1,6	38,4
5-6	2,0	0,1	48	3,2	76,8
6-7	2,0	0,1	48	3,2	76,8
8-9	1,0	0,0	24	1,6	38,4
9-10	3,0	0,1	72	4,8	115,2
10-11	2,0	0,1	48	3,2	76,8
11-12	1,0	0,0	24	1,6	38,4
15-16	1,0	0,0	24	1,6	38,4
17-18	2,0	0,1	48	3,2	76,8
19-20	1,0	0,0	24	1,6	38,4
22-23	1,0	0,0	24	1,6	38,4
23-24	6,0	0,2	144	9,6	230,4
26-27	1,0	0,0	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>178,0</b>				<b>6835,2</b>



**Şekil 4.4.** Adıyaman Samsat ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri



**Çizelge 4.20.** Adıyaman Samsat ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,63	1,78	1,78	1,78	1,66	2,03	1,85	1,75	1,62	1,31	1,36	1,57
<b>H20</b>	1,77	1,93	1,93	1,93	1,80	2,20	2,00	1,89	1,76	1,42	1,47	1,70
<b>H30</b>	1,85	2,02	2,02	2,02	1,88	2,30	2,09	1,98	1,84	1,49	1,54	1,78
<b>H40</b>	1,91	2,08	2,08	2,08	1,94	2,37	2,16	2,04	1,89	1,53	1,58	1,83
<b>H50</b>	1,95	2,13	2,13	2,13	1,98	2,42	2,21	2,09	1,94	1,57	1,62	1,88

**Çizelge 4.21.** Adıyaman Samsat ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,95	4,4	51,7
Şubat	2,13	4,8	67,1
Mart	2,13	4,8	67,0
Nisan	2,13	4,8	67,3
Mayıs	1,98	4,5	54,5
Haziran	2,42	5,5	99,5
Temmuz	2,21	5,0	74,8
Ağustos	2,09	4,7	63,3
Eylül	1,94	4,4	50,7
Ekim	1,57	3,5	26,9
Kasım	1,62	3,6	29,6
Aralık	1,88	4,2	46,0

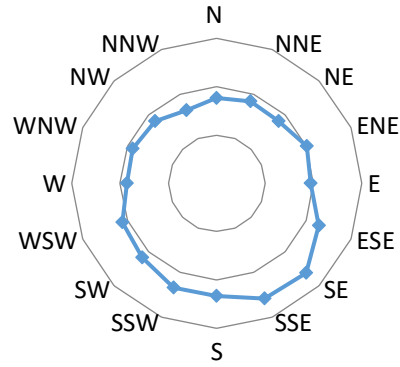
## **4.2. Batman İli Bulguları**

### **4.2.1. Batman Merkez ilçe bulguları**

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1972-1974, 1979, 2003-2004 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.22 – 4.24 ve Şekil 4.5).

**Çizelge 4.22.** Batman Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	3138	29,6	75312	5020,8	120499,2
1-2	4809	45,4	115416	7694,4	184665,6
2-3	1646	15,5	39504	2633,6	63206,4
3-4	573	5,4	13752	916,8	22003,2
4-5	211	2,0	5064	337,6	8102,4
5-6	105	1,0	2520	168	4032
6-7	51	0,5	1224	81,6	1958,4
7-8	32	0,3	768	51,2	1228,8
8-9	6	0,1	144	9,6	230,4
9-10	9	0,1	216	14,4	345,6
10-11	4	0,0	96	6,4	153,6
11-12	6	0,1	144	9,6	230,4
<b>Toplam</b>	<b>10590</b>				<b>406656,0</b>



**Şekil 4.5.** Batman Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.23.** Batman Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,51	1,73	1,98	1,98	1,88	1,91	1,78	1,68	1,59	1,49	1,25	1,45
<b>H20</b>	1,63	1,87	2,15	2,14	2,04	2,07	1,93	1,82	1,73	1,61	1,35	1,57
<b>H30</b>	1,70	1,95	2,24	2,24	2,13	2,16	2,01	1,91	1,80	1,69	1,42	1,64
<b>H40</b>	1,76	2,01	2,31	2,31	2,19	2,23	2,07	1,96	1,86	1,74	1,46	1,69
<b>H50</b>	1,80	2,06	2,36	2,36	2,24	2,28	2,12	2,01	1,90	1,78	1,49	1,73

**Çizelge 4.24.** Batman Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,80	3,6	28,0
Şubat	2,06	4,1	42,2
Mart	2,36	4,7	63,7
Nisan	2,36	4,7	63,6
Mayıs	2,24	4,5	54,5
Haziran	2,28	4,5	57,2
Temmuz	2,12	4,2	46,1
Ağustos	2,01	4,0	39,1
Eylül	1,90	3,8	33,1
Ekim	1,78	3,5	27,1
Kasım	1,49	3,0	16,0
Aralık	1,73	3,4	25,0

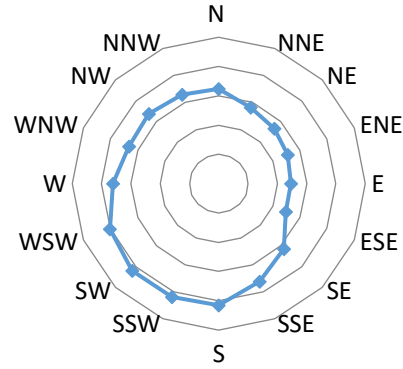
### 4.3. Diyarbakır İli Bulguları

#### 4.3.1. Diyarbakır Merkez ilçe bulguları

1971-2015 yıllarını içeren verilerde 1976 yılına ait veri bulunmamaktadır ayrıca 1971-1977, 1978-1983, 1985, 1987 ve 2011-2015 yıllarına ait verileri ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.25 – 4.27 ve Şekil 4.6).

**Çizelge 4.25.** Diyarbakır Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1657	14,18	39768	2651,2	63628,8
1-2	3672	31,43	88128	5875,2	141004,8
2-3	2911	24,91	69864	4657,6	111782,4
3-4	1876	16,06	45024	3001,6	72038,4
4-5	917	7,85	22008	1467,2	35212,8
5-6	395	3,38	9480	632	15168
6-7	172	1,47	4128	275,2	6604,8
7-8	58	0,50	1392	92,8	2227,2
8-9	17	0,15	408	27,2	652,8
9-10	4	0,03	96	6,4	153,6
10-11	3	0,03	72	4,8	115,2
11-12	1	0,01	24	1,6	38,4
12-13	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>11684</b>				<b>448665,6</b>



Şekil 4.6. Diyarbakır Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.26. Diyarbakır Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	2,03	2,35	2,48	2,40	2,49	3,36	3,25	2,94	2,58	2,03	1,82	1,82
H20	2,39	2,77	2,92	2,83	2,93	3,95	3,82	3,46	3,03	2,39	2,14	2,14
H30	2,60	3,01	3,18	3,08	3,19	4,30	4,16	3,76	3,30	2,60	2,33	2,33
H40	2,75	3,18	3,36	3,26	3,38	4,54	4,40	3,98	3,49	2,74	2,47	2,46
H50	2,87	3,32	3,50	3,39	3,52	4,74	4,59	4,15	3,64	2,86	2,57	2,56

Çizelge 4.27. Diyarbakır Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

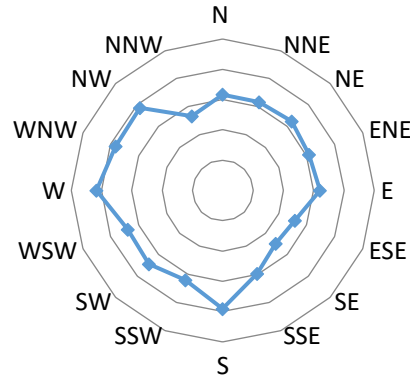
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,87	4,6	58,1
Şubat	3,32	5,3	89,9
Mart	3,50	5,6	105,6
Nisan	3,39	5,4	96,3
Mayıs	3,52	5,6	107,2
Haziran	4,74	7,5	261,4
Temmuz	4,59	7,3	237,4
Ağustos	4,15	6,6	175,4
Eylül	3,64	5,8	118,4
Ekim	2,86	4,5	57,6
Kasım	2,57	4,1	41,9
Aralık	2,56	4,1	41,4

#### 4.3.2. Diyarbakır Çermik ilçe bulguları

1971-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1971-1974, 1976-1977, 1980-1983, 1985-1987 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları dâhilinde değerlendirilmiştir (Çizelge 4.28 – 4.30 ve Şekil 4.7).

**Çizelge 4.28.** Diyarbakır Çermik ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	3225	36,79	77400	5160	123840
1-2	3764	42,93	90336	6022,4	144537,6
2-3	1259	14,36	30216	2014,4	48345,6
3-4	372	4,24	8928	595,2	14284,8
4-5	113	1,29	2712	180,8	4339,2
5-6	25	0,29	600	40	960
6-7	6	0,07	144	9,6	230,4
7-8	2	0,02	48	3,2	76,8
8-9	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>8767</b>				<b>336652,8</b>



**Şekil 4.7.** Diyarbakır Çermik ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.29.** Diyarbakır Çermik ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,31	1,44	1,56	1,50	1,59	1,89	1,72	1,54	1,46	1,23	1,12	1,09
<b>H20</b>	1,50	1,65	1,80	1,73	1,83	2,17	1,98	1,77	1,68	1,42	1,29	1,26
<b>H30</b>	1,62	1,78	1,94	1,86	1,97	2,34	2,13	1,91	1,81	1,53	1,39	1,36
<b>H40</b>	1,70	1,87	2,03	1,96	2,07	2,46	2,24	2,00	1,90	1,61	1,46	1,42
<b>H50</b>	1,76	1,94	2,11	2,03	2,14	2,55	2,32	2,08	1,98	1,67	1,52	1,48

**Çizelge 4.30.** Diyarbakır Çermik ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

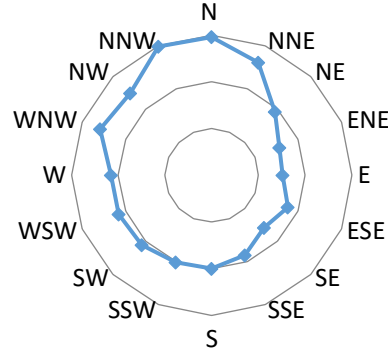
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,76	5,0	74,7
Şubat	1,94	5,4	98,7
Mart	2,11	5,9	127,5
Nisan	2,03	5,7	113,4
Mayıs	2,14	6,0	133,9
Haziran	2,55	7,2	224,7
Temmuz	2,32	6,5	170,6
Ağustos	2,08	5,8	122,1
Eylül	1,98	5,6	104,7
Ekim	1,67	4,7	62,9
Kasım	1,52	4,3	47,4
Aralık	1,48	4,1	43,8

### 4.3.3. Diyarbakır Ergani ilçe bulguları

1968-2015 yıllarını içeren verilerde 2002 yılı verileri bulunmamaktadır, ayrıca 1968-1987, 1989 ve 2011-2015 yıllarını içeren veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.31 – 4.33 ve Şekil 4.8).

**Çizelge 4.31.** Diyarbakır Ergani ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1603	41,12	38472	2564,8	61555,2
1-2	2849	73,09	68376	4558,4	109401,6
2-3	1700	43,61	40800	2720	65280
3-4	1034	26,53	24816	1654,4	39705,6
4-5	611	15,67	14664	977,6	23462,4
5-6	348	8,93	8352	556,8	13363,2
6-7	158	4,05	3792	252,8	6067,2
7-8	54	1,39	1296	86,4	2073,6
8-9	24	0,62	576	38,4	921,6
9-10	11	0,28	264	17,6	422,4
10-11	4	0,10	96	6,4	153,6
11-12	2	0,05	48	3,2	76,8
<b>Toplam</b>	<b>8398</b>				<b>322483,2</b>



Şekil 4.8. Diyarbakır Ergan ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.32. Diyarbakır Ergani ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	2,32	2,35	2,48	2,40	2,49	3,36	3,25	2,94	2,58	2,03	1,82	1,82
H20	2,60	2,77	2,92	2,83	2,93	3,95	3,82	3,46	3,03	2,39	2,14	2,14
H30	2,76	3,01	3,18	3,08	3,19	4,30	4,16	3,76	3,30	2,60	2,33	2,33
H40	2,88	3,18	3,36	3,26	3,38	4,54	4,40	3,98	3,49	2,74	2,47	2,46
H50	2,97	3,32	3,50	3,39	3,52	4,74	4,59	4,15	3,64	2,86	2,57	2,56

Çizelge 4.33. Diyarbakır Ergani ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

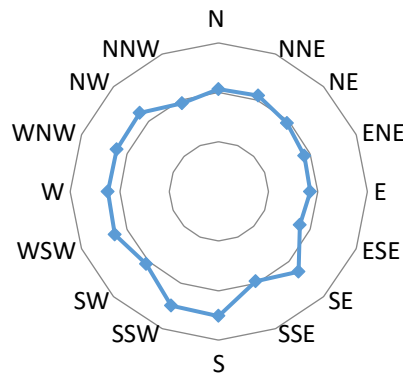
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,97	6,4	161,2
Şubat	3,06	6,6	177,7
Mart	3,05	6,6	174,5
Nisan	2,78	6,0	133,3
Mayıs	2,86	6,2	144,7
Haziran	3,86	8,3	354,3
Temmuz	4,08	8,8	420,1
Ağustos	3,39	7,3	241,2
Eylül	2,83	6,1	139,3
Ekim	2,34	5,1	79,6
Kasım	2,37	5,1	81,9
Aralık	2,55	5,5	102,6

#### 4.3.4. Diyarbakır Sur ilçe bulguları

2007-2015 yıllarını içeren verilerde 2007, 2010 ve 2015 yılı ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.34 – 4.36 ve Şekil 4.9).

**Çizelge 4.34.** Diyarbakır Sur ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	230	12,70	5520	368	8832
1-2	984	54,36	23616	1574,4	37785,6
2-3	439	24,25	10536	702,4	16857,6
3-4	132	7,29	3168	211,2	5068,8
4-5	21	1,16	504	33,6	806,4
5-6	3	0,16	72	4,8	115,2
7-8	1	0,05	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>1810</b>				<b>69504,0</b>



**Şekil 4.9.** Diyarbakır Sur ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.35.** Diyarbakır Sur ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,58	1,86	1,88	1,85	1,90	2,33	2,32	2,02	1,94	1,61	1,44	1,37
<b>H20</b>	1,72	2,02	2,04	2,00	2,06	2,53	2,51	2,19	2,10	1,74	1,56	1,49
<b>H30</b>	1,79	2,11	2,13	2,09	2,16	2,64	2,63	2,29	2,20	1,82	1,63	1,56
<b>H40</b>	1,85	2,17	2,20	2,15	2,22	2,72	2,71	2,36	2,26	1,88	1,68	1,60
<b>H50</b>	1,89	2,22	2,25	2,20	2,27	2,78	2,77	2,41	2,31	1,92	1,71	1,64



**Çizelge 4.36.** Diyarbakır Sur ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,89	4,2	45,8
Şubat	2,22	5,0	74,4
Mart	2,25	5,0	77,2
Nisan	2,20	4,9	72,5
Mayıs	2,27	5,1	79,7
Haziran	2,78	6,2	146,5
Temmuz	2,77	6,2	144,0
Ağustos	2,41	5,4	95,5
Eylül	2,31	5,2	84,2
Ekim	1,92	4,3	47,9
Kasım	1,71	3,8	34,2
Aralık	1,64	3,7	29,9

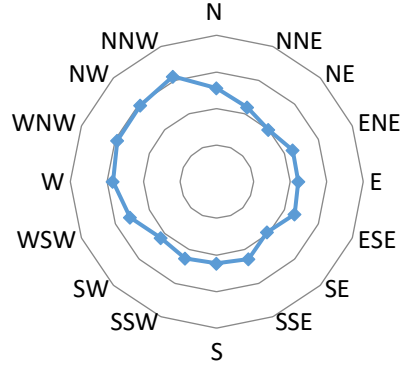
#### **4.4. Gaziantep İli Bulguları**

##### **4.4.1. Gaziantep Şahinbey ilçe bulguları**

2007-2015 yıllarını içeren verilerde 2011-2015 yılı verileri ihmal sınırları içerisinde hesaplamaya dâhil edilmemiştir (Çizelge 4.37 – 4.39 ve Şekil 4.10).

**Çizelge 4.37.** Gaziantep Şahinbey ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	6166	39,26	147984	9865,6	236774,4
1-2	6270	39,92	150480	10032	240768
2-3	2172	13,83	52128	3475,2	83404,8
3-4	736	4,69	17664	1177,6	28262,4
4-5	251	1,60	6024	401,6	9638,4
5-6	93	0,60	2232	148,8	3571,2
6-7	13	0,08	312	20,8	499,2
7-8	3	0,02	72	4,8	115,2
8-9	2	0,01	48	3,2	76,8
<b>Toplam</b>	<b>15706</b>				<b>603110,4</b>



Şekil 4.10. Gaziantep Şahinbey ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.38. Gaziantep Şahinbey ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	1,31	1,43	1,50	1,55	1,54	1,94	2,01	1,73	1,36	1,07	1,04	1,20
H20	1,67	1,83	1,91	1,98	1,96	2,48	2,56	2,20	1,73	1,36	1,32	1,53
H30	1,88	2,06	2,15	2,23	2,21	2,79	2,88	2,48	1,95	1,54	1,49	1,72
H40	2,03	2,22	2,32	2,41	2,38	3,01	3,11	2,67	2,10	1,66	1,61	1,86
H50	2,15	2,35	2,45	2,55	2,52	3,18	3,29	2,83	2,22	1,75	1,70	1,97

Çizelge 4.39. Gaziantep Şahinbey ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

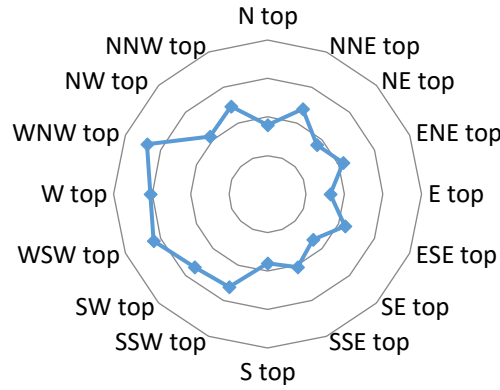
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,15	5,8	119,1
Şubat	2,35	6,3	155,6
Mart	2,45	6,6	177,4
Nisan	2,55	6,9	198,8
Mayıs	2,52	6,8	193,1
Haziran	3,18	8,6	388,1
Temmuz	3,29	8,9	428,8
Ağustos	2,83	7,6	272,1
Eylül	2,22	6,0	132,4
Ekim	1,75	4,7	64,8
Kasım	1,70	4,6	59,3
Aralık	1,97	5,3	91,9

#### 4.4.2. Gaziantep İslahiye ilçe bulguları

1968-2013 yıllarını içeren verilerde 1989, 2002-2003 ve 2013 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.40 – 4.42 ve Şekil 4.11).

**Çizelge 4.40.** Gaziantep İslahiye ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	4459	30,53	107016	7134,4	171225,6
1-2	4586	31,40	110064	7337,6	176102,4
2-3	2518	17,24	60432	4028,8	96691,2
3-4	1547	10,59	37128	2475,2	59404,8
4-5	847	5,80	20328	1355,2	32524,8
5-6	430	2,94	10320	688	16512
6-7	156	1,07	3744	249,6	5990,4
7-8	45	0,31	1080	72	1728
8-9	13	0,09	312	20,8	499,2
9-10	2	0,01	48	3,2	76,8
14-15	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>14604</b>				<b>560793,6</b>



**Şekil 4.11.** Gaziantep İslahiye ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.41.** Gaziantep İslahiye ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,20	1,30	1,47	1,67	2,15	3,26	3,85	3,41	2,21	1,28	1,00	1,06
<b>H20</b>	1,30	1,41	1,59	1,81	2,33	3,53	4,17	3,70	2,40	1,38	1,08	1,15
<b>H30</b>	1,36	1,47	1,66	1,89	2,43	3,69	4,36	3,86	2,51	1,44	1,13	1,20
<b>H40</b>	1,40	1,52	1,71	1,95	2,51	3,81	4,49	3,98	2,58	1,49	1,16	1,24
<b>H50</b>	1,43	1,55	1,75	1,99	2,56	3,89	4,60	4,07	2,64	1,52	1,19	1,27

**Çizelge 4.42.** Gaziantep İslahiye ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

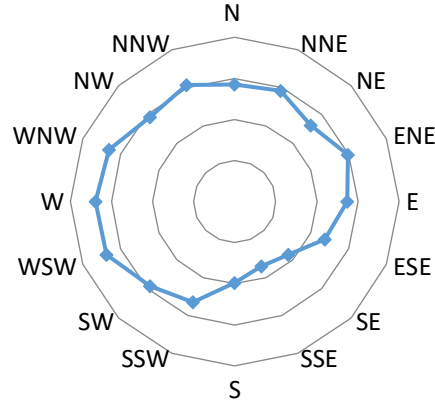
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,43	3,2	20,0
Şubat	1,55	3,5	25,5
Mart	1,75	3,9	36,5
Nisan	1,99	4,4	53,6
Mayıs	2,56	5,7	114,5
Haziran	3,89	8,7	401,0
Temmuz	4,60	10,2	659,4
Ağustos	4,07	9,1	458,4
Eylül	2,64	5,9	125,2
Ekim	1,52	3,4	24,0
Kasım	1,19	2,7	11,5
Aralık	1,27	2,8	13,8

#### 4.5. Kilis İli Bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 2000-2001 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.43 – 4.45 ve Şekil 4.12).

**Çizelge 4.43.** Kilis Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1890	12,03	45360	3024	72576
1-2	4497	28,63	107928	7195,2	172684,8
2-3	3821	24,33	91704	6113,6	146726,4
3-4	2638	16,80	63312	4220,8	101299,2
4-5	1600	10,19	38400	2560	61440
5-6	740	4,71	17760	1184	28416
6-7	332	2,11	7968	531,2	12748,8
7-8	123	0,78	2952	196,8	4723,2
8-9	53	0,34	1272	84,8	2035,2
9-10	10	0,06	240	16	384
10-11	1	0,01	24	1,6	38,4
11-12	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>15706</b>				<b>603110,4</b>



Şekil 4.12 Kilis ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.44. Kilis Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	2,25	2,37	2,46	2,66	2,76	3,51	3,99	3,66	2,69	1,89	1,81	2,11
H20	2,52	2,66	2,75	2,98	3,08	3,92	4,47	4,10	3,01	2,12	2,03	2,36
H30	2,68	2,82	2,92	3,17	3,28	4,17	4,75	4,35	3,20	2,25	2,15	2,50
H40	2,79	2,94	3,04	3,30	3,41	4,34	4,95	4,53	3,34	2,35	2,24	2,61
H50	2,88	3,03	3,14	3,40	3,52	4,48	5,10	4,67	3,44	2,42	2,31	2,69

Çizelge 4.45. Kilis Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,88	5,5	100,1
Şubat	3,03	5,8	117,1
Mart	3,14	6,0	129,8
Nisan	3,40	6,5	165,5
Mayıs	3,52	6,7	183,0
Haziran	4,48	8,5	377,1
Temmuz	5,10	9,7	557,6
Ağustos	4,67	8,9	429,0
Eylül	3,44	6,5	170,8
Ekim	2,42	4,6	59,4
Kasım	2,31	4,4	51,9
Aralık	2,69	5,1	81,6

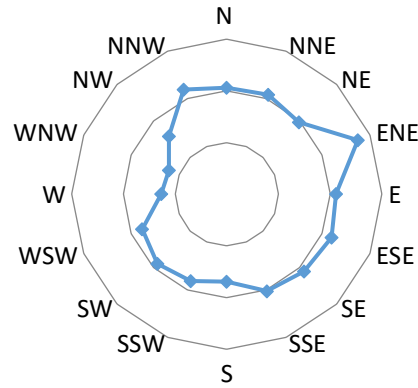
## 4.6. Mardin İli Bulguları

### 4.6.1. Mardin Merkez ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1979-1980, 1982 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.46 – 4.48 ve Şekil 4.13).

**Çizelge 4.46.** Mardin Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	89	0,61	2136	142,4	3417,6
1-2	1356	9,29	32544	2169,6	52070,4
2-3	3290	22,53	78960	5264	126336
3-4	3822	26,18	91728	6115,2	146764,8
4-5	2838	19,44	68112	4540,8	108979,2
5-6	1517	10,39	36408	2427,2	58252,8
6-7	803	5,5	19272	1284,8	30835,2
7-8	441	3,020	10584	705,6	16934,4
8-9	234	1,60	5616	374,4	8985,6
9-10	102	0,70	2448	163,2	3916,8
10-11	50	0,34	1200	80	1920
11-12	33	0,23	792	52,8	1267,2
12-13	11	0,07	264	17,6	422,4
13-14	6	0,04	144	9,6	230,4
14-15	4	0,03	96	6,4	153,6
15-16	2	0,01	48	3,2	76,8
16-17	1	0,01	24	1,6	38,4
18-19	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>14600</b>				<b>560640,0</b>



**Şekil 4.13.** Mardin Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.47.** Mardin Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	4,39	4,51	4,28	3,83	3,98	4,25	3,94	3,58	3,46	3,56	3,82	4,22
<b>H20</b>	4,98	5,11	4,85	4,34	4,51	4,81	4,46	4,06	3,92	4,03	4,33	4,78
<b>H30</b>	5,32	5,46	5,19	4,64	4,82	5,15	4,77	4,33	4,19	4,31	4,63	5,11
<b>H40</b>	5,56	5,71	5,42	4,85	5,04	5,38	4,99	4,53	4,38	4,50	4,84	5,34
<b>H50</b>	5,75	5,90	5,61	5,02	5,21	5,56	5,16	4,69	4,53	4,66	5,01	5,53

**Çizelge 4.48.** Mardin Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	5,75	6,6	176,9
Şubat	5,90	6,8	191,6
Mart	5,61	6,4	164,2
Nisan	5,02	5,8	117,8
Mayıs	5,21	6,0	132,0
Haziran	5,56	6,4	160,4
Temmuz	5,16	5,9	127,7
Ağustos	4,69	5,4	95,8
Eylül	4,53	5,2	86,4
Ekim	4,66	5,4	94,1
Kasım	5,01	5,8	116,9
Aralık	5,53	6,4	157,1

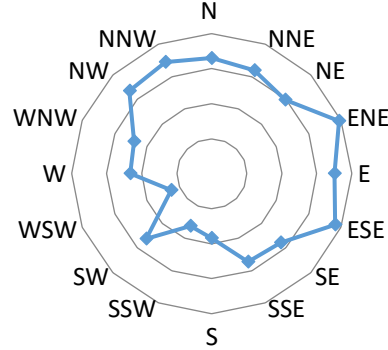
İlkılıç ve ark. (2010) dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisinden yararlanma ve akış durumlarını incelerken Mardin’in ortalama rüzgâr hızının 6,0 m/s ve ortalama enerji yoğunluğunu 114 W/m<sup>2</sup> olarak vermişlerdir. Yapılan bu çalışmada, Mardin için 50 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı 5,75 m/s ve ortalama güç yoğunluğu 135 W/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Bu farklılığın sebebini REPA verilerinin yanı sıra temsili olarak oluşturulan yıl olarak değerlendirilmiştir. Ancak araştırmada elde edilen verilerin İlkılıç ve ark (2010) ile paralellik gösterdiği de görülmektedir.

#### **4.6.2. Mardin Nusaybin ilçe bulguları**

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1993 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.49 – 4.51 ve Şekil 4.14).

**Çizelge 4.49.** Mardin Nusaybin ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	2977	33,97	71448	4763,2	114316,8
1-2	3220	36,74	77280	5152	123648
2-3	1491	17,01	35784	2385,6	57254,4
3-4	605	6,90	14520	968	23232
4-5	227	2,59	5448	363,2	8716,8
5-6	105	1,20	2520	168	4032
6-7	65	0,74	1560	104	2496
7-8	32	0,37	768	51,2	1228,8
8-9	16	0,18	384	25,6	614,4
9-10	10	0,11	240	16	384
10-11	5	0,06	120	8	192
11-12	2	0,02	48	3,2	76,8
12-13	1	0,01	24	1,6	38,4
13-14	3	0,03	72	4,8	115,2
<b>14-15</b>	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>15-16</b>	2	0,02	48	3,2	76,8
<b>16-17</b>	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>21-22</b>	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>8764</b>				<b>336537,6</b>



**Şekil 4.14.** Mardin Nusaybin ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.50.** Mardin Nusaybin ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	2,04	2,15	2,00	1,86	1,83	2,02	1,52	1,26	1,35	1,53	1,60	1,78
<b>H20</b>	2,40	2,53	2,36	2,19	2,15	2,38	1,79	1,49	1,59	1,80	1,88	2,10
<b>H30</b>	2,61	2,75	2,57	2,39	2,34	2,59	1,95	1,62	1,73	1,96	2,05	2,28
<b>H40</b>	2,76	2,91	2,71	2,52	2,48	2,74	2,06	1,71	1,83	2,07	2,16	2,41
<b>H50</b>	2,88	3,03	2,83	2,63	2,58	2,85	2,15	1,78	1,91	2,16	2,25	2,51



**Çizelge 4.51.** Mardin Nusaybin ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

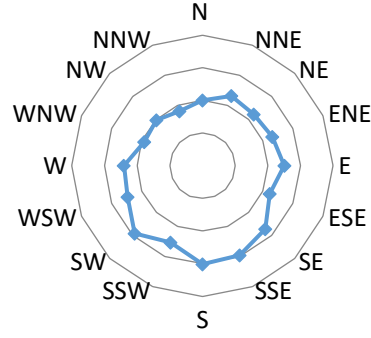
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	2,88	7,0	211,9
Şubat	3,03	7,4	246,9
Mart	2,83	6,9	201,5
Nisan	2,63	6,4	162,0
Mayıs	2,58	6,3	153,1
Haziran	2,85	7,0	207,0
Temmuz	2,15	5,2	88,5
Ağustos	1,78	4,3	50,2
Eylül	1,91	4,7	61,9
Ekim	2,16	5,3	89,2
Kasım	2,25	5,5	102,0
Aralık	2,51	6,1	141,0

#### 4.7. Siirt İli Bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1993 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.52 – 4.54 ve Şekil 4.15).

**Çizelge 4.52.** Siirt Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	4789	32,78	114936	7662,4	183897,6
1-2	5944	40,69	142656	9510,4	228249,6
2-3	2561	17,53	61464	4097,6	98342,4
3-4	909	6,22	21816	1454,4	34905,6
4-5	252	1,73	6048	403,2	9676,8
5-6	98	0,67	2352	156,8	3763,2
6-7	30	0,21	720	48	1152
7-8	16	0,11	384	25,6	614,4
8-9	5	0,03	120	8	192
9-10	2	0,01	48	3,2	76,8
11-12	0	0,00	0	0	0
13-14	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>14608</b>				<b>560947,2</b>



Şekil 4.15. Siirt Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.53. Siirt Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,12	1,40	1,74	1,81	1,77	1,89	1,88	1,82	1,80	1,65	1,30	1,09
<b>H20</b>	1,22	1,51	1,89	1,96	1,92	2,04	2,03	1,97	1,95	1,79	1,40	1,18
<b>H30</b>	1,27	1,58	1,97	2,05	2,00	2,13	2,12	2,06	2,04	1,87	1,47	1,23
<b>H40</b>	1,31	1,63	2,03	2,11	2,06	2,20	2,19	2,12	2,10	1,93	1,51	1,27
<b>H50</b>	1,34	1,67	2,08	2,16	2,11	2,25	2,24	2,17	2,15	1,97	1,55	1,30

Çizelge 4.54. Siirt Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	1,34	2,8	13,4
Şubat	1,67	3,5	25,8
Mart	2,08	4,3	50,1
Nisan	2,16	4,5	56,3
Mayıs	2,11	4,4	52,5
Haziran	2,25	4,7	63,7
Temmuz	2,24	4,7	62,6
Ağustos	2,17	4,5	57,4
Eylül	2,15	4,5	55,8
Ekim	1,97	4,1	42,8
Kasım	1,55	3,2	20,6
Aralık	1,30	2,7	12,2

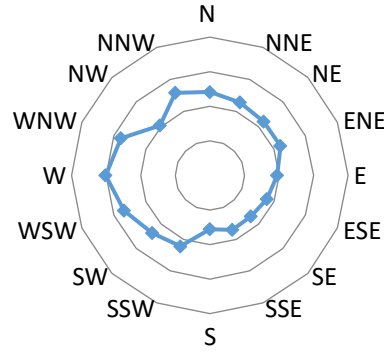
## 4.8. Şanlıurfa İli Bulguları

### 4.8.1. Şanlıurfa Merkez ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 2969-1992, 2006 ve 2012-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.55 – 4.57 ve Şekil 4.16).

**Çizelge 4.55.** Şanlıurfa Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	4121	26,24	98904	6593,6	158246,4
1-2	6364	40,52	152736	10182,4	244377,6
2-3	3446	21,94	82704	5513,6	132326,4
3-4	1314	8,37	31536	2102,4	50457,6
4-5	345	2,20	8280	552	13248
5-6	91	0,58	2184	145,6	3494,4
6-7	18	0,11	432	28,8	691,2
7-8	5	0,03	120	8	192
8-9	1	0,01	24	1,6	38,4
9-10	0	0,00	0	0	0
<b>Toplam</b>	<b>15705</b>				<b>603072,0</b>



**Şekil 4.16.** Şanlıurfa Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.56.** Şanlıurfa Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,32	1,46	1,65	1,79	1,92	2,41	2,45	2,21	1,91	1,44	1,28	1,22
<b>H20</b>	1,68	1,86	2,10	2,28	2,45	3,07	3,13	2,81	2,44	1,83	1,63	1,56
<b>H30</b>	1,89	2,10	2,37	2,57	2,76	3,46	3,52	3,17	2,75	2,06	1,83	1,76
<b>H40</b>	2,04	2,26	2,55	2,77	2,98	3,73	3,80	3,42	2,97	2,22	1,98	1,90
<b>H50</b>	2,16	2,39	2,70	2,93	3,15	3,94	4,02	3,61	3,13	2,35	2,09	2,00

**Çizelge 4.57.** Şanlıurfa Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

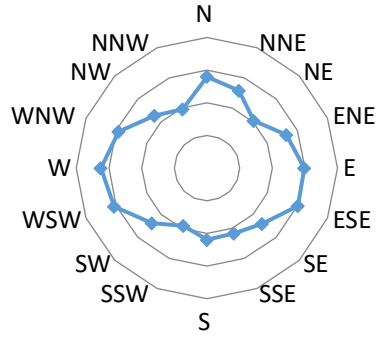
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	2,16	4,1	43,4
Şubat	2,39	4,6	59,5
Mart	2,70	5,2	85,4
Nisan	2,93	5,6	109,4
Mayıs	3,15	6,0	134,9
Haziran	3,94	7,6	265,6
Temmuz	4,02	7,7	281,4
Ağustos	3,61	6,9	204,4
Eylül	3,13	6,0	133,6
Ekim	2,35	4,5	56,4
Kasım	2,09	4,0	39,8
Aralık	2,00	3,8	34,9

#### 4.8.2. Şanlıurfa Akçakale ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1969-1992, 2006 ve 2012-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.58 – 4.60 ve Şekil 4.17).

**Çizelge 4.58.** Şanlıurfa Akçakale ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	2199	31,69	52776	3518,4	84441,6
1-2	2383	34,34	57192	3812,8	91507,2
2-3	1255	18,09	30120	2008	48192
3-4	657	9,47	15768	1051,2	25228,8
4-5	275	3,96	6600	440	10560
5-6	111	1,60	2664	177,6	4262,4
6-7	42	0,61	1008	67,2	1612,8
7-8	13	0,19	312	20,8	499,2
8-9	1	0,01	24	1,6	38,4
9-10	2	0,03	48	3,2	76,8
10-11	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>6939</b>				<b>266457,6</b>



Şekil 4.17. Şanlıurfa Akçakale ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.59. Şanlıurfa Akçakale ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	1,51	1,85	1,76	1,88	1,99	3,27	2,61	2,22	1,89	1,38	1,20	1,26
H20	1,68	2,07	1,96	2,10	2,22	3,66	2,92	2,49	2,11	1,54	1,34	1,41
H30	1,79	2,20	2,09	2,24	2,36	3,89	3,10	2,64	2,25	1,64	1,42	1,50
H40	1,86	2,29	2,17	2,33	2,46	4,05	3,23	2,75	2,34	1,71	1,48	1,56
H50	1,92	2,36	2,24	2,40	2,54	4,18	3,33	2,84	2,41	1,76	1,53	1,61

Çizelge 4.60. Şanlıurfa Akçakale ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

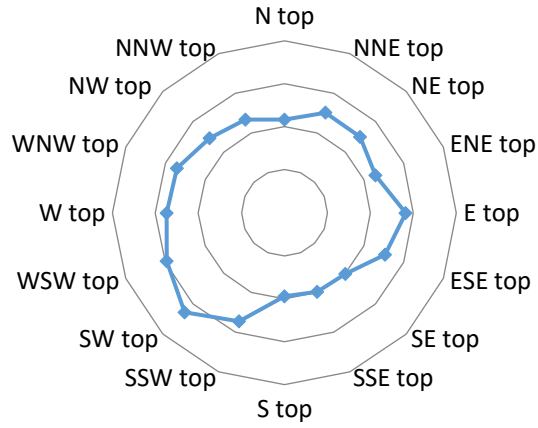
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	1,92	4,0	38,0
Şubat	2,36	4,9	70,2
Mart	2,24	4,6	60,3
Nisan	2,40	4,9	74,2
Mayıs	2,54	5,2	87,3
Haziran	4,18	8,6	391,2
Temmuz	3,33	6,9	198,2
Ağustos	2,84	5,8	122,5
Eylül	2,41	5,0	75,1
Ekim	1,76	3,6	29,3
Kasım	1,53	3,1	19,1
Aralık	1,61	3,3	22,3

#### 4.8.3. Şanlıurfa Birecik ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1980, 2001-2002 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.61 – 4.63 ve Şekil 4.18).

**Çizelge 4.61.** Şanlıurfa Birecik ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	5027	34,41	120648	8043,2	193036,8
1-2	5455	37,34	130920	8728	209472
2-3	2522	17,26	60528	4035,2	96844,8
3-4	990	6,78	23760	1584	38016
4-5	388	2,66	9312	620,8	14899,2
5-6	150	1,03	3600	240	5760
6-7	48	0,33	1152	76,8	1843,2
7-8	20	0,14	480	32	768
8-9	5	0,03	120	8	192
9-10	3	0,02	72	4,8	115,2
10-11	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>14609</b>				<b>560985,6</b>



**Şekil 4.18.** Şanlıurfa Birecik ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.62.** Şanlıurfa Birecik ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,69	1,75	1,74	1,77	1,81	2,15	2,10	1,75	1,45	1,19	1,16	1,37
<b>H20</b>	2,06	2,12	2,11	2,15	2,20	2,62	2,56	2,13	1,76	1,44	1,41	1,66
<b>H30</b>	2,27	2,34	2,33	2,38	2,43	2,89	2,82	2,35	1,94	1,59	1,55	1,84
<b>H40</b>	2,42	2,50	2,49	2,54	2,59	3,08	3,01	2,51	2,07	1,70	1,66	1,96
<b>H50</b>	2,54	2,62	2,61	2,66	2,72	3,23	3,15	2,63	2,17	1,78	1,74	2,05

**Çizelge 4.63.** Şanlıurfa Birecik ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

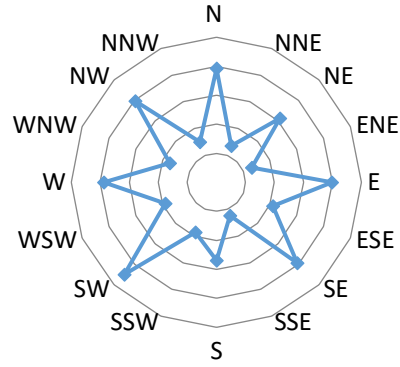
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	2,54	4,6	59,6
Şubat	2,62	4,7	65,2
Mart	2,61	4,7	64,5
Nisan	2,66	4,8	68,2
Mayıs	2,72	4,9	72,9
Haziran	3,23	5,8	122,2
Temmuz	3,15	5,7	114,0
Ağustos	2,63	4,8	65,8
Eylül	2,17	3,9	37,1
Ekim	1,78	3,2	20,6
Kasım	1,74	3,1	19,1
Aralık	2,05	3,7	31,5

#### 4.8.4. Şanlıurfa Bozova ilçe bulguları

1999-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1999-2000, 2007-2009 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.64 – 4.66 ve Şekil 4.19).

**Çizelge 4.64.** Şanlıurfa Bozova ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1140	62,43	27360	1824	43776
1-2	486	26,62	11664	777,6	18662,4
2-3	136	7,45	3264	217,6	5222,4
3-4	49	2,68	1176	78,4	1881,6
4-5	9	0,49	216	14,4	345,6
5-6	5	0,27	120	8	192
6-7	1	0,05	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>1826</b>				<b>70118,4</b>



Şekil 4.19. Şanlıurfa Bozova ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.65. Şanlıurfa Bozova ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	1,07	1,18	1,03	1,21	1,05	1,01	1,17	0,61	1,15	0,53	1,53	0,66
H20	1,20	1,32	1,15	1,35	1,17	1,13	1,31	0,69	1,28	0,59	1,71	0,74
H30	1,27	1,40	1,22	1,44	1,24	1,20	1,39	0,73	1,36	0,63	1,82	0,78
H40	1,32	1,46	1,27	1,50	1,30	1,25	1,45	0,76	1,42	0,65	1,90	0,82
H50	1,37	1,51	1,31	1,54	1,34	1,28	1,49	0,78	1,47	0,67	1,95	0,84

Çizelge 4.66. Şanlıurfa Bozova ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	1,37	4,7	64,6
Şubat	1,51	5,2	87,1
Mart	1,31	4,5	57,4
Nisan	1,54	5,3	93,0
Mayıs	1,34	4,6	60,6
Haziran	1,28	4,4	53,8
Temmuz	1,49	5,2	84,1
Ağustos	0,78	2,7	12,1
Eylül	1,47	5,1	79,8
Ekim	0,67	2,3	7,7
Kasım	1,95	6,8	189,2
Aralık	0,84	2,9	15,1

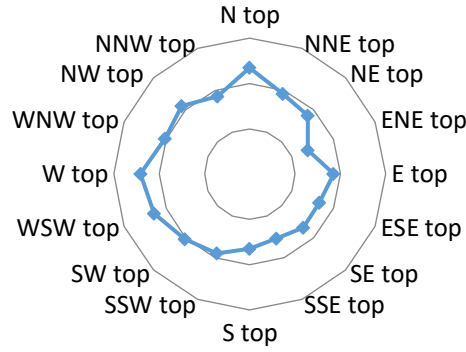
#### 4.8.5. Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1977-1980, 1983-2003, 2009-2010 ve 2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.67 – 4.69 ve Şekil 4.20).



**Çizelge 4.67.** Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	2751	31,50	66024	4401,6	105638,4
1-2	2719	31,13	65256	4350,4	104409,6
2-3	1805	20,67	43320	2888	69312
3-4	922	10,56	22128	1475,2	35404,8
4-5	334	3,82	8016	534,4	12825,6
5-6	138	1,58	3312	220,8	5299,2
6-7	42	0,48	1008	67,2	1612,8
7-8	17	0,19	408	27,2	652,8
8-9	3	0,03	72	4,8	115,2
9-10	2	0,02	48	3,2	76,8
<b>Toplam</b>	<b>8733</b>				<b>335347,2</b>



**Şekil 4.20.** Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.68.** Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	1,17	1,32	1,41	1,58	1,63	2,27	2,15	1,90	1,39	1,07	1,00	1,05
<b>H20</b>	1,32	1,49	1,59	1,79	1,85	2,57	2,44	2,15	1,57	1,22	1,13	1,19
<b>H30</b>	1,42	1,59	1,70	1,91	1,97	2,74	2,61	2,30	1,68	1,30	1,21	1,27
<b>H40</b>	1,48	1,67	1,78	2,00	2,06	2,87	2,73	2,41	1,76	1,36	1,26	1,33
<b>H50</b>	1,53	1,72	1,84	2,07	2,13	2,97	2,82	2,49	1,82	1,41	1,31	1,38

**Çizelge 4.69.** Şanlıurfa Ceylanpınar ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

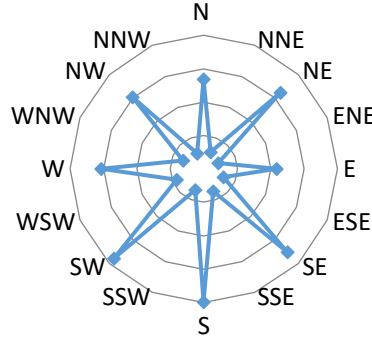
	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	1,53	3,9	36,4
Şubat	1,72	4,4	52,0
Mart	1,84	4,7	63,3
Nisan	2,07	5,3	90,0
Mayıs	2,13	5,4	98,5
Haziran	2,97	7,6	264,9
Temmuz	2,82	7,2	227,3
Ağustos	2,49	6,3	156,7
Eylül	1,82	4,6	61,0
Ekim	1,41	3,6	28,2
Kasım	1,31	3,3	22,6
Aralık	1,38	3,5	26,5

#### 4.8.6. Şanlıurfa Hilvan ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1977, 1981-1982 1987, 1989-1998 ve 2009 yıllarına ait veriler mevcut değildir, ayrıca 1968-1969, 1972, 1974, 1976-1983, 1986-1988 ve 2000-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.70 – 4.72 ve Şekil 4.21).

**Çizelge 4.70.** Şanlıurfa Hilvan ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	410	16,06	9840	656	15744
1-2	840	32,90	20160	1344	32256
2-3	555	21,74	13320	888	21312
3-4	386	15,12	9264	617,6	14822,4
4-5	160	6,27	3840	256	6144
5-6	88	3,45	2112	140,8	3379,2
6-7	60	2,35	1440	96	2304
7-8	25	0,98	600	40	960
8-9	6	0,24	144	9,6	230,4
9-10	3	0,12	72	4,8	115,2
10-11	7	0,27	168	11,2	268,8
11-12	5	0,20	120	8	192
12-13	6	0,24	144	9,6	230,4
14-15	2	0,08	48	3,2	76,8
<b>Toplam</b>	<b>2553</b>				<b>98035,2</b>



Şekil 4.21. Şanlıurfa Hilvan ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.71. Şanlıurfa Hilvan ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	2,02	2,52	2,82	2,95	2,88	2,88	2,82	2,89	2,37	2,09	2,01	2,07
H20	2,29	2,85	3,19	3,34	3,27	3,26	3,20	3,28	2,69	2,37	2,28	2,35
H30	2,44	3,05	3,41	3,57	3,49	3,48	3,42	3,50	2,87	2,53	2,43	2,51
H40	2,56	3,19	3,57	3,74	3,65	3,64	3,58	3,66	3,00	2,65	2,54	2,63
H50	2,64	3,30	3,69	3,86	3,78	3,77	3,70	3,79	3,10	2,74	2,63	2,72

Çizelge 4.72. Şanlıurfa Hilvan ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

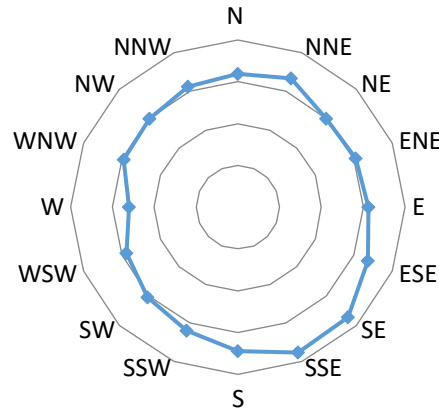
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	2,64	3,2	20,0
Şubat	3,30	4,0	38,9
Mart	3,69	4,5	54,6
Nisan	3,86	4,7	62,5
Mayıs	3,78	4,6	58,5
Haziran	3,77	4,6	57,9
Temmuz	3,70	4,5	54,9
Ağustos	3,79	4,6	59,0
Eylül	3,10	3,8	32,4
Ekim	2,74	3,3	22,2
Kasım	2,63	3,2	19,8
Aralık	2,72	3,3	21,7

#### 4.8.7. Şanlıurfa Siverek ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1983-1984, 1999, 2001-2004 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.73 – 4.75 ve Şekil 4.22).

**Çizelge 4.73.** Şanlıurfa Siverek ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	880	6,18	21120	1408	33792
1-2	3449	24,22	82776	5518,4	132441,6
2-3	4076	28,63	97824	6521,6	156518,4
3-4	2825	19,84	67800	4520	108480
4-5	1506	10,58	36144	2409,6	57830,4
5-6	821	5,77	19704	1313,6	31526,4
6-7	362	2,54	8688	579,2	13900,8
7-8	171	1,20	4104	273,6	6566,4
8-9	70	0,49	1680	112	2688
9-10	37	0,26	888	59,2	1420,8
10-11	21	0,15	504	33,6	806,4
11-12	10	0,07	240	16	384
12-13	7	0,05	168	11,2	268,8
13-14	2	0,01	48	3,2	76,8
14-15	1	0,01	24	1,6	38,4
<b>Toplam</b>	<b>14238</b>				<b>546739,2</b>



**Şekil 4.22.** Şanlıurfa Siverek ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.74.** Şanlıurfa Siverek ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	3,39	3,51	3,30	2,99	2,86	3,10	3,06	2,76	2,58	2,73	2,83	2,91
<b>H20</b>	4,12	4,27	4,01	3,64	3,47	3,77	3,72	3,35	3,14	3,32	3,44	3,54
<b>H30</b>	4,54	4,71	4,42	4,02	3,83	4,16	4,11	3,70	3,46	3,66	3,79	3,91
<b>H40</b>	4,85	5,02	4,72	4,28	4,08	4,44	4,38	3,94	3,69	3,91	4,05	4,17
<b>H50</b>	5,08	5,26	4,94	4,49	4,28	4,65	4,59	4,14	3,87	4,10	4,24	4,37

**Çizelge 4.75.** Şanlıurfa Siverek ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	5,08	6,2	146,0
Şubat	5,26	6,4	162,3
Mart	4,94	6,0	134,4
Nisan	4,49	5,5	100,8
Mayıs	4,28	5,2	87,4
Haziran	4,65	5,7	112,1
Temmuz	4,59	5,6	107,7
Ağustos	4,14	5,0	78,6
Eylül	3,87	4,7	64,5
Ekim	4,10	5,0	76,5
Kasım	4,24	5,2	84,9
Aralık	4,37	5,3	92,9

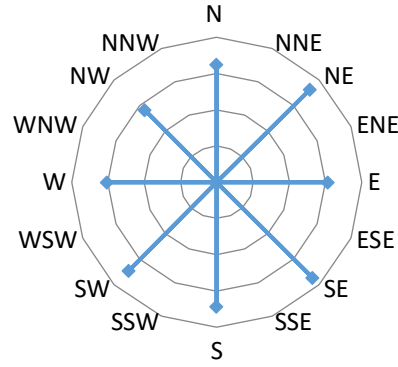
#### **4.9. Şırnak İli Bulguları**

##### **4.9.1. Şırnak Merkez ilçe bulguları**

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1975-1976, 1984, 1986-1988, 1996-1998 ve 2010 yıllarına ait veriler bulunmamaktadır, ayrıca 1973-1974, 1989-1999, 2004 ve 2011-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.76 – 4.78 ve Şekil 4.23).

**Çizelge 4.76.** Şırnak Merkez ilçe meteorolojik istasyon bulguları

<b>Rüzgâr hızı (m/s)</b>	<b>Adet</b>	<b>%</b>	<b>Saat</b>	<b>H/15</b>	<b>H/50</b>
0-1	1373	18,83	32952	2196,8	52723,2
1-2	2109	28,92	50616	3374,4	80985,6
2-3	1749	23,98	41976	2798,4	67161,6
3-4	1374	18,84	32976	2198,4	52761,6
4-5	279	3,83	6696	446,4	10713,6
5-6	184	2,52	4416	294,4	7065,6
6-7	117	1,60	2808	187,2	4492,8
7-8	36	0,49	864	57,6	1382,4
8-9	27	0,37	648	43,2	1036,8
9-10	23	0,32	552	36,8	883,2
10-11	11	0,15	264	17,6	422,4
11-12	7	0,10	168	11,2	268,8
12-13	4	0,05	96	6,4	153,6
<b>Toplam</b>	<b>7293</b>				<b>280051,2</b>



Şekil 4.23. Şırnak Merkez ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

Çizelge 4.77. Şırnak Merkez ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H10	2,18	2,39	2,45	2,43	2,48	2,34	2,24	2,45	2,49	2,57	2,26	2,13
H20	2,65	2,90	2,98	2,96	3,01	2,85	2,72	2,97	3,03	3,13	2,75	2,59
H30	2,92	3,20	3,29	3,26	3,32	3,14	3,00	3,28	3,34	3,45	3,03	2,86
H40	3,12	3,41	3,51	3,48	3,54	3,35	3,20	3,50	3,57	3,68	3,24	3,05
H50	3,27	3,58	3,68	3,65	3,71	3,51	3,36	3,67	3,74	3,86	3,39	3,19

Çizelge 4.78. Şırnak Merkez ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

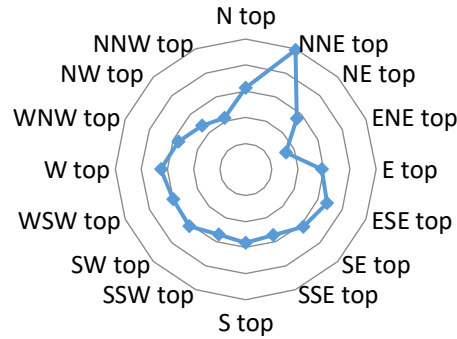
	Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)	Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Ocak	3,27	5,3	91,0
Şubat	3,58	5,8	119,3
Mart	3,68	6,0	129,6
Nisan	3,65	5,9	126,6
Mayıs	3,71	6,0	133,4
Haziran	3,51	5,7	113,0
Temmuz	3,36	5,4	98,4
Ağustos	3,67	5,9	128,8
Eylül	3,74	6,1	136,2
Ekim	3,86	6,3	150,0
Kasım	3,39	5,5	101,7
Aralık	3,19	5,2	84,8

#### 4.9.2. Şırnak Cizre ilçe bulguları

1968-2015 yılları verilerini içeren meteorolojik verilerin içerisinde 1968-1972, 1974, 1993 ve 2009-2015 yıllarına ait veriler ihmal sınırları içerisinde incelenmiştir (Çizelge 4.79 – 4.81 ve Şekil 4.24).

**Çizelge 4.79.** Şırnak Cizre ilçe meteorolojik istasyon bulguları

Rüzgâr hızı (m/s)	Adet	%	Saat	H/15	H/50
0-1	2221	17,92	53304	3553,6	85286,4
1-2	6478	52,26	155472	10364,8	248755,2
2-3	2602	20,99	62448	4163,2	99916,8
3-4	751	6,06	18024	1201,6	28838,4
4-5	222	1,79	5328	355,2	8524,8
5-6	78	0,63	1872	124,8	2995,2
6-7	31	0,25	744	49,6	1190,4
7-8	10	0,08	240	16	384
8-9	3	0,02	72	4,8	115,2
<b>Toplam</b>	<b>12396</b>				<b>476006,4</b>



**Şekil 4.24.** Şırnak Cizre ilçe meteoroloji istasyonu rüzgâr esme yönleri

**Çizelge 4.80.** Şırnak Cizre ilçe için yüksekliğe bağlı ortalama rüzgâr hızları (m/s)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>H10</b>	2,15	2,27	2,38	2,3	2,58	2,43	2,16	1,99	2,00	1,96	1,95	2,00
<b>H20</b>	2,54	2,67	2,80	2,73	3,03	2,86	2,55	2,34	2,37	2,30	2,30	2,35
<b>H30</b>	2,76	2,90	3,05	2,97	3,30	3,11	2,77	2,55	2,56	2,51	2,50	2,56
<b>H40</b>	2,92	3,07	3,22	3,14	3,49	3,29	2,93	2,70	2,71	2,65	2,64	2,70
<b>H50</b>	3,04	3,2	3,36	3,27	3,64	3,43	3,05	2,81	2,83	2,76	2,75	2,82

**Çizelge 4.81.** Şırnak Cizre ilçe meteoroloji istasyonu saha güç yoğunluğu

	<b>Günlük Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Düzeltilmiş Rüzgâr Hızı (m/s)</b>	<b>Günlük Ortalama Güç Yoğunluğu (W/m<sup>2</sup>)</b>
Ocak	3,04	3,86	35,27
Şubat	3,20	4,06	41,11
Mart	3,36	4,26	47,44
Nisan	3,27	4,15	43,88
Mayıs	3,64	4,62	60,42
Haziran	3,43	4,35	50,45
Temmuz	3,05	3,88	35,67
Ağustos	2,81	3,57	27,81
Eylül	2,83	3,59	28,31
Ekim	2,76	3,51	26,45
Kasım	2,75	3,50	26,19
Aralık	2,82	3,58	28,06



## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tarımsal faaliyetlere yönelik olarak rüzgâr enerjisi potansiyeli araştırması yapılmıştır. Tarımsal alanlardaki olası şebeke yetersizliğinin giderilmesi ve tarımsal üretimi desteklemek amaçlı küçük kapasiteli rüzgâr türbinleri örnek olarak seçilmiştir. Çalışmada, türbinlerin istasyon verileri doğrultusunda elde edilmiş kapasite faktörleri ölçüm kriteri olarak belirlenmiş ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Bu çizelgede istasyon bazında rüzgâr türbinlerinin ekonomik olarak kurulum durumu ve şebeke varlığının bulunmaması durumunda tarımsal faaliyetlerin sürekliliğinin gözetilerek kurulabilirlikleri incelenmiştir.

Yatay eksenli rüzgâr türbinleri için %20-%24 aralığındaki kapasite faktörleri ve dikey eksenli Rüzgâr türbinleri için ise %1,6-6,3 aralığındaki kapasite faktörleri uygun görülmektedir (Anonim 2006). Yapılan bu çalışmada yatay eksenli rüzgâr türbinleri için %42 ye ve dikey eksenli Rüzgâr türbinleri için ise %27'ye varan kapasite faktörleri elde edilmiştir. Bu çerçevede Çizelge 4.8 ve 4.9'da verilen kapasite faktörleri göz önünde bulundurularak araştırma bölgesinde rüzgâr enerjisinden yararlanmak mümkündür.

Almanya, İtalya, Danimarka, Fransa, İngiltere, Hollanda, Çin, Mısır ve Hindistan yenilenebilir enerji kaynaklarını çeşitli şekillerde desteklemektedir. Bu destekler; şebeke bağlantısında öncelik, destekleme fiyatları, rayiç fiyat üzerine pirim ödenekleri, yeşil sertifikalı ticaret ile operatörlere uygulanan zorunlu satın alma oranları (kota sistemi), yeni gelişen mevzuatlarda devlet iradesiyle ihale açarak uzun vadeli satın alınma garantisi şeklindedir. Amerika'da bu sektör için alınan "Üretim Vergi Kredisi"'nin vadeleri bir yıl uzatılmakta ve ayrıca %30'luk yatırım "Vergi Kredisi"'ni seçebilme imkânı tanınmaktadır. Çin'de şebeke erişiminde öncelik verilmektedir. Ama şebeke zayıflığı sebebiyle bu prensip genellikle uygulanamamaktadır. Çin hükümeti proje seçimi için ihale açmakta ve en düşük fiyatı verene yapım izni vermekteydi. Ancak ihale sistemi çok düşük fiyatlara yol açması sebebiyle bu sistem değiştirilerek, düşük fiyatın etkisi %25 oranı ile sınırlandırılmıştır. Ortalama fiyata yakın teklif verenler genellikle tercih edilmektedir. Bazı durumlarda ihalesiz onaylar da verilebilmektedir. Burada fiyatlandırma yetkili otoritelerce sabit fiyat uygulamalarına tabidir. Bu ülkede çok düşük de olsa yenilenebilir enerji primi bulunmaktadır (Akalin 2009).

Yeni Zelanda’da 2025 yılında elektrik enerjisinin %90’nını rüzgâr enerjisinden elde etmeyi ve böylece sera gazlarının azalması hedeflenmektedir. Yeni Zelanda mevzuatı enerji pazarına olan yeni girişleri engellediği için öncelikle rüzgâr tarlaları gelişme göstermiş, büyük şirketler elektrik pazarını ele geçirmiştir. Yeni Zelanda’da diğer birçok ülkedeki gibi yenilenebilir enerji sektöründe giriş desteği yoktur (Schaefer ve ark. 2011).

Texas, rüzgâr enerjisi konusunda tüm kamusal desteği arkasına almıştır ve bu destekler şebeke varlığı göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Rüzgâr tarlalarına yakın yerlere daha düşük, uzak bölgelere daha ciddi destekler verilmektedir (Swofford ve Slattery 2009).

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji hususunda 5346 numaralı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlükte bulunmaktadır. Bu kapsam rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik 7,3 c\$/kWh olarak ücretlendirilmektedir. Ayrıca aksamalarının yerli üretim olması durumunda fiyata ilave destekler bulunmakta ve bu ücretlendirmede on yılda bir düzenleme yapılacağı bildirilmektedir (Anonim 2005).

Güneydoğu Anadolu bölgesinin sosyal ve ekonomik olarak kalkınmasında tarımsal faaliyetlerin ve tarımsal gelirdeki artışın önemli rolü olduğu düşünülerek hazırlanan bu tez çalışması Güneydoğu Anadolu Projesini (GAP) destekler niteliktedir. TKDK (Anonim 2020 b) tarafından; GAP bölgesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırma projesi (302-7 sektör kodu ile), çiftlik faaliyetlerinin çeşitlendirilmesi ve geliştirilmesinde kullanılmak üzere yenilenebilir enerji yatırımlarını (Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illeri için) desteklenmektedir. Ayrıca Karacadağ Kalkınma Ajansı ve İpekyolu Kalkınma Ajansı gibi kuruluşlar tarafından da kalkınma amaçlı yatırımlarla desteklenmektedir. Ancak bu destekler RES’ler için enerji bakanlığının %25 ve üzerinde kapasite faktörü koşulunu sağlayan projeler için verilmektedir. Bu destekler, enerji hattından uzak kalmış tarımsal faaliyet amaçlı enerji ihtiyacının karşılanmasında da sağlanmalıdır. RES yatırımları; kapasite faktörü ve geri ödeme süresi gibi unsurların yanında görünmeyen maliyetler de gözetilerek incelenmelidir. Özellikle hibrit olarak tasarlanacak sistemler süreksizliği azaltacağı için

şiddetle hibrit RES'ler teşvik edilmelidir. RES'lerin özellikle çevre dostu olması, Türkiye için çok önemli konular olan organik üretim ve özellikle yerli tohum üretimi gibi kritik üretim prosedürlerine hız verebilecek potansiyeli sağlayacaktır. Ürün vejetasyon süresince öncesi ve sonrası yapılabilecek tüm tarımsal faaliyetlerde gerekli enerji ihtiyacı rüzgâr enerjisi ile sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Akalın, A., 2009.** Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyel ve stratejiler. Enerji Kongresi 08-09 Ekim 2009, Ankara. [http://www.artienerji.com.tr/docs/Ankara\\_Enerji\\_Kongresi\\_Turkce\\_09\\_korumali.pdf](http://www.artienerji.com.tr/docs/Ankara_Enerji_Kongresi_Turkce_09_korumali.pdf) - (Erişim: 14.11.2019).
- Akalın, A., 2010.** Temiz & yenilenebilir enerji potansiyel & stratejileri. İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği Kulübü (22 Aralık 2010). [http://www.artienerji.com.tr/docs/IU\\_SUNUM\\_Aralik\\_2010.pdf](http://www.artienerji.com.tr/docs/IU_SUNUM_Aralik_2010.pdf) - (Erişim: 14.11.2019).
- Akimoto, H., Takana, K., Uzawa, K., 2011.** Floating axis wind turbines for offshore power generation-a conceptual study. *Environ. Res. Lett.* 6 (2011) 044017.
- Akkaş, A. A., 2001.** Rüzgâr enerjisi sistemlerinin performans değerlendirmesi. 1. Rüzgâr Enerji Sempozyumu, 5-7 Nisan, İzmir.
- Akpınar, E. K., Balpetek, N., 2019.** Weibull ve Rayleigh dağılımlarına göre Elâzığ ilinin rüzgâr enerjisi potansiyelinin istatistiksel analizi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 34 (1): 569-580.
- Anonim, 2003a.** Roughness Classes and Roughness Length Table. Danish Wind Industry Association. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/stat/unitsw.htm#calc> (Erişim:11.01.2020).
- Anonim, 2003b.** Wind Energy Reference Manual Part 1: Wind Energy Concepts. Danish Wind Industry Association. <http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/stat/unitsw.htm#lengths> (Erişim:18.01.2020).
- Anonim, 2005.** Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun. Kanun No. 5346 (10.05.2005), Resmi Gazete: 17.05.2005.
- Anonim, 2006.** Wind energy integration in the urban environment WINEUR. Techno Economic Report 2006. [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/wineur techno\\_economic\\_report.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/wineur techno_economic_report.pdf) (Erişim:19.01.2020).
- Anonim, 2007.** Türkiye Rüzgâr Enerjisi Postansiyel Atlası. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. [http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru\\_01.html](http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html) (Erişim:18.01.2020).
- Anonim, 2014.** Global wind energy Outlook (2014) [https://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014\\_WEB.pdf](https://www.gwec.net/wp-content/uploads/2014/10/GWEO2014_WEB.pdf) (Erişim:18.01.2020).
- Anonim, 2016a.** Horizontal Axis Wind Turbine. Soyut Wind. <http://www.soyutwind.com/soyutwind/akulu6.php> (Erişim: 15.06.2016)
- Anonim, 2016b.** Vertical Axis Wind Turbine. Hopeful Energy. <http://www.hopefulenergy.com> (Erişim: 15.06.2016)
- Anonim, 2017a.** Sürtünme Tabakası. <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx?> (Erişim: 10.12.2017)
- Anonim, 2017b.** Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmî Web Sitesi <https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx> (Erişim: 26.09.2017)

- Anonim, 2019a.** Elektrik. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik> – (Erişim:15.11.2019).
- Anonim, 2019b.** Rüzgâr kelime kökeni. Etimoloji Türkçe. <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/r%C3%BCzg%C3%A2r> - (Erişim: 13.11.2019).
- Anonim, 2019c.** Rüzgâr Çeşitleri. Bilgicik.com-Türkiye'nin Eğitim Ağı. <https://www.bilgicik.com/yazi/ruzgar-cesitleri/> (Erişim :4.1.2020).
- Anonim, 2019d.** Wind Induced Circulation - Ekman theory. Ocean currents. <http://www.personal.kent.edu/~mkeatts/Images/Fig9-3.htm>-(Erişim Tarihi: 13.11.2019).
- Anonim, 2019e.** IEC wind class. LM Wind Power. <https://www.lmwindpower.com/en/stories-and-press/stories/learn-about-wind/what-is-a-wind-class> - (Erişim: 15.11.2019).
- Anonim, 2019f.** History of U.S. wind energy. Energy Efficiency Renewable Energy. <https://www.energy.gov/eere/wind/history-us-wind-energy> - (Erişim: 15.11.2019).
- Anonim, 2019g.** Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu- Temmuz 2019. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. <https://www.tureb.com.tr/turebsayfa/duyurular/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-temmuz-2019/> - (Erişim: 14.11.2019).
- Anonim, 2020a.** Tarımsal ve kırsal kalkınmayı destekleme kurumu <https://tkdk.gov.tr/AltTedbir/yenilenebilir-enerji-yatirimlari-16> (Erişim:04.1.2020).
- Anonim, 2020b.** T.C. İçişleri Bakanlığı Resmî Web Sitesi <https://www.icisleri.gov.tr/valilikler> (Erişim :28.02.2020)
- Avcıoğlu A. O., 2017.** Yenilenebilir enerji kaynakları ve teknolojileri. Ders Notları. <https://docplayer.biz.tr/61424474-Yenilenebilir-enerji-kaynaklari-ve-teknolojileri-dersi-6.html> (Erişim: 18.01.2020).
- Aydın, İ.,2005.** Rüzgâr nedir?, Rüzgâr enerjisi-rüzgâr türbinleri. Ekstremler. <https://ekstremler.com/bilim/ruzgar-nedir-ruzgar-enerjisi-ruzgar-turbinleri/> (Erişim:14.11.2019).
- Behçet, R., Gül, H., Oral, H., Oral, F., 2014.** Rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından Malatya ilinin Doğu Anadolu Bölgesindeki yeri. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 3 (1).65-37.
- Bektaş, A., 2013.** Binalarda rüzgâr enerjisi kullanımının farklı bölgeler açısından değerlendirilmesine yönelik bir çalışma: Toki Tarımköy Projesi örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı. <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/8151/1/13952.pdf>–(Erişim:23.12.2015).
- Benalcazar, P., Krawczyk, M., Kaminski, J., 2017.** Forecasting global coal consumption: An artificial neural network approach. *gospodarka surowcami mineralnymi – mineral. Resources Management* 33 (4): 29-44.
- Burton, T., Jenkins, N., Shearpe, d., Bossanyi, E., 2011.** Wind energy handbook. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=dip2LwCRCscC&oi=fnd&pg=PT16&dq=r%C3%BCzgar+%&ots=IdFDYtKtG8&sig=lxbTwdvvhJ4O2EU-Sgk4R2kRup8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=dip2LwCRCscC&oi=fnd&pg=PT16&dq=r%C3%BCzgar+%&ots=IdFDYtKtG8&sig=lxbTwdvvhJ4O2EU-Sgk4R2kRup8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) – (Erişim: 01.02.2020).

- Çalışkan, M., 2011.** Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli ve mevcut yatırımlar. Rüzgâr Enerjisi ve Santralleri Semineri. Rahmi Koç Müzesi Konferans Salonu – İstanbul (27 Mayıs 2011).
- Çetin, N. S., Çelik, H., Başaran, K., 2011.** Rüzgâr türbinlerinde Kapasite Faktörü ve türbin sınıf ilişkisi. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ Turkey.
- Eken, M., Ceylan, A., Taştekin, T.a., Şahin, H., Şensoy, S. 2019.** Klimatoloji-II. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları Ankara Sayfa:95-109
- Elibüyük, U., Üçgül, İ., 2014.** Rüzgâr türbinleri, çeşitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yekarum e-Dergi* 2 (3): 1-14.
- Erişik, E., 2014.** Üç kanatlı rüzgâr türbini tasarımı ve kanat yapısının incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü. [https://www.academia.edu/12732699/%C3%9Cc\\_Kanatli\\_Ruzgar\\_Turbini\\_Tasarim\\_ve\\_Kanat\\_Yapisinin\\_incelenmesi](https://www.academia.edu/12732699/%C3%9Cc_Kanatli_Ruzgar_Turbini_Tasarim_ve_Kanat_Yapisinin_incelenmesi) – (Erişim:15.11.2019).
- Gencel, H., Tarhan, İ., 2019.** Rüzgâr Enerjisinin Önemli Geçiş Yerlerinden Olan Çanakkale Bölgesindeki Bazı Rüzgâr Enerji Santralleri için Kapasite Faktörü İncelemesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 2019:5,1, Sayfa:120-139
- Güler, Ö., 2005.** Dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi. TMMOB Türkiye V. Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı 209-2015. [http://www.emo.org.tr/etkinlikler/enerji/etkinlik\\_bildirileri\\_detay.php?etkinlikkod=3&bilkod=51](http://www.emo.org.tr/etkinlikler/enerji/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=3&bilkod=51) - (Erişim: 18.01.2020).
- Gültutan, S., 2013.** Rüzgâr Enerjisi ve Gaziantep Koşullarında (500 kW Altı) Evsel İhtiyaçları Giderecek Rüzgâr Türbin Tasarımı. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği* ISSN1302-2415 Sayfa:51-55
- Güner, İ., Koca, H., 1999.** Bodrum’un Rüzgâr gücü potansiyeli ve bundan yararlanma olanaklarının araştırılması. *Türk Coğrafya Dergisi* 34: 73-98.
- Hayli, S., 2001.** Rüzgâr enerjisinin önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki durumu. Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11 (1): 1-26.
- Hong, L., Möller, B., 2011.** Offshore wind energy potential in China: Under technical, spatial and economic constraints. *Energy* 36(7): 4482-4491. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.071>
- İlkılıç, C., 2003.** Rüzgâr enerjisi ve kullanımı. Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü – ELAZIĞ Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları 4.
- İlkılıç, C., Aydın, H., Behçet, R., 2010.** The current status of wind energy in Turkey and in the World. *Energy Policy* 39 (2): 961-967. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.021>
- Kapluhan, E., 2017.** Rüzgâr enerjisi kullanımlarına bir örnek: Sincik (Adıyaman) rüzgâr enerji santrali. *Uluslararası Sosyal Araştırma Dergisi* 10 (50): 305-322.
- Keleş, D., Ayhan, V., Parlak, A., Cesur, İ., Boru, B., Koç, T., 2013.** Bir rüzgâr türbini tasarımı ve geliştirilmesi. *SAÜ Fen Bil. Der.* 17 (2): 207-216.

- Koç, E., Şenel, M. C., 2011.** Rüzgâr türbin teknolojisi ve rüzgâr türbini güç iletim elemanlarının teorik analizi. VI Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 21-22 Ekim 2011, Kayseri.
- Koç, E., Şenel, M.C., 2013.** Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme. *Mühendis ve Makine* 54 (639): 32-44.
- Lange, B., Waldl, H.P., Barthelmie, R., Guerrero, A. G., Heinemann, D., 2003.** Modelling of offshore wind turbine wakes with the wind farm program FLaP. *Wind Energy* 6 (1): 87-104. DOI: 10.1002/we.84.
- Lu X., McElroy M.B., Kiviluoma J., 2009.** Global potential for wind-generated electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (27): 10933-8. DOI:10.1073/pnas.0904101106.
- Malkoç, Y.,2015.** Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli ve enerji profilimizdeki yeri. EİE İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Ankara. <http://www.solar-academy.com/menus/Turkish-Wind-Data.023202.pdf> (Erişim:13.11.2019).
- Nişancı, R., Yıldırım, V., Özçelik, A.E., 2010.** Rüzgâr enerjisi üretim alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi: Trabzon ili örneği. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 – 13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli.
- Nurbay, N., Çınar, A., 2005.** Rüzgâr türbinlerinin çeşitleri ve birbirleriyle karşılaştırılması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu [http://www.emo.org.tr/ekler/4986d86a17424ee\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/4986d86a17424ee_ek.pdf)- (Erişim:15.11.2019).
- Oliver, J.E., 2004.** Encyclopedia of world climatology. Springer, Dordrecht, The Netherlands. <https://books.google.com.tr/books?id=-mwbAsxpRr0C&printsec=frontcover&hl=tr#v=onepage&q&f=false> – (Erişim: 01.02.2020).
- Özdamar, A., 2000.** Dünya ve Türkiye’de rüzgâr enerjisinden yararlanılması üzerine bir araştırma. *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 6 (2-3): 133-145.
- Özgener, Ö., 2002.** Türkiye’de ve Dünyada rüzgâr enerjisi kullanımı. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 4 (3): 159-173.
- Özşahin, E., Kaymaz, Ç.K., 2013.** Rüzgâr enerji santrallerinin (RES) yapımı yer seçimi üzerine bir CBS analizi: *Hatay örneği TUBAV Bilim Dergisi* 6 (2): 1-18.
- Potuk, K., B., 2015.** Rüzgâr türbini kanat tasarımı ve analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü. [http://ansys.deu.edu.tr/wp-content/uploads/cmdm/742/1450969066\\_ruzgar\\_turbini\\_kanat\\_tasarimi\\_ve\\_analizi.pdf](http://ansys.deu.edu.tr/wp-content/uploads/cmdm/742/1450969066_ruzgar_turbini_kanat_tasarimi_ve_analizi.pdf) -(Erişim Tarihi: 15.09.2018).
- Quaschnig, V., 2010,** Erneuerbare energien und klimaschutz. Carl Hanser Verlag, Munich.
- Schaeffer, M.S.,Lloyd, B.,Stephenson, J.R., 2011.** The suitability of a feed-in tariff for wind energy in New Zealand -A study based on stake holders’ perspectives. *Energy Policy* 43 (2012): 80–91.
- Shepherd C, 1990.** Historical development of the windmill. NASA Contractor Report 4337 DOE/NASA/5266-1.

- Soğukpınar, H., Bozkurt, İ., Baran, M.F, Türkmen, H., Pala, M., Engin, K.E., Kaya, A.İ., 2015.** Micro-turbine design, production and testing. *International Journal of Engineering Technologies* 1 (4): 141-145.
- Sozzi, R., Favaron, M., 1998.** Method for estimation of surface roughness and similarity function of wind speed vertical profile. *Journal of Applied Meteorology* 37: 461-469.
- Swofford, J., Slattey, M., 2009.** Public attitudes of wind energy in Texas: Local communities in close proximity to wind farms and their effect on decision-making. *Energy policy* 38 (5): 2508-2519. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.046>.
- Şenel, M.C., Koç, E. 2015.** Dünyada ve Türkiye’de rüzgâr enerjisi durumu-genel değerlendirme, *Mühendis ve Makine* 56 (663): 46-56.
- Türksoy, F.,2001.** Rüzgâr verisi ölçüm ve analizi. Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu (5-7 Nisan) Bildiri Kitabı:87-103.
- Unes, F, Kasal, D., Taşar, B., 2019.** Meteorolojik ölçüm verilerini kullanarak Mamdani-Bulanık Mantık yöntemi ile rüzgâr hızının tahmini. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2 (1): 97-104.
- Yağcı, E., 2013.** Rüzgâr hızı yükseltmelerinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması ve hata analizleri. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/12794/1/301101049.pdf> (Erişim: 17.02.2020)



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Roza Gül BENCUYA İPEKÇİOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir, 31.07.1985  
Yabancı Dil : FRANSIZCA ve İNGİLİZCE

Eğitim Durumu  
Lise : Özel İzmir Türk Koleji Fen Lisesi, 2004

Lisans : Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 2011

İletişim (e-posta) : rozagulbencuya@gmail.com

Yayımları :  
**Bencuya İpekçioğlu, R.G., Vardar, A., 2017.** Turkey's 2017 Actual Wind Energy Appearance, *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University* 31(2): 177-181.