



**ERZURUM VE ÇEVRESİNİN ASTRONOMİ
GÖZLEMLERİ AÇISINDAN ATMOSFERİK
ÖZELLİKLERİ**

Funda YÜZLÜKOĞLU

**Yüksek Lisans Tezi
Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı
Doç. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK
2017
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM VE ÇEVRESİNİN ASTRONOMİ GÖZLEMLERİ
AÇISINDAN ATMOSFERİK ÖZELLİKLERİ**

Funda YÜZLÜKOĞLU

ASTRONOMİ VE ASTROFİZİK ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2017**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ERZURUM VE ÇEVRESİNİN ASTRONOMİ GÖZLEMLERİ AÇISINDAN
ATMOSFERİK ÖZELLİKLERİ

Doç.Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK danışmanlığında, Funda YÜZLÜKOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma, 08/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu (..../....)~~ ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

İmza:

Üye: Yrd.Doç.Dr. Mehtap ÖZBEY ARABACI

İmza:

Üye: Prof.Dr. İbrahim KÜÇÜK

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu, 22/06/2017 tarih ve 25/52 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Kalkınma Bakanlığı destekli Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Projesi (2011K120230) ve TÜBİTAK Projesi (115F032) kapsamında desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM VE ÇEVRESİNİN ASTRONOMİ GÖZLEMLERİ AÇISINDAN ATMOSFERİK ÖZELLİKLERİ

Funda YÜZLÜKOĞLU

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK

Bu çalışma ile Türkiye'nin en büyük çaplı (4 m) optik ve kırmızı öte bölgede gözlem yapacak teleskobunun kurulacağı, Erzurum ve çevresinin astronomik gözlemler açısından atmosferik özellikleri incelenmiştir. Atmosferik özellikler, bütün gözlemevlerinin geçmiş ve ileriye dönük atmosfer ve gözlem kalitesini belirlemek için kullanılan en önemli faktörlerden birisidir. Atmosferik çalışmalar, özellikle büyük çaplı teleskoba sahip gözlemevlerinin hem gözlem planlaması yapabilmesi ve adaptif optik sistemine sürekli veri sağlaması hem de gerektiğinde sistemin atmosferik etkilerden daha az etkilenmesi için önemli bir çalışmadır. Bu çalışmada, Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) yerleşkesi olarak seçilen Konaklı - Karakaya Tepeleri ile benzer rakıma sahip Palandöken Dağı Ejder Tepesi atmosferik verileri incelenmiş ve bölgenin atmosferik özellikleri astronomik açıdan değerlendirilmiştir.

2017, 96 sayfa

Anahtar Kelimeler: Atmosferik Özellikler, Sıcaklık, Açık Gün Sayısı, Nem, Rüzgâr Yönü, Rüzgâr Hızı, Atmosferik Dönüşüm Katmanı, Yer Seçimi, DAG

ABSTRACT

MS Thesis

ATMOSPHERICAL PROPERTIES OF ERZURUM AND ITS ENVIRONMENT FOR ASTRONOMICAL OBSERVATIONS

Funda YÜZLÜKOĞLU

Atatürk University
Science Institute
Department of Astronomy and Astrophysics

Advisor: Assoc.Prof. Cahit YEŞİLYAPRAK

In this study, we have examined all the atmospheric properties of Erzurum and its environments in terms of astronomical observations, where Turkey's biggest telescope (4 m diameter) will be built to make the optical and infrared observations. Atmospheric properties are one of the most important factors to determine the past and future atmospheric characteristics and observation qualities of the observatories. Atmospheric studies are an important work in that observatories with large diameter telescopes can both plan observations and provide continuous data to the adaptive optics system and to be less affected by the atmospheric effects of the system if necessary. In this study, the atmospheric data of Konaklı - Karakaya Hills, which is the similar altitude with Palandöken Mountain - Ejder Hill, which were chosen as the Eastern Anatolian Observatory (DAG) site, were examined and then the atmospheric characteristics of this region were evaluated from the astronomical point of view.

2017, 96 pages

Keywords: Atmospheric Properties, Temperature, Number of Clear Days, Humidity, Wind Direction, Wind Speed, Atmospheric Conversion Layer, Site Selection, DAG

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitime başladığım günden beri danışmanlığımı yapan, yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın, planlanıp yürütülmesinde tecrübe ve bilgileriyle her zaman yanımda olan hocam, Sayın Doç.Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK'a en içten şükranlarımı sunarım. Karakaya Tepelerinde (DAG Yerleşkesi) bulunan meteoroloji aletlerinin genel bakımı, onarımı ve verilerin alınmasına yardımcı olan ATASAM Teknik Ekibi'ne, Meteoroloji verilerini paylaşan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, altyapı ve maddi desteklerinden dolayı ATASAM'a, DAG projesine, Türkiye Çevre Koruma Vakfı'na ve TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca her zaman yanımda olan, maddi manevi desteklerini ve en önemlisi sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Funda YÜZLÜKOĞLU

Haziran, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	8
2.1. Dünya Atmosferi	8
2.1.1. Atmosferde Enerji İletimi.....	10
2.1.1.a. Radyasyon (Işınım).....	10
2.1.1.b. Kondüksiyon (İletim)	10
2.1.1.c. Konveksiyon (Taşınım)	11
2.2. Atmosfer Elemanları	11
2.2.1. Sıcaklık (T).....	11
2.2.2. Basınç (P)	12
2.2.3. Rüzgâr (W)	13
2.2.4. Nem (H).....	14
2.2.5. Güneş ışıınımı (E).....	15
2.2.6. Yağış.....	15
2.2.7. Bulutluluk (C).....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	27
4.1. Atmosferik Dönüşüm Katmanı	27
4.2. Bulutluluk.....	29
4.3. Sıcaklık.....	37
4.4. Rüzgar	44

4.5. Nem	58
5. SONUÇ	67
KAYNAKLAR	69
EKLER	72
EK 1.	71
EK 2.	74
EK 3.	78
EK 4.	87
EK 5.	89
EK 6.	92
ÖZGEÇMİŞ	96

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat Derece
σ	Standart Sapma
ΔT	Sıcaklık farkı
Atm	Atmosfer basıncı
D	Çiğ Sıcaklığı
E	Güneş Işınımı
h	Yükseklik
H	Nem
H _{min}	Minimum nem
H _{ort}	Ortalama nem
N	Veri Sayısı
mb	Milibar
mmHg	Milimetre Civa
T	Sıcaklık
t	Zaman
T _{mak}	Maksimum sıcaklık
T _{med}	Ortanca sıcaklık
T _{min}	Minimum sıcaklık
T _{ort}	Ortalama sıcaklık
V	Hız
V _{mak}	Maksimum hız
V _{med.}	Ortanca hız
V _{ort}	Ortalama hız
W	Watt

Kısaltmalar

AW	AWOS (Automated Weather Observing System)
ADK	Atmosferik Dönüşüm Katmanı
ATASAM	Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi

AÜKR	Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi
C	Sinoptik (Bulutluluk)
ÇAAM	Çanakkale Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi
DAG	Doğu Anadolu Gözlemevi
DS	DAVIS
DIMM	Differential Image Motion Monitor
EGE	Ege Üniversitesi
EJD	Ejder Tepesi (Palandöken Dağı)
ESR	En Sık Rastlanan
ESRY	En Sık Rastlanan Yön
GMT	Greenwich Ortalama Zamanı
İNÜ	İnönü Üniversitesi
KON	Konaklı - Karakaya Tepeleri
LT	Yerel Zaman
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
PWV	Precipitable Water Vapor (Yoğuşabilir Su Buharı)
RH	Rüzgâr Hızı
RS	Radyosonda
RY	Rüzgâr Yönü
TUG	TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Atmosferik geçirgenlik	3
Şekil 1.2. Türkiye’de bulutluluk dağılım haritası.....	4
Şekil 1.3. Türkiye’de yoğuşabilir su buharı (PWV) dağılım haritası.....	5
Şekil 1.4. Türkiye’de rüzgar hızı dağılım haritası.....	6
Şekil 2.1. Sıcaklığa göre atmosfer tabakalarındaki değişim	9
Şekil 3.1. MGM’nin RS rasatlarında kullanılan balon sistemi.	18
Şekil 3.2. DAVIS Meteoroloji istasyonu	20
Şekil 3.3. DAVIS Meteoroloji istasyonu kontrol konsolu.....	20
Şekil 3.4. DAG yerleşkesi Karakaya Tepeleri ve DIMM kulesi	21
Şekil 3.5. DIMM kulesindeki AWOS meteoroloji istasyonu.	21
Şekil 4.1. ADK için RS’den nem (H) - yükseklik (h) değişimi (27.02.2015).....	27
Şekil 4.2. ADK için RS’den nem (H) – yükseklik (h) değişimi (23.03.2014).....	28
Şekil 4.3. 2015 yılı EJD’de DS’den Güneş ışıınımı değişim grafiği	32
Şekil 4.4. 2015 - Ocak için EJD’de DS’den alınan Güneş ışıınımı değişim grafiği.....	32
Şekil 4.5. 2015 - Nisan EJD’de DS’den alınan Güneş ışıınımı değişim grafiği	33
Şekil 4.6. 2015 - Ağustos EJD’de DS’den alınan Güneş ışıınımı değişim grafiği	33
Şekil 4.7. 2015 - Eylül EJD’de DS’den alınan Güneş ışıınımı değişimi grafiği.....	34
Şekil 4.8. EJD için DS’den sıcaklık (T), çiğ sıcaklığı (D) ve nem (H) arasındaki ilişki	36
Şekil 4.9. EJD için DS’den sıcaklık (T), çiğ sıcaklığı (D) ve nem (H) arasındaki ilişki	36
Şekil 4.10. KON ve EJD’de farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) sıcaklık değişimi.....	37
Şekil 4.11. KON ve EJD’de farklı aygıtlardan (AW, DS) rüzgâr hızı değişimi.....	46
Şekil 4.12. EJD’de DS ile 2008 - 2011 yılları arası rüzgâr yönü sıklığı	51
Şekil 4.13. EJD’de DS ile 2012 – 2016 yılları arası rüzgâr yönü sıklığı.....	51
Şekil 4.14. EJD’de DS’den alınan 2008 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği.....	52
Şekil 4.15. EJD’de DS’den alınan 2009 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği.....	53
Şekil 4.16. EJD’de DS’den alınan 2010 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği.....	53
Şekil 4.17. EJD’de DS’den alınan 2011 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği.....	54
Şekil 4.18. EJD’de DS’den alınan 2012 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği.....	54

Şekil 4.19. EJD’de DS’den alınan 2013 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği	55
Şekil 4.20. EJD’de DS’den alınan 2014 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği	55
Şekil 4.21. EJD’de DS’den alınan 2015 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği	56
Şekil 4.22. EJD’de DS’den alınan 2016 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği	56
Şekil 4.23. Türkiye’nin rüzgar hızı dağılım haritası	57
Şekil 4.24. KON, EJD ve ERZ’da farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) nem değişimi (2012)	59
Şekil 4.25. KON, EJD ve ERZ’da farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) nem değişimi (2016)	59
Şekil 4.26. 2016 yılı EJD’deki DS için nem kalibrasyon bağıntısı	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’deki gözlemevi yerleşkelerine ait MCDA sonuçları.....	7
Çizelge 3. 1. Teleskop veya atmosferik aygıtlar bulunan yerleşkelere ait aygıtlar.....	15
Çizelge 3.2. Meteoroloji istasyonlarının kurulduğu bölgelere ait konum bilgileri.....	19
Çizelge 3.3. DAVIS meteoroloji istasyonu örnek verisi.	22
Çizelge 3.4. MGM Radyosonda örnek verisi.....	22
Çizelge 3.5. AWOS meteoroloji istasyonu örnek verisi.....	22
Çizelge 3.6. Meteoroloji istasyonlarında kullanılan başlıkların anlamları	23
Çizelge 3.7. Mevsimlere karşılık gelen aylar.....	25
Çizelge 3.8. Varsayılan bulutluluk aralıkları	25
Çizelge 3.9. Rüzgâr yönlerine karşılık gelen açı değerleri	26
Çizelge 4.1. 2008 – 2016 yılları için gece ve gündüz ortalama ADK değerleri.....	29
Çizelge 4.2. MGM’den C verileriyle elde edilen açık, bulutlu ve kapalı gün sayıları ...	31
Çizelge 4.3. EJD’den DS ile Güneş ışıınım verilerinden gündüz bulutluluk bilgileri.....	35
Çizelge 4.4. Dünya’daki bazı Gözlemevlerine ait ortalama açık gece sayıları	37
Çizelge 4.5. KON’da AW ile sıcaklık (T) bilgileri.....	38
Çizelge 4.6. EJD’de DS’den sıcaklık bilgileri.	39
Çizelge 4.7. KON’da AW’dan alınan maksimum sıcaklık fark bilgileri.....	42
Çizelge 4.8. EJD’de DS’den alınan maksimum sıcaklık fark bilgileri	43
Çizelge 4.9. KON’da AW rüzgâr (W) bilgileri	45
Çizelge 4.10. KON ve EJD’de aynı anda ölçülmüş (AW ve DS) ortalama ve maksimum rüzgâr değerleri	47
Çizelge 4.11. EJD’de 2008 - 2016 yılları arası DS rüzgâr bilgileri.....	48
Çizelge 4.12. EJD’de 2008 – 2016 yıllarına ait ortalama rüzgâr bilgileri	50
Çizelge 4.13. Dünya’daki bazı gözlemevlerine ait ortalama rüzgâr hızı bilgileri	57
Çizelge 4.14. 2008 - 2016 yıllarına ait KON ve EJD için farklı aletlerden (DS, AW, RS) alınan nem oranlarına göre astronomik gözlem yapılabilir gün ve gece sayıları	61
Çizelge 4.15. KON ve EJD’de farklı aygıtlarla ölçülmüş en düşük nem değerleri	64

1. GİRİŞ

Astronomi ve Astrofizik, evrendeki yıldızlar, gezegenler, galaksiler, bulutsular ve diğer tüm gök cisimlerinin evrimsel süreçlerini açıklamak için fizik, matematik ve kimya gibi temel bilim kanunlarını kullanan bir bilim dalıdır.

Astronomi ve Astrofizik için elektromanyetik bir dalga olan ışığın tayfı ve dalgaboyu çok önemlidir çünkü veri kaynağı, gökcisimlerinden gelen ışınlardır. Bu nedenle gözlemlerde gökcisimlerinden gelen ışığın kalitesi iyi olmalıdır. Gözlenen cisimden gelen ışık çıktığı kaynağın bulunduğu ortamdan kaydedilmesine kadar geçen sürede gerek farklı özelliklere sahip yıldızlararası ortamdan gerekse atmosferin farklı tabakalarından geçerek bize ulaşır. Gökcisimlerinden gelen ışığı etkileyen birçok olay vardır: Kırılma, yansıma, soğurma, saçılma, kırınım, kaynağın hareketli olmasından kaynaklanan dalgaboyu değişimi, polarizasyon gibi. Işığı etkileyen bu olaylardan dolayı atmosferin astronomik gözlemler üzerinde etkisi ve önemi çok fazladır. Farklı kalınlığa, yoğunluğa ve özelliklere sahip atmosfer tabakaları arasındaki sıcaklık farklarından dolayı atmosferik kararsızlık söz konusudur. Bu kararsızlık gelen ışık için büyük bir engeldir. Bu engeli en aza indirmek için atmosfer yoğunluğunun daha az olduğu ve kısmen daha temiz olan yüksek yerlerde gözlemevlerinin kurulması gerekmektedir. Ancak yüksek rakıma sahip bölgelerde ağır iklim koşulları, ulaşım ve altyapı eksiklikleri gibi olumsuzluklar bulunmaktadır. Bu olumsuzluklar, yerleşim yerlerinden uzak ve özellikle 2500 - 3000 m'nin üzerinde daha da ciddi hal almaktadır.

Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG), 3170 m yüksekliğe sahip bir yerleşkede (Erzurum/Konaklı - Karakaya Tepeleri) kurulmakta olup; yükseklik açısından büyük çaplı (+4 m sınıfı ve üstü) teleskopların bulunduğu yerleşkeler arasında, Dünya'nın en yüksek 3. gözlemevi yerleşkesi olma özelliğini taşımaktadır (Yeşilyaprak, 2016). Konaklı - Karakaya Tepeleri'nde (KON), 2013 - 2016 yılları arasında yürütülen çalışmalarla yerleşkenin sağlam ve kalıcı altyapısal ihtiyaçlarının (zemin ve yol ıslahı, jeolojik ve sismik etütler, elektrik ve fiber hatları, radyolink ile internet, su deposu,

geçici servis yapıları, teleferik gibi) yaklaşık %80'i tamamlanmıştır (Yeşilyaprak, 2016).

Büyük çaplı teleskopları barındıran gözlemevleri için yer seçim kriterleri;

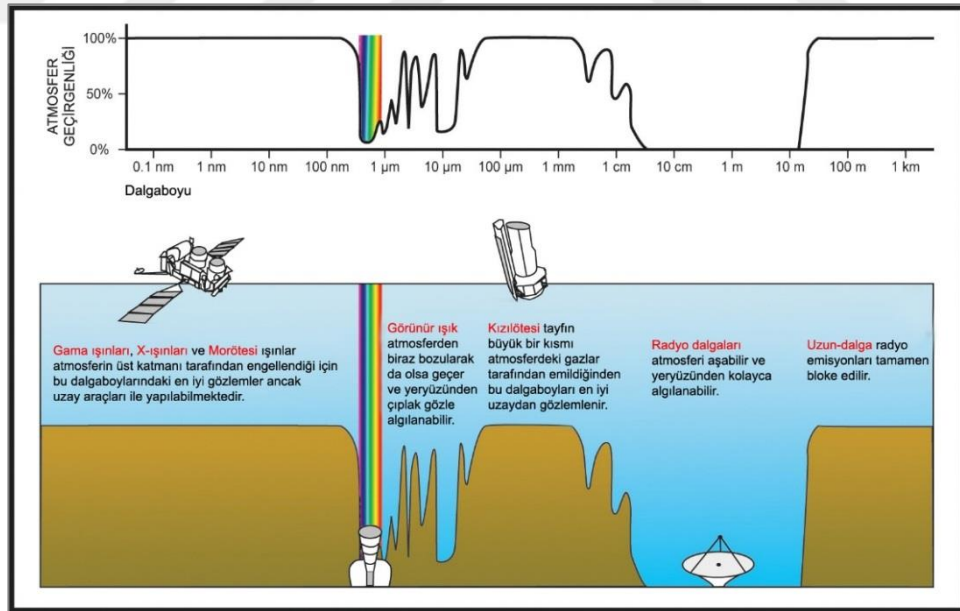
- Açık gece sayısının fazlalığı (>200 gece),
- Işık, ısı, elektromanyetik, toz, duman, yapılaşma kirliliklerinden uzak,
- Uygun rüzgâr hızı (<12 m/s) ve mümkünse kararlı rüzgâr yönü,
- Yüksek rakım (ince ve temiz atmosfer tabakası) (>2000 m),
- Düşük atmosferik sıcaklık ve nem oranı,
- Altyapı, ekipman ve ekip potansiyeli,

şeklinde sıralanabilir. Benzer şekilde, küçük çaplı teleskoplara sahip gözlemevleri için de bu kriterlere göre yer seçimi yapılmaya özen gösterilmektedir. DAG için yer seçimi çalışmaları ilk kez 2007 yılında başlamış olup; 2008 - 2010 yıllarında Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü'nce desteklenen bilimsel araştırma projeleri kapsamında; yukarıda belirtilen kriterler dikkate alınarak gerçekleştirilen atmosferik ve astronomik çalışmalarla yapılmış, elde edilen ön sonuçlar lisansüstü tez konusu olarak da sunulmuştur (Akkuş 2010).

Bir gözlemevinin astronomik gözlem kalitesini, barındırdığı ekipmanların (teleskop ve gözlemsel aygıtlar gibi) yanında atmosferik özellikleri de (açık gece sayısı, astronomik görüş, atmosferik sönümleme katsayısı, rüzgâr hızı, nem oranı ve sıcaklık değişimi gibi) belirler (Aslan vd. 1989). Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü'nce kurulması planlanan DAG için Erzurum ve çevresindeki en uygun yerin Konaklı - Karakaya Tepeleri (3170 m) olduğu, Erzurum ve çevresinin atmosferik özellikleri belirlenerek tespit edilmiştir (Akkuş 2010). DAG'ın yer seçimini destekleyen bir çalışma ise atmosferik uydu verilerinden elde edilmiş bütün Türkiye'nin tarandığı astronomik yer seçimi çalışması olup; Türkiye'de altyapısal, astronomik ve atmosferik açıdan halihazırdaki en uygun yerlerin başında DAG yerleşkesinin olduğu farklı açılardan gösterilmiştir (Aksaker vd. 2015). 2008 yılından itibaren Palandöken Dağı zirvesi 3175 m rakımlı Ejder Tepesi'nde

(EJD) gerekse 2011 yılından itibaren Üniversitemiz yerleşkesindeki ATA50 Teleskobu yakınında (1890 m rakım) ve Konaklı - Karakaya Tepeleri'nde (3170 m) kurulmuş olan farklı türden meteorolojik ekipmanlarla (DAVIS, AWOS, BOLTWOOD gibi) günümüze kadar atmosferik veriler kaydedilmeye çalışılmıştır.

Astronomik açıdan, Dünya'dan yapılan gözlemler için atmosferin gözlemlere uygun pencereler; görünür bölge (visible, VIS), yakın kırmızı ötesi (near infrared, IR) ve radyo (radio, RAD) bölgeleridir. Atmosfer, özellikle kırılma, saçılma ve yansıma ile gelen fotonun elektromanyetik tayfindan büyük bir kısmının yeryüzüne ulaşmasını engeller (Şekil 1.1). Örneğin; radyo dalgaları en fazla geçirgenlik bandına sahiptir fakat çok uzun ve kısa radyo dalgaları atmosfer tarafından engellenir. Görünür ışık atmosferden geçebilir ve insan gözüyle algılanabilir. Kırmızı ötesi tayfın yüksek bir kısmı atmosferdeki gazlar tarafından soğurulsa bile sadece $\sim 1 - 10 \mu\text{m}$ aralığındaki elektromanyetik dalgalar yeryüzünden kısmen gözlenebilir.

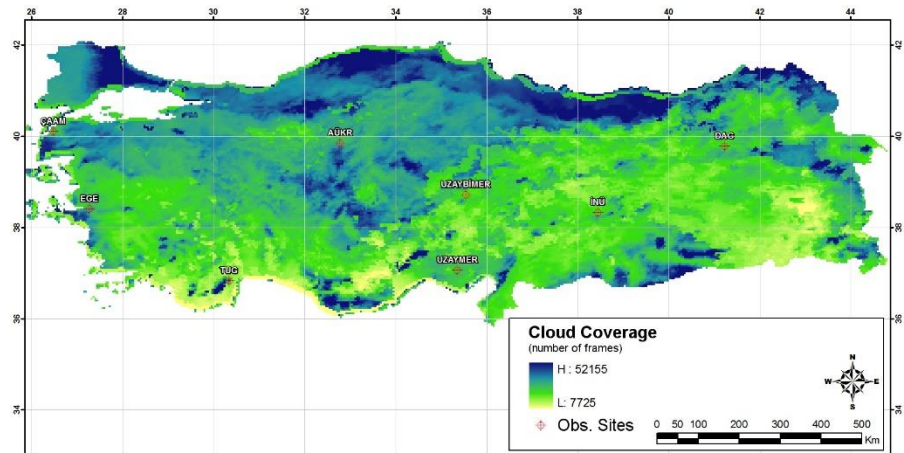


Şekil 1.1. Atmosferik geçirgenlik (Anonim 2017a)

Bu kapsamda; DAG yerleşkesi gerek önceki çalışmalarda (Akkuş 2010; Yeşilyaprak vd. 2008; Yeşilyaprak vd. 2010; Yeşilyaprak vd. 2011; Yüzlükoğlu vd. 2015; Yüzlükoğlu vd. 2016; Aksaker vd. 2015) gerekse bu çalışmada verilen sonuçlarla, yüksek rakım ve

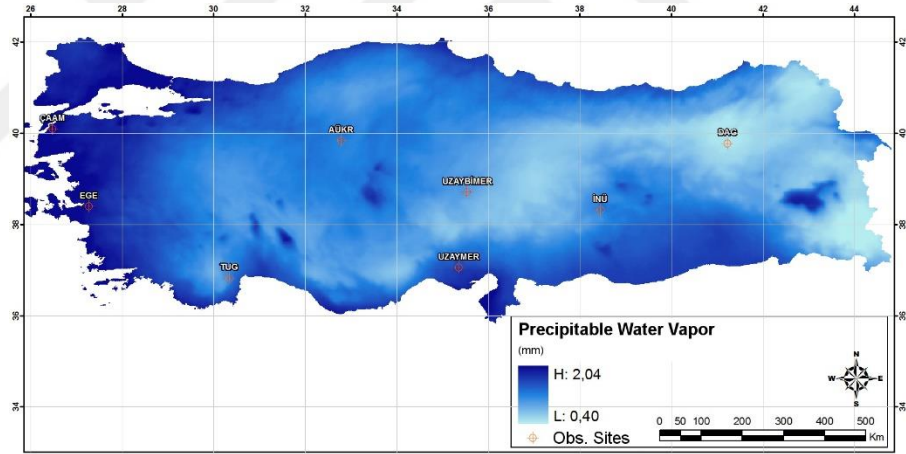
düşük nem oranı nedeniyle kırmızı ötesi gözlemler için Dünya'nın sayılı yerleşkelerinden bir olmaya aday görünmektedir. Bununla birlikte, DAG yerleşkesi olan Karakaya Tepeleri, özellikle açık gece sayısı, düşük nem oranı, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü kararlılığı ile şimdilik ışık kirliliğinden uzak olması ve altyapısal imkânları sebebiyle astronomik açıdan Türkiye'deki en uygun gözlemevi yerleşkesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Özellikle kırmızı ötesine duyarlı bir teleskop için en önemli kriterler teleskobun kurulacağı bölgenin nem ve bulutluluk özellikleridir. Çünkü kırmızı ötesi ışınımın önemli bir kısmı su buharı tarafından soğurulmaktadır. Bulut, gözlemleri olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Bununla birlikte bulut örtüsünün tahmini zordur. Bu sebeple çeşitli yöntemlerle bulutluluk tahminleri yapılmaktadır (Ye vd. 2013). Türkiye'nin bulutluluğunu gösteren bir çalışmadan alınmış harita, Şekil 1.2'de gösterilmiştir (Aksaker vd. 2015). Koyu mavi ile gösterilen bölgeler bulutluluğun en fazla olduğu yerler, yeşil ve sarı tonları ise bulutluluk oranlarının düşük olduğu bölgeleri göstermektedir. Bu haritadaki dağılıma göre, DAG yerleşkesi (Konaklı – Karakaya Tepeleri, 3170 m) yeşil tonlarla gösterilen bulutların yoğun olmadığı bir bölgede yer almaktadır. Bu çalışma, bulutluluk değerlendirmesi açısından DAG'ın seçim kriterlerinden birisi olan bulutluluk anlamında uygun bir yer olduğunu karşılaştırmalı olarak gösteren en önemli sonuçlardan biridir.



Şekil 1.2. Türkiye'de bulutluluk dağılım haritası (Aksaker vd. 2015)

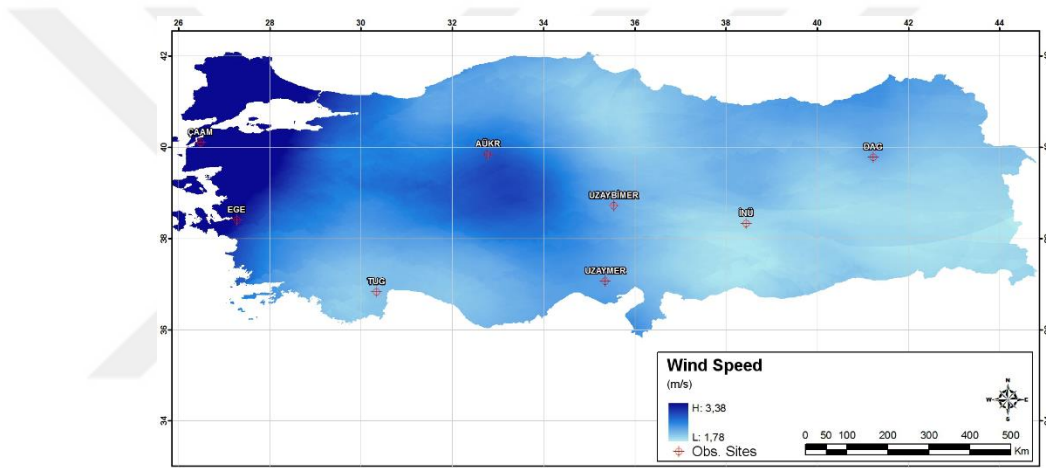
Diğer bir önemli kriter olan nem oranı konusunda da aynı çalışmada bütün Türkiye'yi içeren analizler yapılmıştır (Aksaker vd. 2015). Atmosferik moleküller ve özellikle atmosferdeki su buharı yakın kırmızı ötesi (near infrared, IR) gözlemlerini oldukça etkilemektedir. Atmosferdeki su buharını belirlemenin en temel yöntemi yoğuşabilir su buharının (Precipitable Water Vapor, PWV) belirlenmesidir. Şekil 1.3'de, Aksaker vd.'den (2015) alınmış, Türkiye'ye ait yoğuşabilir su buharı haritası ve üzerinde kurulu olan gözlemevleri gösterilmiştir. DAG yerleşkesinin kurulduğu bölge, yoğuşabilir su buharı (PWV) miktarının en düşük ölçüldüğü yerdir. Bu özelliği ile DAG yerleşkesinin özellikle kırmızı öte gözlemler açısından Türkiye'deki en uygun yerlerden birisi olduğu bu çalışma ile de belirlenmiştir.



Şekil 1.3. Türkiye’de yoğuşabilir su buharı (PWV) dağılım haritası (Aksaker vd. 2015)

Atmosfer; rüzgâr, nem ve en önemlisi kendi tabakaları arasındaki sıcaklık farklarından dolayı yerel kararsızlıklar (türbülans) gösterir. Havanın kırılma indisi sıcaklık faktörü ile değişkenlik göstereceğinden, sürekli değişen hava sıcaklığı gelen ışınların kırılmalarından dolayı gözlem kalitesini bozacaktır. Dünya’nın bilinen en iyi gözlemevleri ısı değişiminin ve türbülansın az olduğu yüksek rakımlı bölgelerdedir. Kuvvetli rüzgârlar havanın soğumasına ve bu sebeple havanın yükselerek türbülansın artmasına sebep olacaktır. Bu şartlarda yapılan gözlem kötü bir görüşe sebep olacaktır.

Kararlı rüzgâr yönüne sahip bölgelerde, atmosfer kararlılığı da olduğundan dolayı bu şartlara sahip yüksek bölgelerde yapılan bir gözlemde atmosferik görüş iyi olacaktır. Şekil 1.4’de ise yine aynı çalışmada Türkiye üzerindeki rüzgar hızı değişimi gösterilmektedir (Aksaker vd. 2015). Rüzgar hızının düşük olduğu bölgeler (açık mavi ile gösterilen) astronomi gözlemleri açısından önem taşımaktadır. DAG yerleşkesi ve Türkiye’de kurulu olan bazı gözlemevi yerleşkeleri şekil üzerinde ayrıca belirtilmiştir. Şekil 1.4’de, rüzgar hızının en düşük ölçüldüğü bölgelerden birisi de DAG yerleşkesi olarak görülmektedir.



Şekil 1.4. Türkiye’de rüzgar hızı dağılım haritası (Aksaker vd. 2015)

Ayrıca Aksaker vd.’nin (2015) yaptığı çalışmada kullanılan Çoklu Kriter Karar Analiz (Multi Criteria Decision Analysis , MCDA) yöntemi ile özellikle gözlemevi kurulacak bölgenin belirlenmesi sürecinde farklı kriterler ve ağırlıklarıyla uygun yerlerin bulunması yönünde analizler de yapılmıştır. Bu yöntemde çeşitli uydu verisi katmanları (kriterler) belirlenmekte ve bu katmanların ağırlıkları değiştirilerek en uygun durum tespit edilmektedir. Aksaker vd.’nin (2015) MCDA yöntemi kullanılarak yapılmış Türkiye genelinde gözlemevi yer belirleme çalışmasının sonuçları, Çizelge1.1’de verilmiştir. Bu çalışmada 6 katman (kriter) belirlenmiştir (Rüzgar hızı, aerosol optik kalınlık, bulutluluk, ışık kirliliği, yoğunlaşabilir su buharı ve yükseklik). MCDA analizi için 3 ayrı durum belirlenmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Durum 1’de tüm katman

ağırlıklarının eşit olduğu; Durum 2’de sadece PWV katmanının olmadığı; Durum 3’de ise eşit ağırlıkla 3 katmanın (yükseklik, bulutluluk ve ışık kirliliği) olduğu durum dikkate alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Bu analiz yönteminde, değerlerin 1,00’e yakın olması istenilen durum olup; en uygun yer anlamına gelmektedir. Dünya’nın hiçbir yerinde bu değer, 1,00 değildir. Türkiye’deki en yüksek değer 0,85’dir ve Van bölgesidir (Aksaker vd. 2015). Türkiye’deki gözlemevi yerleşkeleri arasında tespit edilmiş en iyi değerler DAG yerleşkesine aittir.

Çizelge 1.1. Türkiye’deki gözlemevi yerleşkelerine ait MCDA sonuçları

Gözlemevi Yerleşkeleri	Boylam (°N)	Enlem (°E)	Yükseklik (m)	Durum 1	Durum 2	Durum 3
ÇAAM Çanakkale	26,48	40,10	373	0,40	0,42	0,53
EGE İzmir	27,27	38,40	622	0,44	0,46	0,43
TUG Antalya	30,34	36,82	2436	0,69	0,69	0,62
AÜKR Ankara	32,78	39,84	1254	0,47	0,44	0,31
UZAYBİMER Kayseri	35,55	38,71	1094	0,54	0,51	0,35
İNÜ Malatya	38,44	38,32	1021	0,59	0,57	0,42
DAG Erzurum	41,23	39,78	3170	<u>0,78</u>	<u>0,74</u>	<u>0,76</u>

Bu tez çalışmasında, DAG yerleşkesinin astronomik açıdan atmosferik özelliklerinin ortaya çıkarılması ve seçilen yerleşkenin uygunluğu ile atmosferik kalitesinin ortaya konulması amaçlanmıştır. DAG yerleşkesinin coğrafik, atmosferik ve astronomik özellikleri açısından kalitesi ve özellikle de yakın kırmızı ötede gözlem yapılabilen Dünya’daki sayılı gözlemevi yerleşkelerinden birisi olabileceği gösterilecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Dünya Atmosferi

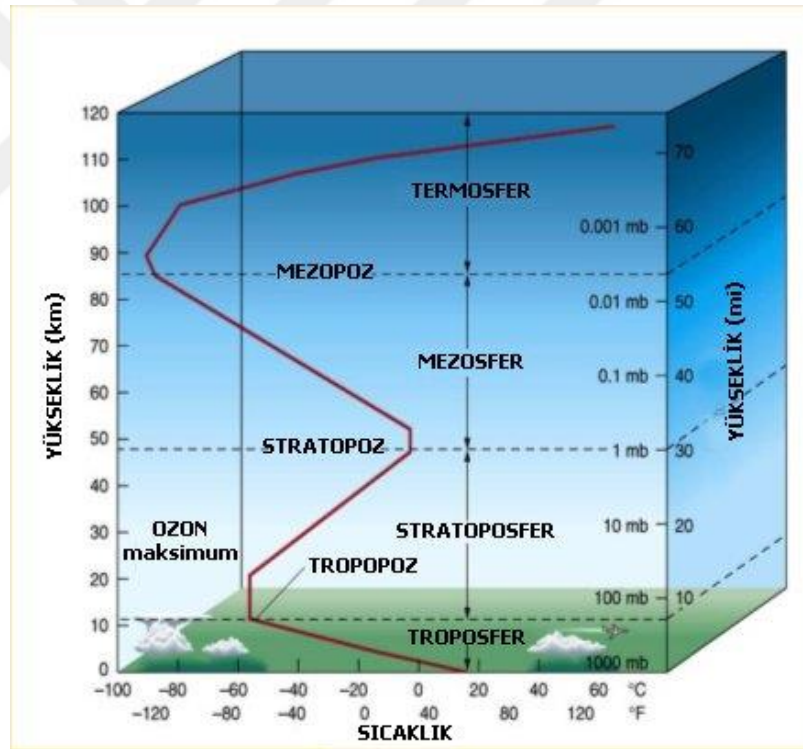
Atmosfer, yer kürenin etrafını saran su buharı, buz kristalleri ve toz tanecikleri gibi sıvı ve katı tanecikleri içeren farklı gaz karışımından oluşan bir örtüdür. Yer çekimi sayesinde tutulan atmosfer, renksiz, kokusuz, akışkan, sonsuz genişlemeye sahip ve ısı geçirgenliği zayıf bir yapıya sahiptir.

Atmosfer Güneş'ten gelen enerjinin çok hızlı bir şekilde uzaya geri dönmesini önler ve canlılar için yaşamsal önem taşır. Atmosferimiz enerjisini, Güneş'ten almaktadır. Bu enerji transferinin büyük bir kısmı yer yüzeyinin atmosferle enerji ve su buharı değişimi yapıldığı atmosferin alt tabakalarında (Troposfer - Stratosfer) meydana gelir.

Sıcaklığa bağlı olarak değişen Dünya atmosferinin katmanları, Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Sıcaklığın hızlı ve düzgün şekilde yükseklikle azaldığı ve yeryüzünden ~10 - 16 km yüksekliğe kadar uzanan atmosferin ilk tabakası Troposfer'dir. Bu katmanda yer yüzeyini etkileyen ve atmosferde oluşan hava olayları meydana gelir. Troposferin üzerinde ise sıcaklığın yükseklik ile arttığı Stratosfer tabakası yer alır. Bu tabaka ortalama 50 - 60 km yüksekliğe ulaşır ve ortalama sıcaklığı 0°C'ye yakındır. Bu tabakada ozon ve çok az miktarda su buharı bulunmaktadır. Ozon tabakasının önemli iki işlevi; yeryüzündeki temel ısı dengesini korumak ve zararlı UV radyasyonunun yeryüzüne ulaşmasını engellemektir. Stratosfer tabakasının üzerinde ~80 - 90 km yüksekliğe ulaşan, sıcaklığın Troposferde olduğu gibi yükseklikle azaldığı tabaka, Mezosfer, bulunmaktadır. Atmosferde Mezosferden yukarı doğru çıkıldıkça, Güneş'ten gelen yüksek enerjili taneciklere daha çok maruz kalınır. Bu etkileşim, molekülleri parçalara ayırarak iyonları meydana getirir. Bu nedenle bu tabaka İyonosfer olarak da isimlendirilir. Mezosfer tabakasının hemen üzerinde yerden ~100 - 200 km'ler arasında Termosfer tabakası bulunmaktadır. Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınlar bu tabakada emildiğinden dolayı; sıcaklık hızla artmakta ve ~1000 - 1500°K civarına kadar

çıkılmaktadır (Anonim 2017b). Yer yüzeyinden yaklaşık 500 km yükseklikte atmosferin en dış kısmını oluşturan ve kabaca 10,000 km yüksekliğe ulaşan Ekzosfer tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka, Dünya atmosferi ile uzay arasındaki geçiş bölgesidir.

Hava, atmosferin belirli bir konum ve zamandaki durumudur ve Güneş'in Dünya üzerindeki etkisini yansıtır. Mevcut hava koşulları; sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, bağıl nem, basınç, bulutluluk ve yağış şeklinde günlük olarak rapor edilir. Günlük gözlem aktiviteleri ve planları için bu hava bilgileri büyük önem taşır. Gözlem gecesi havanın bulutluluk bilgisine, nem, rüzgâr hızı değerlerine bakılarak, gözlemin yapılıp yapılamayacağına karar verilir.



Şekil 2.1. Sıcaklığa göre atmosfer tabakalarındaki değişim (Anonim 2016a)

2.1.1. Atmosferde Enerji İletimi

Güneş'ten gelen enerji, uzayı ve atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Bu enerji ile atmosfer ve yeryüzü aydınlanır ve ısınır. Sıcaklık değişimlerinin esas sebebi enerji iletimleridir. Enerji iletimi atmosferde; Radyasyon (Işınım), Kondüksiyon (İletim) ve Konveksiyon (Taşınım) yöntemleriyle gerçekleşir.

2.1.1.a. Radyasyon (Işınım)

Enerji, fiziksel bir ortam olmaksızın (uzayda boşluk boyunca) elektromanyetik dalgalar yardımıyla yayılarak geçer. Tüm cisimler yüksek sıcaklıklarda elektromanyetik dalgalar şeklinde enerjiyi hem yayar hem de yutarlar. Işınım Güneş enerjisinin Dünya'ya ulaşmasını sağlar. Güneş'ten gelen ışıının bir cisme çarptığında aşağıdaki üç farklı olay aynı anda meydana gelebilir: i) Enerjinin bir kısmı soğurulabilir, ii) Enerji sadece iletilebilir, iii) Cisme çarpıp geri yansiyabilir. Elektromanyetik dalgalar ile gerçekleşen bu enerji transferi;

$$Q = h_r A_s (T_s - T_\infty)$$

denklemleri ile verilmektedir. h_r : ısı ışıının katsayısı, A_s : yüzey alanı, T_s : yüzey sıcaklığı ve T_∞ : akışkanın sıcaklığı

2.1.1.b. Kondüksiyon (İletim)

Farklı sıcaklıklara sahip iki molekül arasında temas yoluyla ısının yüksek olduğu kütleden düşük olan kütleye iletimidir. İletim ile enerji transferi miktarı iki kütle arasındaki sıcaklık farkına ve ısı iletkenliğine bağlıdır. Maddenin ısı iletkenliği, ısı iletim yeteneği olarak tanımlanır. Sıcaklık farkının yüksek olması ısı iletkenliği artırır ve buda iletimin daha hızlı gerçekleşeceğini gösterir. En iyi iletkenler metallerdir. İletim;

$$Q = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

denklemleri ile verilmektedir. Bu denklemlerde k : ısı iletim katsayısı ($\text{W/m}^2\text{°C}$), ΔT : sıcaklık değişimi (°C) ve Δx : konumdaki değişimi (m) ifade eder.

2.1.1.c. Konveksiyon (Taşınım)

Sıcak yer yüzeyi ile temas eden hava moleküllerine olan enerji transferi ile ısınan hava katmanı yükselir ve soğuk hava, bu yükselen sıcak hava ile yer değiştirmek ister. Böylece düşey olarak yüzeyden yukarıya doğru bir ısı transferi meydana gelir. Bu enerji transferi konveksiyon olarak tanımlanır. Konveksiyon ile hava atmosferin üst katmanlarına taşınır.

Taşınım;

$$Q = h(T_s - T_\infty)$$

denklemleri ile tanımlanır. Bu denklemlerde h : ısı taşınım katsayısı ($\text{W/m}^2\text{°C}$), T_s : yüzey sıcaklığı ve T_∞ : akışkanın sıcaklığı'dır.

Özellikle yere yakın troposferde gerçekleşen, atmosferde enerjinin yatay taşınımı olarak sıcak hava ile soğuk hava yer değiştirdiğinde sıcaklık adveksiyonu (akımla taşınım) meydana gelir. Bu akım, sıcak havayı tropik bölgelerden kutuplara doğru hareket ettirir.

2.2. Atmosfer Elemanları

2.2.1. Sıcaklık (T)

Sıcaklık madde moleküllerinin ısı enerjisi veya ortalama ısı değişiminin bir ölçüsüdür. Isı ise; bir enerji çeşidi olup bir gram suyun sıcaklığını 1°C artıran enerji miktarı olarak tanımlanır. Isı ve sıcaklık en çok karıştırılan iki ifadedir. Yeryüzü ve atmosferin temel ısı kaynağı Güneş'tir. Güneş'ten etrafa yayılan ışınlar "Güneş Radyasyonu" denir. Bu ışınlar demetler halinde atmosferin katmanlarına gelirken tamamı yer yüzeyine ulaşmaz. Bir kısmı atmosfere, bulutlara ve yer yüzeyine çarparak soğurulur veya yansıtılır. Yer yüzeyinde sıcaklık dağılışını etkileyen en önemli faktör Güneş ışınlarının geliş açısıdır. Güneş'ten gelen ışınların yere değme açısı büyüdükçe birim alana düşen enerji miktarı artacağından sıcaklık da artacaktır. Atmosfere giren Güneş ışınları atmosfer tabakalarından geçerken atmosfer katmanları arasındaki sıcaklık farklılıklarından yani, atmosferik kararsızlıklardan etkilenecek ve bu durum gözlem kalitesinin düşmesine neden olacaktır.

Havanın neme doymun olduğu sıcaklık değerine "çiğ sıcaklığı" denir. Hava bu sıcaklıktan sonra daha fazla nem içeremez. Yani su taneciklerini taşıyamaz. Eğer ölçülen sıcaklık değeri çiğ noktasına çok yakınsa hava neme doymuştur ve yağışın başlayacağı anlamına gelmektedir. Sıcaklık değeri ile çiğ noktası arasındaki fark ne kadar fazla olursa; hava da o kadar kuru olur. Yani; nem değeri çok düşük ölçülür.

2.2.2. Basınç (P)

Basınç, birim yüzeye etki eden kuvvettir. Atmosfer basıncı yükseklik arttıkça her 30m'de yaklaşık 3,5mb azalır (Andrew vd. 1768). Deniz seviyesinde standart atmosfer basıncı; 1013,25 mb (760 mmHg) 'dır.

Meteorolojide kullanılan basınç birimi genellikle bar veya milibardır. Bir bar, bir milimetre karelik yüzeye 0,1 Newton'luk kuvvetin dikey olarak uyguladığı basınçtır.

Normal hava basıncı, 15°C sıcaklıkta 45° enlem ve deniz seviyesinde ölçülen basınçtır. Normal hava basıncı seviyesi altındaki basınçlar “alçak basınç” (siklon), üzerindeki basınçlar ise “yüksek basınç” (antisiklon) olarak adlandırılır. Alçak basınç alanlarında hava hareketi çevreden merkeze doğru, gökyüzü kapalı ve bulutlu, yıllık yağış fazla, yerin ısı kaybı az ve sıcaklık farkı düşüktür. Yüksek basınç alanlarında ise; hava hareketleri merkezden çevreye doğru, gökyüzü açık, yağış en az, yerin ısı kaybı fazla ve sıcaklık farkları yüksektir.

Bütün cisimler gibi, havanın da bir ağırlığı vardır. Havanın bu ağırlığı yeryüzünde basınç olarak hissedilir. Dünya'nın her yerinde hava basıncı aynı değildir. Basınç; yükselti, enlem, sıcaklık gibi etkenlere bağlı olarak değişir. Yer çekimi etkisiyle atmosferde bulunan ağır gazlar atmosferin alt kısımlarda, hafif olan gazlar ise daha üst kısımlarda yer alır. Bu nedenle atmosferin yoğunluğu ve ağırlığı yüksekliğe bağlı olarak değişir. Dünya fiziksel yapısından dolayı kutuplardan hafifçe basıktır. Kutuplar Dünya'nın merkezine daha yakın olduğu için yerçekimi kuvvetinden daha fazla etkilenir. Dolayısıyla ekvatorдан kutuplara doğru gidildikçe hava basıncı artmaktadır. Sıcaklık etkisi ise; artan sıcaklık ile hava molekülleri arasındaki etkileşim azalır ve hava genleşmeye başlar. Genleşen hava hafifler ve yükselir. Böylece hava basıncı azalır. Sıcaklığın azalması ile hava molekülleri arasındaki etkileşim artarak hava sıkılaşmaya başlar. Sıkılaşan hava ağırlaşır ve yer çekimi etkisiyle alt bölgelere çöker.

2.2.3. Rüzgâr (W)

Rüzgâr, en basit anlamıyla bir yerden başka bir yere taşınan havadır. Bu hareket daima yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğrudur. Farklı iki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar artarsa, hava akım hızı da o kadar yüksek olur. Basınç farkı olmayan bölgeler arasında taşınan bir hava akımı olmadığından rüzgâr yoktur.

Rüzgâr için en önemli parametre rüzgâr hızı ve yönüdür. Rüzgâr hızı “anemometre” aletiyle ve km/h (1 m/s = 3,6 km/h), m/s veya knot (1 knot = 0,51444 m/s) birimleriyle

ölçülür. Rüzgâr yönü ise; “rüzgârgülü” ile belirlenir ve rüzgârın estiği yöne göre açı derecesi veya yön isimleriyle belirlenir.

Türkiye’de etkili olan yerel rüzgârlar; kuzeyden yıldız, güneyden kible, batıdan günbatısı, doğudan gündoğusu, kuzey-doğudan poyraz, kuzey-batıdan karayel, güney-doğudan keşişleme, güney-batıdan lodos rüzgârlarıdır. Kuzey yönlü olan rüzgârlar özellikle kış aylarında havayı soğutucu etki yaparlar. Güney yönlü olan rüzgârların ise havaya ısıtıcı etkileri vardır.

2.2.4. Nem (H)

Havada bulunan su buharı miktarı “nem” olarak adlandırılır. Yeryüzündeki su kütlelerinden buharlaşan su, atmosferin nemlenmesine sebep olur. Yağışların kaynağı atmosferde bulunan su buharıdır. Bu nedenle hava ve iklim olayları bakımından nem çok önemlidir. Havadaki nem “higrometre” adı verilen aletle ölçülür ve nem miktarının birimi gram’dır. Nem 3 önemli parametreyle ifade edilir:

1 m³ hava içerisinde bulunan su buharı kütlesine “mutlak nem” denir. Havadaki nem miktarını sıcaklık, yükselti gibi etkiler değiştirir. Mutlak nem deniz kenarları ve ekvatorial bölgeler gibi sıcak ve deniz seviyesine yakın bölgelerde fazla iken; soğuk ve deniz seviyesinden yüksek bölgelerde daha düşüktür. Yani; mutlak nem sıcaklıkla doğru, yükseltiyle ters orantılıdır.

Belli bir sıcaklıkta 1 m³ havanın taşıyabileceği en fazla nem miktarına “doyma noktası” (maksimum nem) denir.

Belirli bir sıcaklıktaki havada bulunan su buharı miktarının havanın aynı sıcaklıkta taşıyabileceği maksimum su buharı miktarına oranına “bağıl nem” (nispi nem) denir. Havanın neme doyma oranının yüzde olarak değeridir ve aşağıdaki ifadeyle tanımlanmaktadır;

$$\text{Bağıl Nem} = \frac{\text{Mutlak Nem}}{\text{Maksimum Nem}} \times 100$$

Bir bölgede yağış olabilmesi için bağıl nemin %100'ü aşması gerekir (Kadıoğlu vd. 2015). Bağıl nemde etkili faktörler; sıcaklık, yükselti, mutlak nemdir. Yükseklerle çıkıldığında sıcaklık azalacağından dolayı bağıl nem artar. Bağıl nem için önemli bir ölçüm havanın nem'e doydugu "çiğ sıcaklığı" (°C) dır. Hava sıcaklığı çiğ sıcaklığı noktasına ulaştığında hava içerisinde bulunan su taneciklerini artık taşıyamaz ve yağış şekline dönüştürür.

2.2.5. Güneş Işınımı (E)

Güneş ışıınımı (E); Güneş'ten yayılan elektromanyetik dalgalardır. Güneş ışıınımı iki kısımda incelenir. Doğrudan gelen ışıınım ve yayılan ışıınım. Doğrudan ışıınım; Güneş'ten paralel olarak yer yüzeyine ulaşan ışıınımlardır. Yayılan ışıınım; Güneş'ten atmosfere girmiş ışıınların atmosferde bulunan tanecikler tarafından yansıtılıp dağılması sonucu yer yüzeyine ulaşan ışıınımlardır.

Güneş ışıınıını etkileyen faktörler; Güneş'in açısal yüksekliği, bulutlar ve yükseklik olarak özetlenebilir. Güneş ışıınları yer yüzeyine ne kadar dik gelirse Güneş ışıınıını o kadar yüksek değerler ölçer. Bulutlar; Güneş'ten gelen ışıınıını azaltır. Bu azalma bulutun tipine ve kalınlığına bağılı olarak değışir. İnce ve optik derinliği olmayan bulutlar, Güneş ışıınıını üzerindeki etkiyi çok fazla etkilemez. Yükseklik, deniz seviyesinden itibaren Güneş'e olan uzaklık olarak ifade edilir. Yükseklik artıkça yutucu parametrelerin (toz, duman gibi) etkisi azalır. Bu sayede yeryüzüne ulaşan ışıınım miktarı fazla olarak ölçülmektedir.

Güneş radyasyonunun neredeyse tamamı atmosferi ısıtmadan yeryüzüne ulaşır. Bulutlu günlerde radyasyon enerjisinin çoğı bulut tabakaları tarafından yansıtılır. Güneş radyasyonu ilk olarak yer yüzeyini ısıtır. Atmosferin ısınması ise; önce yeryüzünün ısınması ve ardından kondüksiyon ve özellikle konveksiyon hareketleri ile gerçekleşir.

2.2.6. Yağış

Yağış, atmosferdeki su buharının soğuk bir hava tabakası ile karşılaşarak yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan, sıvı veya katı halde yeryüzüne inmesidir. Yağışın oluşabilmesi için havada nem olması temel şarttır. Hava, su buharına; soğuma ve nem oranının artması ile doyar. Yağış, yeryüzüne temelde kar, yağmur ve dolu olarak düşer. Bulutlardaki su taneciklerinin 0°C 'nin üzerinde yoğunlaşması ile “yağmur” oluşur. 0°C 'nin altında yoğunlaşması ile buz kristallerine dönüşen yağış biçimine “kar” denir. Bulutlardaki su taneciklerinin bulut içinde ani yükselerek sıcaklığın eksi derecelerde su taneciklerini dondurmasıyla oluşan buz parçalarına “dolu” denir.

2.2.7. Bulutluluk (C)

Gökyüzünün bulutlarla kapalı olma oranı bulutluluk olarak tanımlanır. Gökyüzünün açık olması (bulutluluk oranının az olması) bir gözlemevi yerleşkesinin astronomik açıdan uygun olup olmadığını belirleyen en önemli faktörlerden birisidir. Gökyüzünün açıklığı gözlem şartlarına uygun olmalı ve yaklaşık olarak yıl içerisinde ölçülen açık gece sayısı 200 gün civarında veya daha fazla olmalıdır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, öncelikle Konaklı - Karakaya Tepeleri'nin (DAG yerleşkesi) ve Palandöken Dağı - Ejder Tepesi ve çevresinin, atmosferik özelliklerini belirlemek amacıyla farklı meteorolojik aletler kullanılmıştır. Çizelge 3.1'de, Erzurum için astronomik açıdan öneme sahip olan yerleşkeler ve bu yerleşkelerde kurulu olan meteorolojik aletler gösterilmektedir. Bu konuyla ilgili gerekli tüm materyal, veri ve bilgi Atatürk Üniversitesi Astronomi ve Astrofizik Bölümü (ASA) ile Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) Müdürlüğü'nce ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nce sağlanmıştır. Bu veri kaynakları;

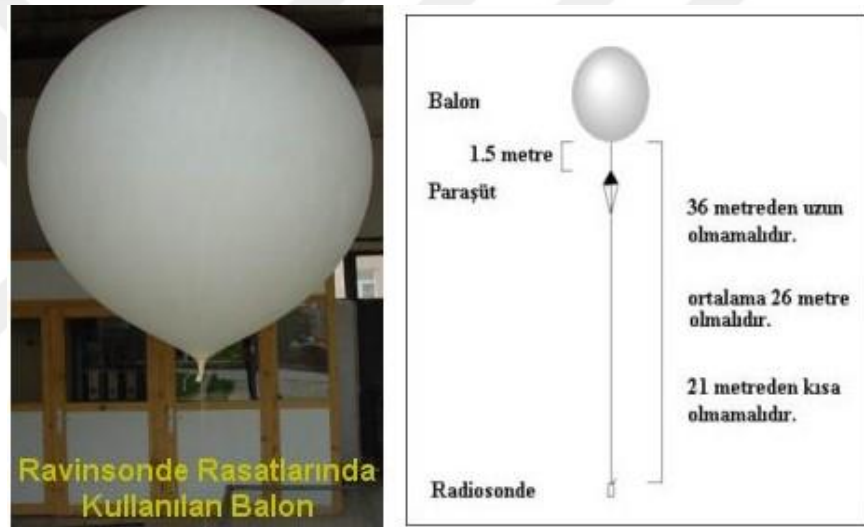
- a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Radyosonda (RS) verileri,
- b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Sinoptik (C) verileri,
- c. Palandöken Dağı Meteoroloji İstasyonu (DAVIS) verileri,
- d. DAG Yerleşkesi atmosferik ve astronomik sistemlerin (AWOS) verileri'dir.

Çizelge 3. 2. Teleskop veya atmosferik aygıtlar bulunan yerleşkelere ait aygıtlar

KONUM	KISALTMA	ALETLER
Konaklı - Karakaya Tepeleri	KON	AWOS (AW)
Ejder - Palandöken Dağı	EJD	DAVIS (DS)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan Radyosonda (RS, yüksek atmosfer balonu) verileri; Radiosonde cihazı denilen ve bir balonla birlikte her gün 2 kez (00:00 ve 12:00'de) atmosfere serbest atılan rasat aletiyle alınmaktadır. Radiosonde cihazı, basınç, sıcaklık, nem değerlerini ölçen sensörlerden oluşur ve Şekil 3.1'de, bu gözlemlerde kullanılan balon ve özellikleri şematik olarak gösterilmiştir. Rüzgâra ait bilgiler ise radiosonde cihazının atmosferde bulunduğu konuma bağlı olarak elde edilen açı

değerleriyle saptanır. Bu sensörler sayesinde elde edilen bilgiler önceden belirlenmiş bir sıra ile ve belirli zaman aralıklarıyla alıcı yer istasyonuna gönderilir. Ülkemizde 8 tane Radyosonda istasyonu bulunmaktadır. Bunlar; Erzurum, İstanbul, Ankara, İzmir, Samsun, Isparta, Diyarbakır, Adana'dır. Erzurum şehir merkeziden atılan Radyosonda balonu $\sim 50 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı kapsayarak veri ölçmektedir. Merkezden atılan bu balonun kapsadığı alan içerisine Konaklı ve Ejder'de rahatlıkla ($\sim 10 \text{ km}^2$) girmektedir. Erzurum ve çevresine ait farklı yüksekliklere ait meteorolojik veriler ölçülerek hem ölçümleme hem de atmosferik dönüşüm katmanı tespit edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.1. MGM'nin RS rasatlarında kullanılan balon sistemi

MGM'den alınan Sinoptik (saatlik yer) gözlemleri, Dünya'daki bütün meteoroloji istasyonlarında GMT saatine göre aynı anda yapılmaktadır. Sinoptik gözlemi Dünya'nın birçok yerinde farklı zamanlarda (yerel saat farklılığı) yapılmasına rağmen bu gözlemler 12:00 GMT gözlemi olarak adlandırılır. Erzurum'da Sinoptik gözlemleri üç saatte bir yapılmaktadır. Özellikle bulutluluk verileri bakımından Erzurum hava sahası için önemli bir bilgi kaynağı olmaktadır. MGM tarafından gökyüzünü kaplayan bulutların yoğunluğuna göre 0 ile 10 arasında numaralandırma yapılır. Burada "0" gökyüzünün tamamen açık, "10" ise; tamamen bulutlarla kapalı olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 3.2. Meteoroloji istasyonlarının kurulduğu bölgelere ait konum bilgileri

KONUM	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
EJD	39° 49' N	41° 18' E	3175
KON	39° 47' N	41° 14' E	3170

Çizelge 3.2’de Erzurum’da astronomik özelliği bulunan iki ayrı yerleşke için konum ve yükseklik değerleri verilmiştir. Palandöken Dağı - Ejder Tepesi (EJD), TRT istasyonunun bulunduğu zirve noktasında hem yükseklik açısından hem de meteoroloji istasyonumuz (DAVIS) kurulu olduğu için önem taşımaktadır. Konaklı - Karakaya Tepeleri (KON) ise DAG’ın kurulacağı yerleşkedir.

DAVIS meteoroloji istasyonu üzerindeki sensörler sayesinde sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönü, nem, basınç, yağış miktarı, Güneş enerjisi ölçer ve bulutluluk oranı ile açık gün sayıları tespit edilmektedir. Şekil 3.2’de, DAVIS meteoroloji istasyonu üzerinde bulunan hareketli sensörler ve Şekil 3.3’de veri ölçülen verilerin kaydedildiği kontrol konsolu gösterilmektedir. DAVIS, Palandöken Dağı zirvesinde 2007 yılından itibaren günlük veri kaydetmektedir. DAVIS, ölçümlerini 0,1 hassasiyetle kaydetmektedir.



Şekil 3.2. DAVIS meteoroloji istasyonu



Şekil 3.3. DAVIS meteoroloji istasyonu kontrol konsolu

Karakaya Tepeleri'nde, 5 Kasım 2012 tarihinde, DIMM (Differential Image Motion Monitor) için 7 m yüksekliğinde bir kule kurulmuştur. DIMM sistem kulesi üzerine AWOS sistemi yerleştirilmiştir ve Şekil 3.4'de Karakaya Tepeleri üzerinde kurulu olan DIMM kulesi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. DAG yerleşkesi Karakaya Tepeleri ve DIMM kulesi

Şekil 3.5’de, DIMM kulesi üzerinde kurulu olan AWOS meteoroloji istasyonu gösterilmiştir. AWOS (Automated Weather Observing System) üzerinde hareketli alıcılar bulunmaktadır. Bu özelliği sayesinde daha güvenilir ve hassas ölçümler almaktadır. AWOS’un çalışma sıcaklığı -40°C - 60°C ve rüzgâr hızı ölçeği 0 - 60 m/s aralığındadır. AWOS bu ölçümleri 0,01 hassasiyetle kaydetmektedir. Veri kaydettiği zaman aralığında (1 dak, 2 dak, 5 dak gibi) aldığı ölçümleri maksimum, minimum ve ortalama değerlerini ve standart sapma değerlerini ayrı ayrı sütunlar halinde kaydetmektedir. Daha fazla ölçüm alarak veri kaydetmesi güvenilirlik açısından daha doğru sonuçlar vereceğini göstermektedir.



Şekil 3.5. DIMM kulesindeki AWOS meteoroloji istasyonu

DAG yerleşkesindeki AWOS, kötü iklim şartları, yetersiz altyapı (elektrik ve internet bağlantı sorunları gibi), ulaşım sorunu (kış aylarında) ve aletsel bozukluklar gibi olumsuz şartlar sebebiyle çok fazla düzenli veri kaydedememiştir. 2016 yılı Eylül ayından itibaren DAG yerleşkesinde DIMM kulesine kurulu olan AWOS tekrar sorunsuz bir şekilde veri kaydetmeye başlamıştır.

Çizelge 3.3. DAVIS meteoroloji istasyonu örnek verisi

Yıl	Ay	Gün	Saat	Dış Sıc. (°C)	Nem (%)	Çiğ Sıcaklık (°C)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Rüzgâr Yönü (°)	Yağış	Basınç	Solar Rad. (W/m ²)
2015	8	9	00:00	9,4	78,0	5,7	8,0	90	0,0	1009,9	0,0
2015	8	9	00:10	9,4	77,0	5,6	10,0	90	0,0	1010,0	0,0

Çizelge 3.4. MGM Radyosonda örnek verisi

Istasyon No	Yıl	Ay	Gün	Saat	Basınç Seviyesi (mb)	Yükseklik (m)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Çiğ Sıc. (°C)	Rüzgâr Yönü (°)	Rüzgâr Hızı (knot)
17095	2015	2	10	0	790	1949	-2,2	89,0	-3,8	67,5	1,5
17095	2015	2	10	0	780	2051	-1,8	79,0	-4,8	67,5	1,6

Çizelge 3.5. AWOS meteoroloji istasyonu örnek verisi

Date	Time	Nem (%)					Dış Sıcaklık (°C)							
		Min	Ort.	Mak.	Std. Sapma	Geçerli Veri	Min	Ort.	Mak.	Std. Sapma	Geçerli Veri			
11.10.2013	13:20	41,86	43,91	45,53	1,53	60,00	6,05	6,33	6,52	0,20	60,00			
11.10.2013	13:25	41,43	42,90	44,45	1,31	100,00	5,76	5,94	6,26	0,18	100,00			
Global Rad. (W/m2)				İç Sıcaklık (°C)		Rüzgâr Hızı (m/s)				Rüzgâr Yönü (°)				
Min.	Ort.	Mak.	Std. Sapma	Geçerli Veri	Sıcaklık	Geçerli Veri	Min.	Ort.	Mak.	Std. Sapma	Geçerli Veri	Yön	Std. Sapma	Geçerli Veri
159,52	160,73	162,17	0,77	46,67	18,27	100,00	0,52	2,45	4,12	0,69	45,00	123,82	15,90	45,00
151,19	155,78	159,52	2,53	100,00	18,66	100,00	0,39	2,31	3,28	0,55	100,00	143,51	13,03	100,00

Çizelge 3.3’de DAVIS meteoroloji istasyonu, Çizelge 3.4’de MGM’den alınan Radyosonda ve Çizelge 3.5’de AWOS meteoroloji istasyonu ile alınan ham veri örnekleri gösterilmiştir. Atmosferik büyüklüklerin birimleri aletler için farklılıklar göstermektedir. Aradaki dönüşümler MKS birim sisteminde toplanmak üzere birbirlerine dönüştürülmüştür. Çizelge 3.6’da alınan veri dosyalarında kullanılan bazı başlıklar ve anlamları gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Meteoroloji istasyonlarında kullanılan başlıkların anlamları

Satır Başlığı	Anlamı
Date	Tarih
Time	Saat
Temp Out	Dış Sıcaklığı
Hi Temp	Yüksek Sıcaklık
Low Temp	Düşük Sıcaklık
Out Hum	Nem
Dew Point	Çiğ Sıcaklık (İşba)
Wind Speed	Rüzgâr Hızı
Wind Direction	Rüzgâr Yönü
Standard Deviation	Standart Sapma
Valid Data	Geçerli Veri Oranı
AMB	Sıcaklık
Barom	Basınç
Solar	Güneş Işınımı

3.2. Yöntem

Bu çalışmada çeşitli meteoroloji istasyonlarından alınan atmosfer bilgilerine ait veriler bilgisayar yazılımları yardımıyla analiz edilmiştir. Atmosfer elemanlarına ait alınan tüm veriler (sıcaklık, nem, basınç, rüzgâr hızı ve yönü gibi) yıllık, aylık ve mevsimlik ortalamalar alınarak ve gece gündüz ayrımı yapılarak detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu veriler, Excel programındaki istatistik ve grafik paketleri yardımıyla verilerin en düşük, en yüksek değerleri, ortalama, ortanca (medyan) ve standart sapma gibi değerleri hesaplanmıştır. Bir veri yığını içerisindeki maksimum değer, belirlenen zaman aralığında rastlanan en büyük, minimum değer ise; en küçük veri değerini ifade etmektedir. Verilerin ortalaması aritmetik ortalama alınarak hesaplanmıştır. Aritmetik

ortalama, veri dizisindeki sayıların toplam değerinin veri sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Medyan, küçükten büyüğe sıralanmış veri dizisinin tam ortadaki değeridir. Veri dizisindeki her bir sayıdan aritmetik ortalamasının çıkarılması ile elde edilen değere “sapma” denir. Standart sapma ise, matematiksel bir ifade ile veri değerleri ile aritmetik ortalama farklarının kareleri toplamı alınarak veri sayısının bir eksiğine bölümünün kareköküdür. Standart sapma verilerin ortalamaya göre yayılmasını gösteren bir hesaplama değildir. Standart sapma ortalama değerinden küçük ise; veriler ortalama değere yakın, büyük ise, birçok veri değeri ortalamadan uzağa yayılmış demektir. Standart sapma;

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{ort.})^2}{n - 1}}$$

formülü ile verilmektedir. (S: standart sapma, x_i : veri büyüklüğü, $x_{ort.}$: verilerin ortalama büyüklüğü, n: veri sayısı)

Bu çalışmada gece ve gündüz ayrımları yapılırken her gün için mevcut konuma ait (Erzurum) astronomik alacakaranlığın başlangıç ve bitiş zamanı dikkate alınmıştır (Anonim 2016b).

Sıcaklık değişimi atmosferde kararsızlığa sebep olmaktadır. Bu sebeple her gün alınan sıcaklık verileriyle günlük en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri arasındaki fark belirlenmiştir. Günlük sıcaklık değişimleri hesaplanırken python programlama dili yardımıyla bir kod yazılarak (ATASAM Teknik Ekibi) bir gün için ölçülen en yüksek ve en düşük değerler belirlenmiş olup bu sonuçlar ile sıcaklık farkları hesaplanmıştır. Eklerde verilen (EK 1) python kodu; öncelikle aralarda tek boşluk bulunan, tarih, saat ve sıcaklık değerlerini içeren bir text dosyasından verileri okumuştur. Eğer dosya içerisindeki sütunlar bu formata uygun değilse “Hata oluştu” sonucunu ekranda göstermektedir. Uygun olarak hazırlanan dosyalar okunduktan sonra veriler gün gün ayrılmıştır. Ve her gün için hem minimum hem de maksimum sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu değerler yeni bir dosya oluşturularak bu

dosyanın içerisine tarih, maksimum ve minimum değerler sıralamasıyla yazdırılmıştır. Bu kod sayesinde her güne ait en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile aralarındaki fark hesaplanarak sıcaklık farkının en büyük hangi günlerde ölçüldüğü ve ortalama sıcaklık farklarının ne olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada bazı kabuller ve gruplandırmalar yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi ve en çok kullanılan mevsimlere karşılık gelen aylar olarak Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Mevsimlere karşılık gelen aylar.

MEVSİMLER	AYLAR	AYLAR
Kış	Aralık – Ocak – Şubat	12 - 1 - 2
İlkbahar	Mart – Nisan – Mayıs	3- 4 - 5
Yaz	Haziran–Temmuz– Ağustos	6 - 7 - 8
Sonbahar	Eylül – Ekim – Kasım	9 - 10 - 11

MGM’den alınan Sinoptik bulutluluk verilerinde ise; meteorolojinin kullandığı sınıflandırılma kriterleri kullanılmıştır. Bulutluluk verilerinde gökyüzü 0’dan 10’a kadar sayılarla tanımlanmıştır. MGM tarafından tanımlanmış bulutluluk ifade eden sayı değerlerinin karşılıkları Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Sinoptik verileri her gün 8 tane veri kaydetmektedir. Her üç saatte bir alınan ölçümlerin gece ve gündüz ayrımı belirlendikten sonra bu ölçüm sonuçları ile bulutluluk bilgisi edinilmeye çalışıldı.

Bulutluluk hesaplarında meteorolojiden gelen Sinoptik verilerinin yanı sıra DAVIS’den ölçülen Güneş radyasyonu verileri alınarak her gün için Güneş ısınımının değişim grafiği çizilerek ortalama değere bağlı olarak açık, bulutlu ve kapalı gün sayıları belirlenmiştir.

Çizelge 3.8. Varsayılan bulutluluk aralıkları

Değer	Durum
0,0 - 4,0	Açık Gün

4,1 - 6,0	Bulutlu Gün
6,1 - 10,0	Kapalı Gün

Meteoroloji istasyonlarında genellikle rüzgâr yönünü açı olarak kaydetmektedir. DAVIS rüzgâr yönü (Doğu, Batı, Kuzey, Güney gibi) olarak kaydediyor iken; AWOS rüzgâr yönünü açı derecesi şeklinde kaydetmektedir. Bu çalışmada rüzgâr yönünü belirlemek için açı dereceleri için yön dönüşümü yapılarak rüzgâr yönü belirlenmiştir. Açı değerlerine karşılık gelen yönler Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Rüzgâr yönlerine karşılık gelen açı değerleri

AÇI (°)	YÖN	AÇI (°)	YÖN
0,0	K	180,0	G
22,5	KKD	202,5	GGB
45,0	KD	225,0	GB
67,5	DKD	247,5	BGB
90,0	D	270,0	B
112,5	DGD	292,5	BKB
135,0	GD	315,0	KB
157,5	GGD	337,5	KKB

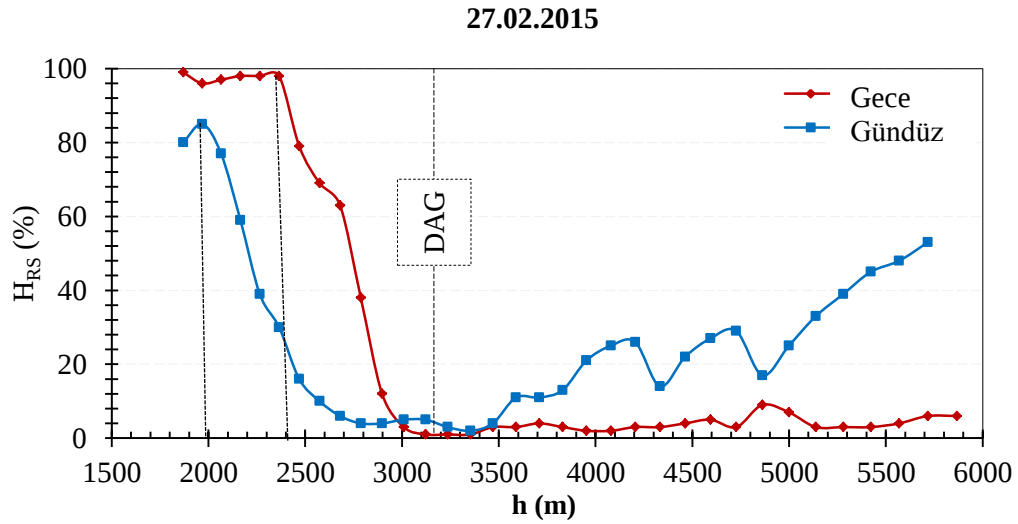
Bu çalışmada MKS birim sistemi ve yerel zaman (LT) kullanılmış, tüm dönüşümler bu sistemlere göre uyarlanarak analizler yapılmıştır. MGM tarafından alınan tüm verilerde (Radyosonda, Sinoptik) Greenwich zamanı kullanılırken DAVIS ve AWOS meteoroloji istasyonları yerel zamanı kullanmaktadır. Veri analizleri yapılırken tüm zaman bilgileri yerel zamana (LT) göre yaz ve kış zaman farkları eklenerek düzenlenmiştir (kışın GMT+2 saat, yazın GMT+3 saat). Analiz ve incelemeler yapılırken tüm rüzgâr hızı dönüşümleri m/s ($1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/sa} = 1,944 \text{ knot}$), yükseklik m ($1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$), basınç mb ($1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1013,25 \text{ mb}$) birimi olarak dönüştürülmüştür.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

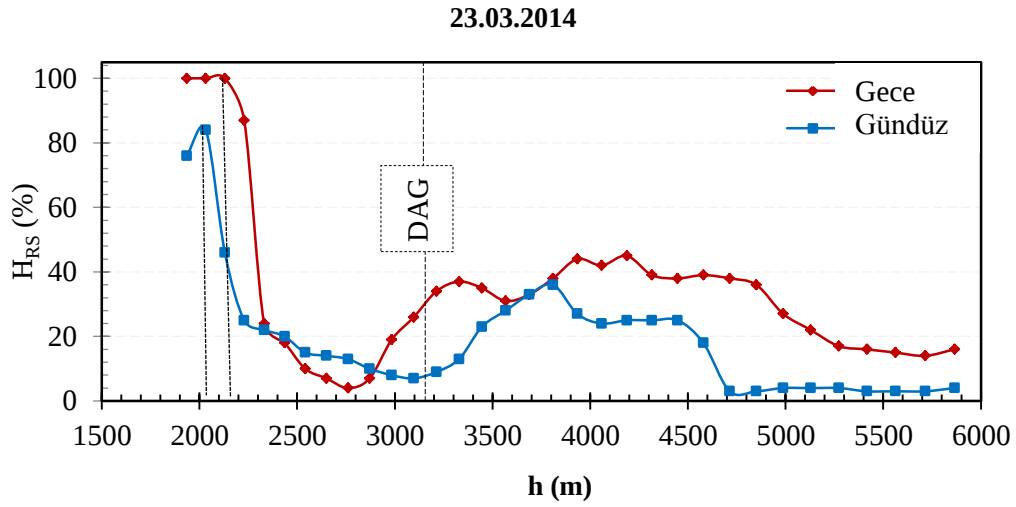
4.1. Atmosferik Dönüşüm Katmanı

Toz ve duman içeren atmosfer belirli bir yüksekliğe kadar çok fazla birleşenden etkilenir. Belirli bir yükseklikten sonra toz, duman, bulut, su buharı gibi nicelikler azalarak neredeyse yok olurlar. Atmosferde bu niceliklerin azaldığı hatta neredeyse yok olduğu tabakaya “Atmosferik Dönüşüm Katmanı” (ADK) denir.

Atmosferik Dönüşüm Katmanı (ADK) belirlenirken, yüksekliğe bağlı olarak veri kaydeden Erzurum merkezden fırlatılan MGM’nin Radyosonda balon verileri kullanılmıştır. Yüksekliğe karşılık nem grafikleri çizilerek yükseklikle nem oranının nasıl değiştiği incelenmiş, nem oranındaki ani düşüşün gözlemlendiği yükseklik değerleri, ADK olarak belirlenmiştir. ADK belirlenirken yağışsız günler seçilmiştir. Şekil 4.1 ve 4.2’de ADK’nın belirlendiği iki örnek gösterilmiştir.



Şekil 4.1. ADK için RS’den nem (H) – yükseklik (h) değişimi (27.02.2015)



Şekil 4.2. ADK için RS'den nem (H) – yükseklik (h) değişimi (23.03.2014)

ADK'nın belirlenmesi için çizilen bu grafikler her yıl içerisinde özellikle en yüksek ve en düşük sıcaklığın ölçüldüğü, günlük sıcaklık farklarının en fazla ve en düşük olduğu günler başta olmak üzere 365 gün için çizilmiştir. Yapılan bu analizlerde nem değerinin ani düşüş gösterdiği yükseklikler ~2000 - 3800 m arasında değişkenlik göstermiş olup; yıllık ortalama sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sonuç olarak, Erzurum ve çevresinde ortalama atmosferik dönüşüm katmanı gündüz 2850 m, gece 2940 m olarak ölçülmüş ve 9 yıllık ortalama ise 2890 m (~2900 m) olarak belirlenmiştir.

Çeşitli yıllara ait belirlenen örnek ADK'nı gösteren grafiklerden bazıları, Ek 2'de verilmiştir. Grafikler üzerinde DAG yerleşkesini temsil eden 3170 m yükseklik işaretlenmiştir. Her yıl için günlük gece ve gündüz'e ait grafikler çizilerek bunların içerisinde kaliteli günler seçilerek (yağışsız günler gibi) atmosferik katmanın yüksekliği belirlenmiştir. ADK, Erzurum için gece 2820 m, gündüz 2965 m yükseklikte belirlenmiştir. Gündüz belirlenen ADK'nın gece belirlenenden daha yüksek olmasının sebebi gündüz sıcaklığından dolayı atmosferin yükselmesidir. Sonuç olarak; ADK, DAG yerleşkesinin (3170 m) altında olduğu için, DAG temiz bir atmosfere sahip bir gözlemevidir, diyebiliriz. Bu ise; DAG yerleşkesinin gözlem şartları için uygunluğunu kanıtlar nitelikte başka bir özelliktir.

Çizelge 4.1. 2008 – 2016 yılları için gece ve gündüz ortalama ADK değerleri

Atmosferik Dönüşüm Katmanı (ADK)_{RS}		Yükseklik (m)
2008	Gece	3000
	Gündüz	2716
2009	Gece	2940
	Gündüz	2674
2010	Gece	2852
	Gündüz	2969
2011	Gece	3054
	Gündüz	2940
2012	Gece	2975
	Gündüz	2878
2013	Gece	2971
	Gündüz	2883
2014	Gece	2875
	Gündüz	2850
2015	Gece	2854
	Gündüz	2840
2016	Gece	2856
	Gündüz	2900

4.2. Bulutluluk

Bulutluluk özellikle gözlem zamanı açısından en önemli özelliklerden birisidir. Bu nedenle, gözlemvleri yer seçimlerinde bulutluluk analizleri öncelikle yapılması gereken araştırmalardandır. Bu çalışmada bulutluluk üç ayrı yöntem kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. İlk olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) alınan Sinoptik verilerinden gelen bulutluluk bilgileri kullanılarak açık gece ve gün sayıları hesaplanmıştır. İkinci olarak, Ejder'den DAVIS ile kaydedilen Güneş radyasyon bilgileri kullanılarak yalnızca açık gün sayıları belirlenmiştir. Son olarak, sıcaklık ve çiğ noktası arasındaki değişime karşılık nem değerlerinin yorumlanması ile bulutluluk hakkında bilgi edinilmiştir.

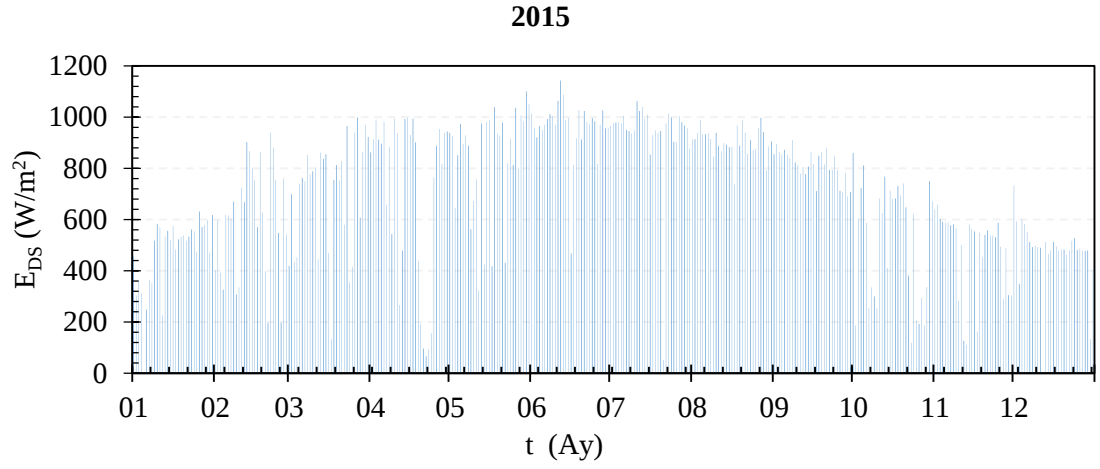
Çizelge 4.2’de MGM’den alınan Sinoptik (C) veri sonuçları gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, Erzurum için açık gece sayısı 200 gecenin altına düşmemiştir. Bu, DAG’ın iyi bir gözlemevi yer seçimi olduğunu kanıtlar bir sonuçtur. 2009 – 2016 yılları arasındaki açık gece sayısının ortalaması 231 gece olarak bulunmuştur.

Güneş ışıınımı (E) verileri kullanılarak bulutluluk tayini Güneş’ten gelen ışıınımlar gündüzleri kaydedildiğinden dolayı yalnızca gündüz bulutluluğ u hakkında bilgi verir. Yılın her ayı için ayrı ayrı çizilen günlük Güneş ışıınımı (W/m^2) grafiklerine bakılarak, bulutluluk tayini yapılmaktadır. Güneş ışıınım değ erlerinde kabul edilen aralıklar Ocak, Şubat, Kasım, Aralık ayları için yaklaşık $300 - 500 W/m^2$ arası bulutlu, $500 W/m^2$ üzeri açık günler ve $300 W/m^2$ altında kalan değ erler ise kapalı günler olarak değ erlendirilmektedir. Diğ er aylar için kabul edilen aralıklar ise $400 - 600 W/m^2$ arası bulutlu, $600 W/m^2$ ’den daha yüksek değ erler açık, $400 W/m^2$ ’den düşük değ erler ise; kapalı gün olarak ifade edilmektedir. Örneğ olarak, 2015 yılına ait yıllık Güneş ışıınımı grafiğ i Şekil 4.3’de gösterilmiş olup; 2008 yılından itibaren her yıl için çizilmiş olan Güneş ışıınımı - zaman grafikleri, Ek 3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. MGM'den C verileriyle elde edilen açık, bulutlu ve kapalı gün sayıları

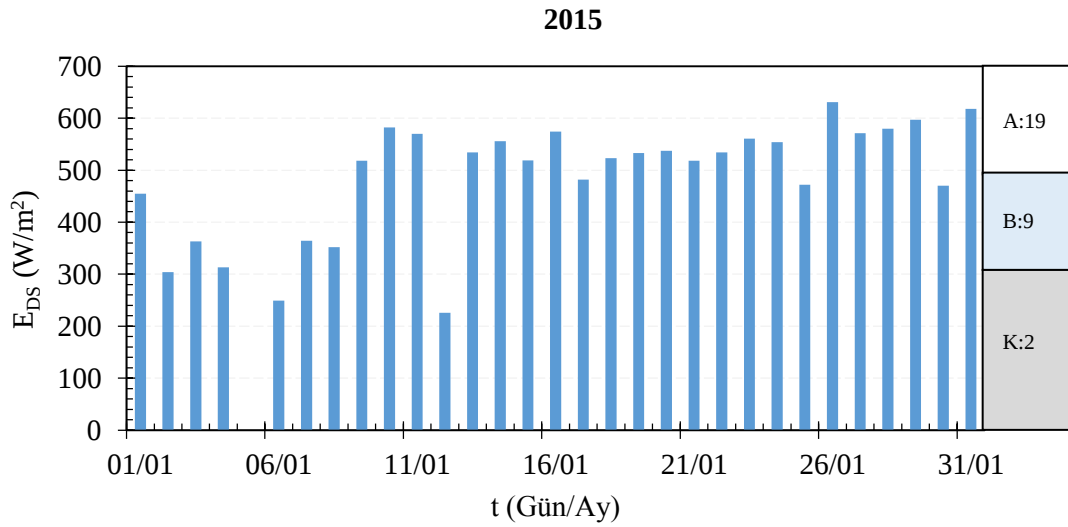
BULUTLULUK (C)																
		AY:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOP.	N
2009	AÇIK	Gece	13	7	15	17	20	24	28	30	23	25	16	8	<u>226</u>	Gece:361 Gündüz:224
		Gündüz	12	18	18	13	14	25	23	28	11	18	10	17	<u>207</u>	
	BULUTLU	Gece	5	9	11	9	10	6	3	1	5	3	9	10	<u>81</u>	
		Gündüz	-	-	1	1	-	4	1	1	1	-	-	-	<u>9</u>	
	KAPALI	Gece	12	9	5	4	1	-	-	-	2	3	5	13	<u>54</u>	
		Gündüz	-	-	-	2	2	-	2	1	-	-	1	-	<u>8</u>	
2010	AÇIK	Gece	10	6	16	12	13	24	30	29	24	19	10	15	<u>208</u>	Gece:333 Gündüz:238
		Gündüz	17	14	12	15	17	25	26	28	23	12	18	14	<u>221</u>	
	BULUTLU	Gece	5	13	9	8	10	5	1	1	-	4	7	2	<u>65</u>	
		Gündüz	1	-	-	2	2	-	2	1	-	-	-	1	<u>9</u>	
	KAPALI	Gece	16	9	6	10	7	1	-	-	2	5	-	4	<u>60</u>	
		Gündüz	-	-	-	-	2	-	-	1	-	4	-	1	<u>8</u>	
2011	AÇIK	Gece	21	12	22	7	15	23	27	30	25	19	17	15	<u>233</u>	Gece:356 Gündüz:237
		Gündüz	19	16	11	17	15	21	25	23	20	17	12	18	<u>214</u>	
	BULUTLU	Gece	4	10	5	10	11	7	2	1	4	10	7	6	<u>77</u>	
		Gündüz	1	1	1	1	3	-	2	1	-	3	1	-	<u>14</u>	
	KAPALI	Gece	6	6	4	13	5	-	2	-	1	1	6	2	<u>46</u>	
		Gündüz	1	-	-	4	-	2	-	1	-	1	-	-	<u>9</u>	
2012	AÇIK	Gece	12	17	20	17	20	28	28	29	18	21	18	10	<u>238</u>	Gece:357 Gündüz:341
		Gündüz	9	17	17	15	15	28	25	29	28	19	19	13	<u>234</u>	
	BULUTLU	Gece	11	4	6	7	7	2	2	2	4	6	7	11	<u>69</u>	
		Gündüz	14	-	10	9	13	2	6	1	2	7	10	6	<u>80</u>	
	KAPALI	Gece	8	8	5	6	4	-	1	-	-	4	5	9	<u>50</u>	
		Gündüz	6	7	5	5	-	-	-	-	-	1	1	2	<u>27</u>	
2013	AÇIK	Gece	14	11	16	19	18	26	30	30	24	23	20	20	<u>251</u>	Gece:359 Gündüz:365
		Gündüz	13	11	13	18	14	25	29	29	26	23	19	21	<u>241</u>	
	BULUTLU	Gece	13	9	7	6	7	4	1	1	4	5	6	7	<u>70</u>	
		Gündüz	12	10	13	7	17	5	2	2	3	7	10	8	<u>96</u>	
	KAPALI	Gece	4	8	7	5	2	-	-	-	2	2	4	4	<u>38</u>	
		Gündüz	6	7	5	5	-	-	-	-	1	1	1	2	<u>28</u>	
2014	AÇIK	Gece	17	16	15	14	17	27	29	30	24	20	19	10	<u>238</u>	Gece:354 Gündüz:355
		Gündüz	19	18	13	12	13	26	29	29	24	20	16	6	<u>225</u>	
	BULUTLU	Gece	9	4	11	9	7	2	2	1	3	-	5	13	<u>66</u>	
		Gündüz	5	4	12	17	12	4	2	2	2	7	9	14	<u>90</u>	
	KAPALI	Gece	5	3	5	7	6	1	-	-	3	6	6	8	<u>50</u>	
		Gündüz	7	-	6	1	6	-	-	-	3	3	4	10	<u>40</u>	
2015	AÇIK	Gece	12	10	18	17	20	27	31	26	27	14	20	22	<u>244</u>	Gece:361 Gündüz:365
		Gündüz	13	7	12	12	19	26	30	25	27	14	19	25	<u>229</u>	
	BULUTLU	Gece	9	4	5	6	6	3	-	5	3	9	3	3	<u>56</u>	
		Gündüz	10	12	10	9	7	3	1	6	3	9	10	2	<u>82</u>	
	KAPALI	Gece	10	14	8	7	4	-	-	-	-	8	4	6	<u>61</u>	
		Gündüz	8	9	9	9	5	1	-	-	-	8	1	4	<u>54</u>	
2016	AÇIK	Gece	10	12	15	17	13	21	27	28	25	18	12	10	<u>208</u>	Gece:360 Gündüz:358
		Gündüz	10	13	14	19	14	24	28	28	26	18	14	9	<u>217</u>	
	BULUTLU	Gece	9	8	9	9	11	4	3	2	3	7	11	15	<u>91</u>	
		Gündüz	10	7	10	6	10	5	2	2	3	7	11	14	<u>87</u>	
	KAPALI	Gece	12	8	7	4	4	5	-	-	3	5	7	6	<u>61</u>	
		Gündüz	11	7	7	5	4	1	-	-	2	5	5	7	<u>54</u>	

“-“ : Açık, bulutlu veya kapalı gün / gece sayılarının sıfır olduğunu temsil eder.

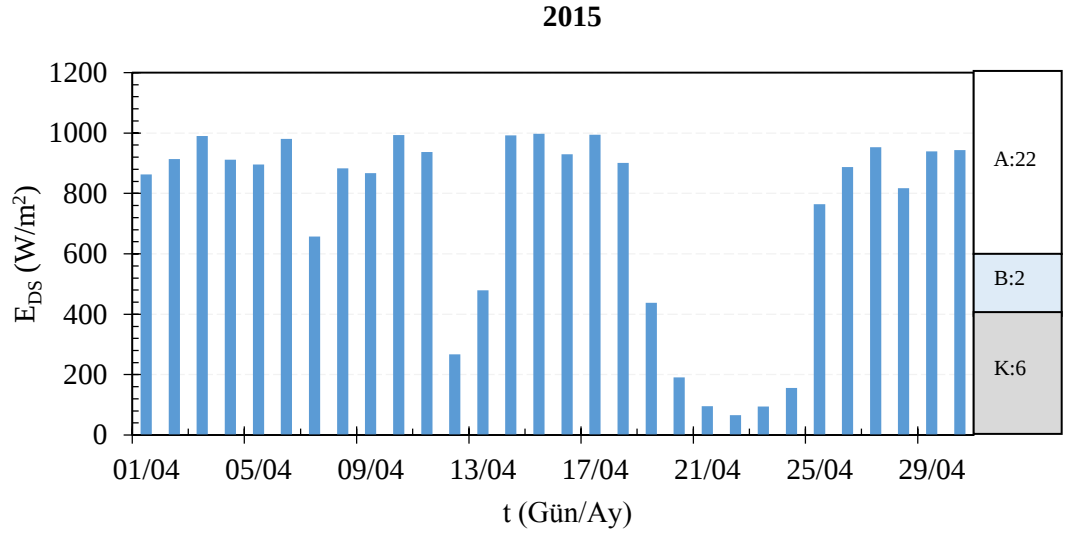


Şekil 4.3. 2015 yılı EJD’de DS’den Güneş ışıınıımı değişim grafiği

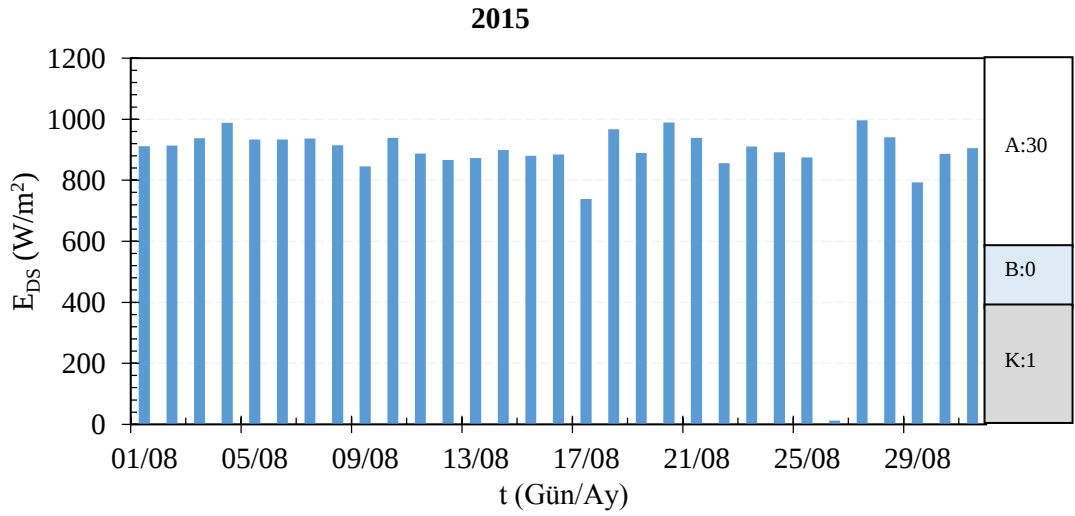
Şekil 4.3’e bakıldığında; Güneş’den gelen enerjinin aylık değişimi görülmektedir. 2015 yılına ait her mevsimden bir ay seçerek bulutluluk tayininin yapıldığı kriterler, Şekil 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de daha detaylı olarak gösterilmeye çalışılmıştır. Her ay için kabul edilen Güneş ışıınıımı değeri dikkate alınarak bu değerlerin büyüklüğüne göre açık, bulutlu ve kapalı günler belirlenmiştir.



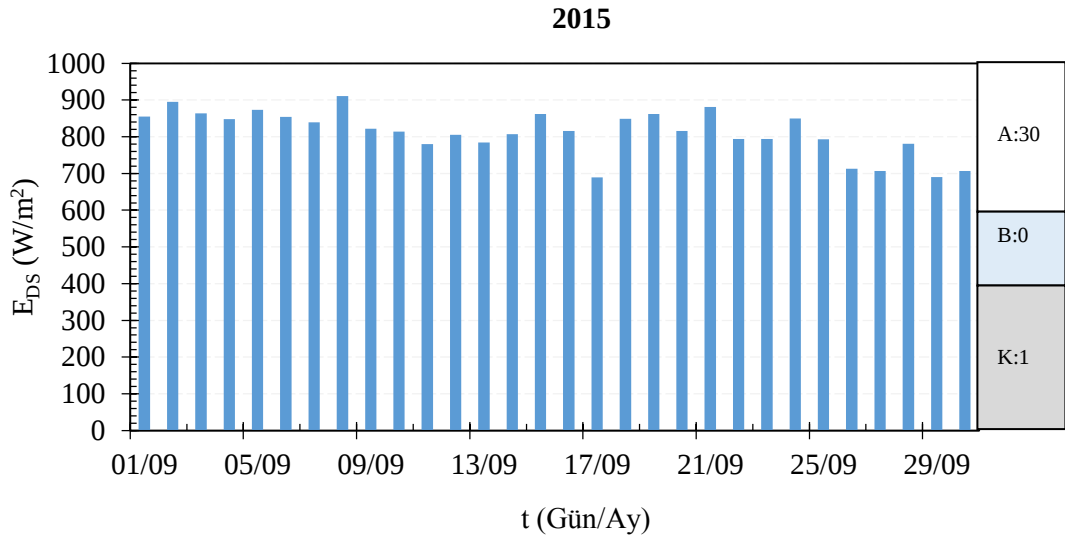
Şekil 4.4. 2015 - Ocak için EJD’de DS’den alınan Güneş ışıınıımı değişim grafiği



Şekil 4.5. 2015 - Nisan EJD'de DS'den alınan Güneş ışınlamı değişim grafiği



Şekil 4.6. 2015 - Ağustos EJD'de DS'den alınan Güneş ışınlamı değişim grafiği



Şekil 4.7. 2015 - Eylül EJD’de DS’den alınan Güneş ışınlamı değişimi grafiği

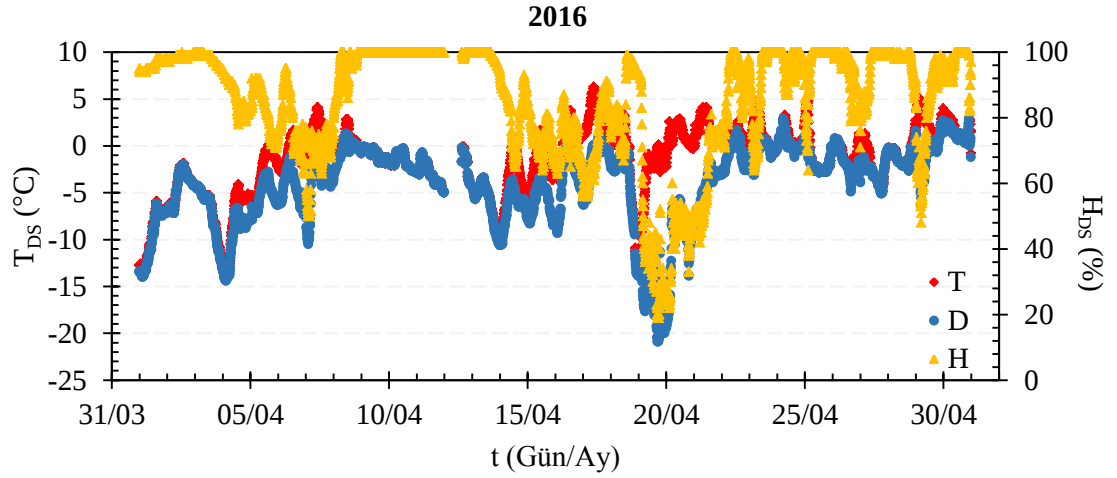
Güneş ışınlamı değerleri Şekil 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de gösterildiği gibi her ay için ayrıntılı çizilip belirtilen aralıklar dikkate alınarak bulutluluk bilgileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu grafikler yardımı ile belirlenen açık (A), bulutlu (B) ve kapalı (K) gün sayıları ise Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Sıcaklık (T), çığ sıcaklığı (D) ve nem (H) değişimi yardımıyla bulutluluk hakkında bilgi sahibi olmak için de incelemeler yapılmıştır. Bu üç nitelik dikkate alınarak, sıcaklık ve çığ sıcaklığı arasındaki fark değişimine bağlı olarak nemdeki değişim incelenmiştir. Eğer hava sıcaklığı çığ noktasına yaklaşırsa, hava içerisinde taşıdığı su taneciklerini artık taşıyamaz ve nemin yoğunlaşmasıyla birlikte yağış başlar. Örnek olarak; Şekil 4.8’de 2016 yılı Nisan ayı için bu değişim gösterilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.9’da değişimi daha detaylı görebilmek için Nisan ayının bir kısmı (2 gün) gösterilmiştir. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, çığ noktası ile hava sıcaklığı arasındaki fark birbirine çok yakın iken, hava nem ile doymuş (%100 nem) ve gökyüzü kapalıdır. Bulutluluk verilerine bakılarak da havanın 28 - 29 Nisan tarihlerinde kapalı olduğu doğrulanmıştır. (MGM’den alınan 2016 yılı Sinoptik verilerinde 28 Nisan’da 7 hava kapalılık oranı ile kapalı gün, 29 Nisan’da 5 kapalılık oranı ile bulutlu gün olarak kaydedilmiştir).

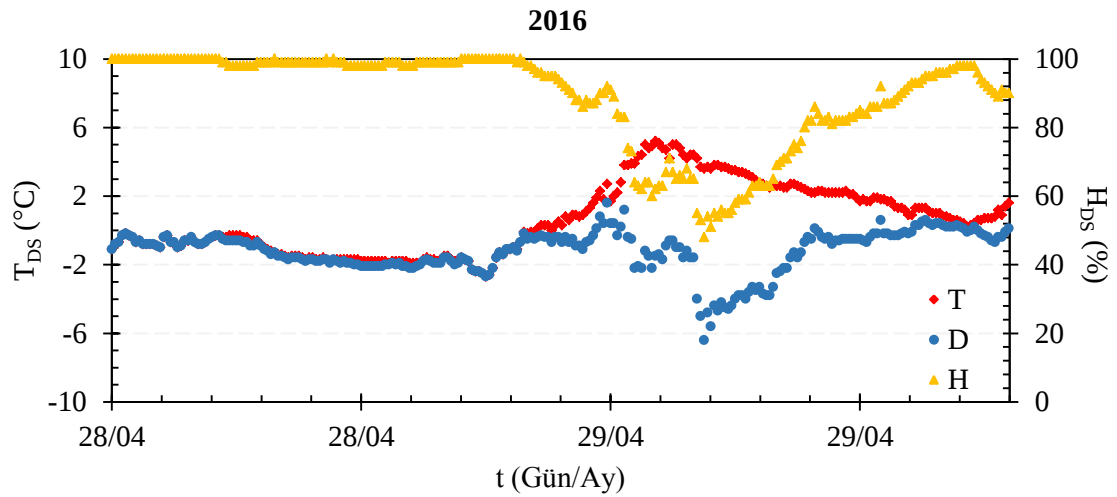
Çizelge 4.3. EJD'den DS ile Güneş ışınlam verilerinden gündüz bulutluluk bilgileri

BULUTLULUK (DS)																
AY		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOPLAM	N (Gün)	
2008	AÇIK	9	26	22	20	24	20	28	19	17	19	17	25	246	324	
	BULUTLU	2	1	7	9	4	2	-	1	2	8	6	5	47		
	KAPALI	3	2	2	1	3	1	1	-	4	4	7	3	31		
2009	AÇIK	10	14	23	24	28	26	25	30	22	23	16	6	247	364	
	BULUTLU	5	5	7	4	3	3	5	-	4	4	6	15	61		
	KAPALI	16	9	1	2	-	1	-	1	4	4	8	10	56		
2010	AÇIK	10	23	15	19	18	*	*	*	*	*	*	*	85	140	
	BULUTLU	11	1	9	10	3	*	*	*	*	*	*	*	34		
	KAPALI	9	4	7	1	-	*	*	*	*	*	*	*	21		
2011	AÇIK	13	15	23	11	4	*	19	30	23	17	8	2	165	293	
	BULUTLU	13	8	4	10	9	*	8	1	2	10	5	14	84		
	KAPALI	5	5	4	10	5	*	-	-	1	4	6	4	44		
2012	AÇIK	6	-	*	*	7	29	30	18	27	5	17	3	142	219	
	BULUTLU	10	-	*	*	-	1	1	1	3	9	10	22	57		
	KAPALI	11	-	*	*	-	-	-	-	-	-	3	6	20		
2013	AÇIK	11	13	16	24	6	17	21	30	26	2	11	3	180	255	
	BULUTLU	9	11	13	3	-	-	-	1	3	-	15	2	57		
	KAPALI	7	2	2	3	-	-	-	-	1	-	3	-	18		
2014	AÇIK	*	12	10	27	14	26	31	12	-	16	15	8	171	259	
	BULUTLU	*	3	15	2	9	-	-	1	-	9	7	10	56		
	KAPALI	*	-	6	1	1	-	-	-	-	5	8	11	32		
2015	AÇIK	19	17	21	22	22	28	28	30	30	16	20	11	264	360	
	BULUTLU	9	5	8	2	8	2	2	-	-	2	5	17	60		
	KAPALI	2	6	2	6	1	-	-	1	-	12	5	2	37		
2016	AÇIK	18	20	15	25	26	26	25	13	20	7	14	15	215	303	
	BULUTLU	6	7	4	3	2	2	-	-	1	1	6	12	36		
	KAPALI	7	2	3	2	2	2	-	-	4	1	3	4	36		

*: DS'den alınan Güneş ışınlam bilgileri bu aylarda veri kaydetmemiştir. “-“ : Açık, bulutlu veya kapalı gün sayılarının sıfır olduğunu temsil eder.



Şekil 4.8. EJD için DS'den sıcaklık (T), çığ sıcaklığı (D) ve nem (H) arasındaki ilişki



Şekil 4.9. EJD için DS'den sıcaklık (T), çığ sıcaklığı (D) ve nem (H) arasındaki ilişki

Dünya'daki birkaç gözlemevi ile karşılaştırma yapmak gerekirse; bazı gözlemevleri için tespit edilmiş açık gece sayıları ortalamaları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Erzurum'da gerek Sinoptik verileriyle belirlenen açık gece ve gündüz sayısı, gerekse Ejder verileri ile belirlenen ortalama açık gündüz sayısı gözlemevleri için kabul edilebilir değerlerin üstünde olup; bazı gözlemevlerinden daha iyi değerlere sahip olduğunu da rahatlıkla söyleyebiliriz.

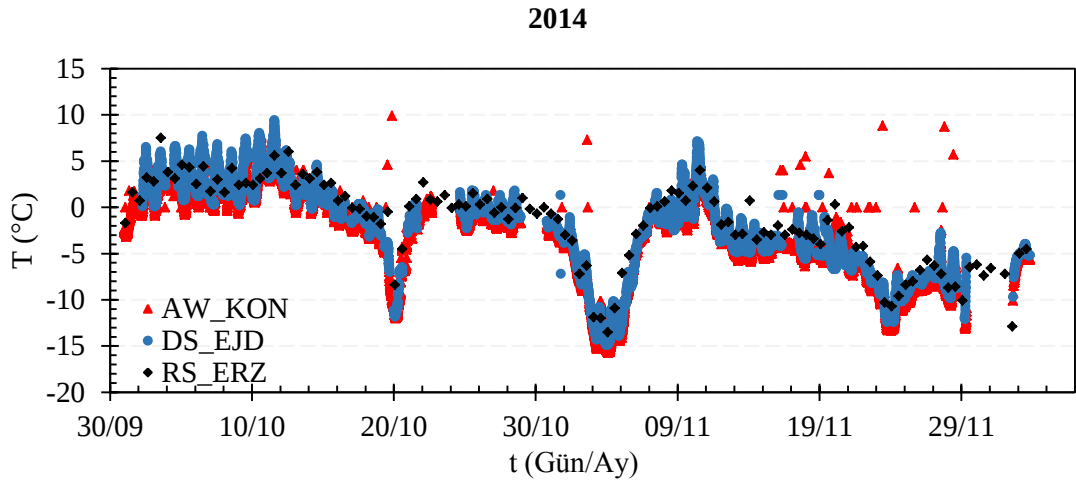
Çizelge 4.4. Dünya'daki bazı gözlemevlerine ait ortalama açık gece sayıları

Gözlemevi	Yükseklik (m)	Açık Gece Sayısı
Paranal ⁽¹⁾ - Şili	2635	285
Hanle ⁽²⁾ - Hindistan	4500	190
Las Campanas ⁽³⁾ - Şili	2551	219
DAG - Erzurum	3175	231

(1) Anonim 2017c; (2) Anonim 2017d; (3) Carrasco vd. 2005.

4.3. Sıcaklık

Bu çalışmadaki sıcaklık bilgileri, 2008 yılı itibariyle Ejder'den (DAVIS), 2012 yılı itibariyle Konaklı'dan (AWOS) ve 2008 yılı itibariyle Erzurum ve çevresinden (Radyosonda) alınmıştır. Altyapı çalışmaları ve eksikliklerden (düzenli internet ve elektrik sağlanamaması gibi) dolayı Konaklı'da sürekli veri akışı sağlanamamıştır. 2016 yılı Ağustos ayından itibaren tekrar DAG yerleşkesi Konaklı – Karakaya Tepeleri'ndeki DIMM kulesine kurulan AWOS sorunsuz bir şekilde tekrar veri alıp kaydetmeye başlamıştır. 2012 yılında sorunsuz bir şekilde veri kaydeden AWOS sonraki yıllarda büyük sıklıkla veri kaydedememiştir ve bunun nedenleri arasında altyapı eksiklikleri ve teknik sorunların yanında bazen de verilerin anlamsız (bozuk, -9999999, -100000 gibi) kaydetmesi olarak sıralanabilir. Analizler yapılırken, bu tür veriler ayıklanmıştır. Şekil 4.10'da 2014 yılı için Konaklı ve Ejder'de aynı zaman dilimlerine (aynı yıl, ay, gün, saat, dakika) denk gelen sıcaklık değişimleri gösterilmiştir.

**Şekil 4.10.** KON ve EJD'de farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) sıcaklık değişimi (2014)

Sıcaklık değerleri dikkate alındığında; Ejder, Konaklı ve Erzurum’u temsil eden sıcaklık ölçümlerinin (AW, DS, RS) ve değişimlerin uyumlu olduğu görülmektedir. Farklı konumlar ve 3 farklı aygıtla ölçüm yapılmasına rağmen; aynı rakıma (~3100 - 3200 m) denk gelen sıcaklık değerlerinin ve değişim tepkilerinin benzer ve uyumlu olması kararlı bir atmosferik yapıya da sahip olabileceğinin bir göstergesi sayılabilir. Bu yüzden Konaklı’dan özellikle sıcaklık ile ilgili yeterli veri alınamamış olsa bile Ejder verilerinin rahatlıkla kullanılabileceği söylenebilir. Konaklı’daki AWOS’dan elde edilmiş sıcaklık değerlerinin diğer verilerle karşılaştırılmasını gösteren diğer yıllara ait grafikler, Ek 4’de verilmiştir. Konaklı’daki AWOS ile alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Veri dizini içinde rastlanan en yüksek sıcaklık T_{mak} ; ortalama sıcaklık değeri T_{ort} ; ortanca sıcaklık değeri T_{med} ; ortalama sıcaklık değerlerinin standart sapması σ ile ifade edilmiş olup; gece ve gündüz ayrımı yapılmadan her gün ölçülen en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri belirlenerek günlük sıcaklık farkları belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. KON’da AW ile sıcaklık (T) bilgileri

KON _{AW} (°C)			N	T _{mak.}	T _{min.}	$\Delta T_{\text{ort.}}$ (N _{Gün})	T _{med.}	T _{ort.}	σ
2012	12-1-2	Gece	4384	-5,6	-21,5	4,0	-10,5	-11,5	4,3
		Gündüz	11513	1,2	-21,3	(60)	-9,2	-9,7	4,7
	3-4-5	Gece	5251	1,7	-22,1	7,7	-8,0	-7,9	4,3
		Gündüz	5332	7,4	-21,2	(42)	-4,9	-5,4	4,9
	6-7-8	Gece	4857	17,5	0,2	9,1	11,0	10,5	2,9
		Gündüz	7865	22,8	0,7	(47)	14,8	14,3	2,6
	9-10-11	Gece	2829	14,4	-34,5	6,9	8,1	7,9	2,7
		Gündüz	14264	19,9	-21,2	(52)	11,2	11,0	2,1
	9-10-11	Gece	4215	19,7	-17,6	4,1	7,2	6,8	4,1
		Gündüz	3873	22,6	-15,7	(70)	-3,9	-4,3	4,2
2015	7	Gece	4251	22,7	3,5	10,5	11,8	12,0	2,1
		Gündüz	3986	27,6	3,7	(6)	12,2	16,1	1,9
2016	8	Gece	2942	27,6	22,0	4,2	26,2	26,5	1,6
		Gündüz	3545	31,3	21,8	(24)	27,8	27,5	2,3
	9	Gece	3990	26,9	-7,9	3,9	3,1	3,2	5,1
		Gündüz	4568	27,1	-6,7	(30)	4,7	4,8	5,2
	10	Gece	436	5,9	-4,3	2,9	4,0	2,8	2,6
		Gündüz	465	9,6	-3,4	(4)	4,5	4,6	2,9

$\Delta T_{\text{ort.}}$: Günlük sıcaklık farkının ($T_{\text{mak.}} - T_{\text{min.}}$) ortalama değeri

Belirlenen her günkü (gündüz ve gece) sıcaklık farklarının ortalama değerleri ΔT_{ort} ile kaç günlük ortalama alındığı da parantez içerisin verilmiştir. AWOS sıcaklık ölçümlerini 0,1 C hata oranı ile kaydetmektedir. Standart hata oranları 0,01 hassasiyetinde olup; ihmal edilebilir boyutta olduğu için çizelgelerde yer verilmemiştir. Kış aylarında sıcaklık farkı minimum seviyede olması atmosferin kararlılığa en yakın olduğu dönemdir ve bu dönemler gözlem şartları açısından en uygun zamanlardır. Ejder'den DAVIS ile ölçülmüş 2008 - 2016 yılları arasındaki veriler izelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. EJD'de DS'den sıcaklık bilgileri

T_{DS} (�C)			N	$T_{mak.}$	$T_{min.}$	$T_{med.}$	$\Delta T_{ort.}$ ($N_{Gün}$)	$T_{ort.}$	σ
2008	12-1-2	Gece	6552	3,3	-23,2	-11,8	5,4 (90)	-11,9	2,2
		Gündüz	6623	5,0	-22,3	-10,4		-10,5	2,7
	3-4-5	Gece	6621	9,4	-14,7	-3,2	5,5 (91)	-2,7	3,4
		Gündüz	6618	13,4	-14,7	-2,1		-1,1	3,1
	6-7-8	Gece	5034	19,2	-1,8	8,7	8,3 (72)	8,1	2,7
		Gündüz	5023	21,3	-1,4	11,6		11,2	4,1
	9-10-11	Gece	6048	10,9	-11,3	-1,0	5,3 (85)	-0,8	2,7
		Gündüz	6069	14,6	-10,9	-0,1		1,0	2,9
2009	12-1-2	Gece	6408	1,1	-21,9	-8,8	4,4 (90)	-9,2	2,2
		Gündüz	6479	4,2	-21,9	-7,7		-8,2	2,1
	3-4-5	Gece	6624	8,1	18,8	-5,6	5,1 (92)	-5,6	3,1
		Gündüz	6474	12,1	-18,0	-4,5		-4,0	3,3
	6-7-8	Gece	6524	15,2	-1,0	6,6	7,6 (91)	6,7	2,7
		Gündüz	6517	17,2	-0,2	9,8		9,5	2,2
	9-10-11	Gece	6552	12,5	-12,9	0,5	5,6 (91)	-0,1	2,1
		Gündüz	6552	15,8	-11,8	1,6		1,6	2,5
2010	12-1-2	Gece	6470	2,3	-23,1	-7,7	4,4 (88)	-8,3	2,2
		Gündüz	6443	2,8	-22,3	-6,9		-7,3	2,7
	3-4-5	Gece	6593	9,3	-19,7	-3,1	5,0 (51)	-3,1	1,9
		Gündüz	6649	10,9	-18,7	-1,8		-1,7	2,2
	6-7-8	Gece	4550	17,3	0,4	9,2	6,3 (70)	8,9	2,7
		Gündüz	4638	20,2	0,4	12,0		11,8	3,1
		Gece	6552	16,2	-12,6	2,2	5,2	2,9	3,4

		Gündüz	6552	18,6	-12,2	4,1	(90)	5,0	2,5
--	--	--------	------	------	-------	-----	------	-----	-----

Çizelge 4.6. (devam)

2011	12-1-2	Gece	6480	4,8	-21,5	-9,6	4,6 (81)	-9,3	2,7
		Gündüz	6480	8,7	-21,2	-8,5		-8,0	2,1
	3-4-5	Gece	5635	3,2	-18,0	-4,7	4,7 (79)	-5,8	2,2
		Gündüz	5664	7,6	-17,4	-3,6		-4,4	2,2
	6-7-8	Gece	4151	18,3	3,4	9,1	8,1 (59)	9,7	3,1
		Gündüz	4137	22,1	3,7	13,2		13,0	3,4
	9-10-11	Gece	5463	12,7	-18,2	-0,7	5,9 (76)	-1,6	2,7
		Gündüz	5467	14,8	-18,0	0,6		0,5	2,7
	12-1-2	Gece	1393	-5,7	-15,3	-10,6	6,4 (59)	-10,8	2,5
		Gündüz	2667	11,1	-16,8	-5,5		-4,6	2,2
	5	Gece	370	16,3	0,2	7,6	13,7 (7)	7,7	2,7
		Gündüz	622	21,9	0,2	13,7		12,9	2,5
2012	6-7-8	Gece	4526	26,4	3,4	14,6	15,3 (81)	14,8	3,1
		Gündüz	7055	32,3	3,9	20,9		20,5	2,7
	9-10-11	Gece	5377	22,2	-6,6	7,6	13,4 (72)	7,4	3,1
		Gündüz	4832	28,2	-6,5	14,1		13,7	4,2
	12-1-2	Gece	3581	4,7	-21,6	-5,8	9,1 (61)	-6,9	4,2
		Gündüz	2064	5,3	-21,6	-2,9		-3,7	3,1
	3-4-5	Gece	5176	17,6	-18,5	2,8	11,5 (67)	2,1	2,5
		Gündüz	2418	21,7	-18,7	7,1		7,7	2,1
	6-7-8	Gece	5698	25,6	3,7	15,1	15,6 (69)	15,2	3,1
		Gündüz	3826	30,2	3,3	21,8		20,9	2,7
	9-10-11	Gece	8855	23,6	-12,1	6,0	13,3 (61)	6,0	2,1
		Gündüz	4736	27,9	-5,7	11,4		11,9	2,1
2013	12-2	Gece	5482	5,1	-15,4	-4,9	5,8 (47)	-4,1	2,2
		Gündüz	17254	8,7	-15,8	-3,7		-2,7	2,5
	3-4-5	Gece	15460	20,1	-12,4	4,9	11,3 (84)	4,8	2,2
		Gündüz	8585	21,7	-16,1	7,1		7,0	2,1
	6-7-8	Gece	12665	28,1	3,1	15,9	15,4 (87)	16,1	3,2
		Gündüz	7047	30,4	2,6	20,8		20,0	3,1
	9-10-11	Gece	8094	5,7	-24,7	-1,7	5,5 (90)	-3,2	2,2
		Gündüz	4473	9,4	-21,1	-1,3		-2,1	2,7

Çizelge 4.6. (devam)

2015	12-1-2	Gece	3817	1,0	-22,7	-9,1	5,3 (89)	-9,2	3,2
		Gündüz	4713	2,1	-21,6	-7,5		-7,4	2,5
	3-4-5	Gece	5831	8,2	-17,2	-4,4	5,2 (93)	-4,2	3,5
		Gündüz	7000	11,2	-17,2	-2,6		-2,4	3,4
	6-7-8	Gece	7542	19,2	1,7	8,9	7,5 (90)	9,0	2,1
		Gündüz	4501	22,2	1,3	11,3		11,4	2,5
	9-10-11	Gece	6555	14,6	-13,4	1,3	5,7 (91)	1,3	5,9
		Gündüz	5836	18,2	-11,9	3,8		4,1	6,9
2016	12-1-2	Gece	4131	-3,7	-25,9	-12,4	4,7 (64)	-13,7	2,1
		Gündüz	6010	1,3	-25,9	-8,0		-9,1	2,4
	3-4-5	Gece	1578	7,6	-17,4	-2,8	5,9 (83)	-3,5	4,9
		Gündüz	1090	8,9	-9,7	-4,5		-3,6	4,1
	6-7-8	Gece	6095	16,9	-1,9	9,1	7,5 (78)	8,9	2,2
		Gündüz	3831	22,3	-1,7	7,6		7,6	2,1
	9-10-11	Gece	3909	11,3	-12,8	1,0	5,7 (91)	2,0	2,3
		Gündüz	3819	15,8	2,4	7,6		7,3	2,3

Ejder'e ait sıcaklık bilgilerine bakıldığında, 9 yıl içerisinde rastlanan en yüksek sıcaklık 32,3 °C, en düşük sıcaklık değeri ise; -25,9 °C'dir. Günlük sıcaklık farkı ortalamaları, her yıl yaz aylarında maksimum değerlere ulaşmıştır. En yüksek sıcaklık farkı ortalaması 2013 yaz ayında gerçekleşmiştir ve 15,6 °C'dir. Minimum sıcaklık farkı ortalamaları kış aylarında ölçülmüş olup iyi bir gözlem için en uygun zamanlardır. Bununla birlikte günlük sıcaklık farkını daha detaylı görebilmek adına her ay rastlanan en yüksek sıcaklık farkları gösterilmiştir. Günlük sıcaklık değişimini görebilmek amacı ile python programında yazılan kod kullanılarak (Ek 1) her bir günün en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri belirlenmiş ve bu iki değerden faydalanarak günlük sıcaklık farkları hesaplanmıştır. Her gün için bulunan sıcaklık farkı değerleri arasında en büyük sıcaklık farkı aylık periyotlarla belirlenmiştir. Böylece her ay için ölçülen maksimum sıcaklık farklarının ne olduğunu belirlenmiştir. Konaklı'da AWOS'dan alınan sıcaklık farkları, Çizelge 4.7'de ve en çok veri kaydeden Ejder'den DAVIS ile alınan sıcaklık

farkları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Veri alınmayan zamanlar bu çizelgelerde “-“ ile belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. KON’da AW’dan alınan maksimum sıcaklık fark bilgileri

$(\Delta T_{\text{mak}})_{\text{AW}}$ (°C)								
YIL	2012		2014		2015		2016	
AY	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}
	ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}	
1	1,4	-11,5	-	-	-	-	-	-
	12,9		-		-		-	
2	-4,6	-19,1	-	-	-	-	-	-
	14,5		-		-		-	
3	-1,4	-17,6	-	-	-	-	-	-
	16,1		-		-		-	
4	5,2	-8,4	-	-	-	-	-	-
	13,6		-		-		-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-
	-		-		-		-	
6	13,3	2,6	-	-	-	-	-	-
	10,7		-		-		-	
7	20,6	9,3	-	-	-	-	-	-
	11,4		-		-		-	
8	18,0	5,5	-	-	10,3	-6,4	28,1	21,9
	12,5		-		16,7		6,2	
9	15,1	4,5	7,5	1,0	-	-	8,7	1,3
	10,6		6,5		-		7,4	
10	-	-	-1,6	-12,0	-	-	2,6	-4,1
	-		10,4		-		6,7	
11	-2,7	-10,8	0,0	-9,3	-	-	-	-
	8,1		9,3		-		-	
12	-2,8	-5,3	0,3	-8,2	-	-	-	-
	2,5		8,5		-		-	

ΔT_{mak} : Günlük belirlenen maksimum sıcaklık farkı, T_{mak} : En büyük sıcaklık farkının belirlendiği gün kaydedilen maksimum sıcaklık değeri, T_{min} : En büyük sıcaklık farkının belirlendiği gün kaydedilen minimum sıcaklık değeri.

Çizelge 4.8. EJD’de DS’den alınan maksimum sıcaklık fark bilgileri

$(\Delta T_{\text{mak}})_{\text{DS}} (^{\circ}\text{C})$																		
Yıl	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
AY	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}	T_{mak}	T_{min}
	ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}		ΔT_{mak}	
1	-7,8	-18,3	-10,7	-20,8	-8,6	-19,7	-6,2	-15,7	5,6	-1,7	-5,9	-19,1	-	-	-1,5	-9,1	-7,8	-18,3
	10,5		10,1		11,1		9,5		7,3		13,2		-		7,6		10,5	
2	-8,7	-22,5	-4,3	-13,2	-4,6	-16,1	-10,7	-19,9	1,2	-10,9	-4,5	-17,4	4,9	-9,2	1,3	-11,4	-8,7	-22,5
	13,8		8,9		11,5		9,2		12,1		12,9		14,1		12,7		13,8	
3	-0,7	-8,6	-7,6	-17,7	-1,1	-13,4	0,1	-14,6	-	-	14,7	-2	12	-5,9	1,3	-12,3	-0,7	-8,6
	7,9		10,1		12,3		14,7		-		16,7		17,9		13,6		7,9	
4	0,7	-10,9	-0,2	-8,1	0,3	-9,6	-5,6	-14	-	-	20,4	1,3	19,2	3	-0,8	-8,4	0,7	-10,9
	11,6		7,9		9,9		8,4		-		19,1		16,2		7,6		11,6	
5	6,3	-5,6	12,1	1,9	0,4	-6,6	7,6	-2,6	16,8	0,7	20,5	3,3	17,4	-0,1	5,4	-3,3	8,3	-1,3
	11,9		10,2		7,0		10,2		16,1		17,2		17,5		8,7		9,6	
6	9,2	-1,8	13,4	3,4	17,0	0,8	16,1	3,7	25,1	6,4	27,9	7,6	21,8	2,6	15,1	3,9	15,4	5,1
	11,0		10,0		16,2		12,4		18,7		20,3		19,2		11,2		10,3	
7	19,3	7,8	14,1	1,6	20,2	8,8	15,9	5,6	31,5	10,8	24,9	3,8	30,4	11,6	15,1	3,4	13,1	1,6
	11,5		12,5		11,4		10,3		20,7		21,1		18,8		11,7		11,1	
8	20,2	8,6	14,5	4,8	19,1	3,5	14,3	3,5	29,8	9,2	26,2	5,6	29,8	12,1	19,1	1,3	16,7	5,3
	11,6		9,7		15,6		10,8		20,6		20,6		17,7		17,8		11,4	
9	11,7	1,9	3,6	-8,9	12,6	0,5	12,4	2,3	24,0	3,7	27,8	6,2	17,2	0,0	13,3	2,7	13	3,7
	9,8		12,5		12,1		10,1		20,3		21,6		17,2		10,6		9,7	
10	8,4	0,4	10,2	1,3	15,8	-7,1	3,7	-8,1	25,6	5,4	16,8	-2,4	-0,2	-24,7	8,2	0,6	8,4	0,4
	8,0		8,9		8,7		11,8		20,2		19,2		24,5		7,6		8,0	
11	-1,6	-9,4	-2,2	-12,6	17,2	2,1	-0,4	-10,1	16,8	1,2	14,2	-2,8	-3,9	-12,1	1,3	-12	-1,6	-9,4
	7,8		10,4		15,1		9,7		15,6		17,0		8,2		16,3		7,8	
12	0,8	-7,6	-8,2	-16,4	2,1	-10,1	-2,3	-9,4	10,5	-5,4	4,5	-9,2	-5,3	-15,2	-1,4	-11,4	-6,3	-14,7
	8,4		8,2		12,2		7,1		15,9		13,7		9,9		10		8,4	

ΔT_{mak} : Günlük belirlenen maksimum sıcaklık farkı, T_{mak} : En büyük sıcaklık farkının belirlendiği gün kaydedilen maksimum sıcaklık değeri, T_{min} : En büyük sıcaklık farkının belirlendiği gün kaydedilen minimum sıcaklık değeri.

Sıcaklık farkları ne kadar fazla ise atmosferik kararsızlık da o kadar fazla olacaktır. Günlük sıcaklık farkının fazla olduğu zamanlarda oluşan homojensizlikler gözlem kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir. Türbülansın daha sık oluştuğu anları temsil etmektedir. Şu ana kadar ki en yüksek sıcaklık farkı Ejder'de 2014 yılı Ekim ayında 24,5°C, Konaklı'da ise 2015 Ağustos ayında 16,7°C olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8).

4.4. Rüzgâr

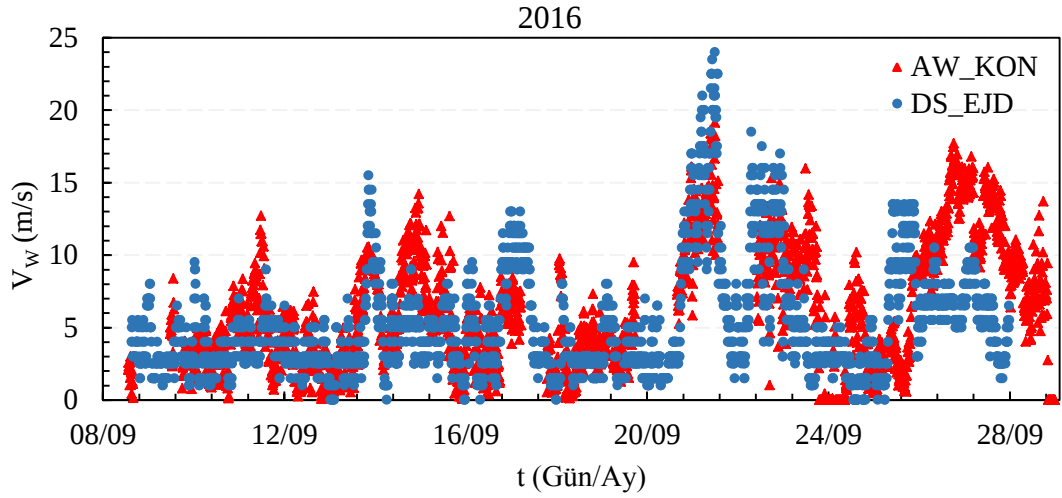
İyi bir gözlemevi yer seçimi için kabul edilebilir rüzgâr hız sınırı ~10 - 15 m/s'dir (Els vd. 2009, Vincent 2013). Rüzgâr yönünün ise olabildiğince sabit veya az değişken olması istenilen bir özelliktir. Çünkü bu parametreler, gözlemleri doğrudan etkileyebilmektedir. 2012 yılından itibaren gözlemevi yerleşkesi olarak belirlenen Konaklı'ya kurulan AWOS meteoroloji istasyonu ile veri alınmaya başlanmış olup; aygıtsal arızalar, iklim şartları, bakım için kış aylarında ulaşılabilirliğin yetersizliği ve yetersiz altyapı eksiklikleri (geçici elektrik ve internet hatları gibi) sebebiyle düzenli veri akışı sağlanamamıştır. Buna rağmen, günümüze kadar Konaklı'da AWOS'dan elde edilebilmiş tüm rüzgâr bilgileri analiz edilmiş ve Çizelge 4.9'da verilmiştir. AWOS, 2013 ve 2016 yıllarında 5 dakika aralıkla, 2015 yılında 1 dakika aralıkla ve diğer yıllarda ise 2 dakika aralıklarla ölçüm almıştır. Veri dizini içerisinde rastlanan en yüksek rüzgâr hızı $V_{\max}$; verilerin ortanca değeri V_{med} ; aritmetik ortalamaları V_{ort} ; standart sapması σ ve veri sayısı N ile ifade edilmiştir. Çizelge 4.9'da; veri dizisinde rüzgâr yönünün en çok rastlandığı yön, en sık rastlanan rüzgâr yönü ESR RY, bu yöndeki veriler içerisinde rastlanan en büyük hız ESRY $V_{\max}$, en sık rastlanan rüzgâr yönü ortalama hızı ESRY V_{ort} , en sık rastlanan rüzgâr yönü ortanca hızı ESRY V_{med} ve en sık rastlanan rüzgar hızı aralığı ESR V ile gösterilmiştir. En sık rastlanan rüzgar hızı "0,0 – 1,0, 1,1 – 3,0, 3,1 – 5,0, 5,1 – 7,0, 7,1 – 9,0, 9,1 – 11,0, 11,1 – 13,0 ve 13,1 - ..." aralıklarında ölçülmüş rüzgar hızı büyüklüklerini ifade etmektedir.

Konaklı'da AWOS ile ölçülen en yüksek rüzgâr hızı büyüklüğü 37,9 m/s'dir ve kaydedilen tüm verilerin ortalama rüzgâr hızı büyüklüğü ~6,6 m/s olarak belirlenmiştir. Şekil 4.11'de 2016 yılında farklı aygıtlarla (AW, DS), aynı zamanda (aynı ay, gün, saat, dakika) Konaklı'dan ve Ejder'den alınmış rüzgâr bilgilerinin zamanla değişimi gösterilmiştir. Aynı zamanda alınmış Ejder ile Konaklı rüzgâr hızı değişiminin zaman zaman örtüştüğü veya uyumlu olduğu söylenebilir. Bu nedenle, Konaklı'da ölçüm alınamamış zamanlar için Ejder'den alınan verilerin kullanılabileceğini söylemek çok da hatalı olmayacaktır. Diğer yıllarda bu aletlerden alınmış rüzgâr hızı verilerinin nasıl değişim gösterdiklerini gösteren grafikler ise Ek 5'de verilmiştir. Ayrıca bu grafiklere göre; Konaklı'daki rüzgâr hızı değerleri, Ejder'e göre zaman zaman daha büyük ölçülmüştür. Bunda, AWOS sisteminin ölçüm hassasiyeti ve hareketli rüzgâr ölçümü dışında termal yöntemle rüzgâr hızı ölçüm sistemine sahip olması da fazlasıyla etkili olmuştur. Çünkü mekanik veya hareketli sistemlerin kış aylarında donması ve hız ölçümündeki ani değişimlere duyarlılıklarının daha az olduğu bilinmektedir.

Çizelge 4.9. KON'da AW rüzgâr (W) bilgileri

KON _{AW}			N	V _{mak.} (m/s)	V _{med.} (m/s)	V _{ort.} (m/s)	σ	ESR RY (N)	ESRY V _{ort.} (m/s)	ESRY V _{mak.} (m/s)	ESR V (N)
2012	12-1-2	Gündüz	14470	37,9	10,8	10,8	4,7	BGB (4231)	6,2	17,4	0,0 - 1,0 (6337)
		Gece	13637	33,3	8,3	10,5	4,3	BGB (1306)	7,2	21,9	0,0 - 1,0 (4354)
	3-4-5	Gündüz	14178	29,1	10,2	10,2	4,9	BGB (2574)	12,3	25,8	9,1 - 11,0 (1155)
		Gece	13741	30,3	9,5	8,9	4,3	BGB (2893)	10,8	22,7	9,1 - 11,0(1279)
	6-7-8	Gündüz	19081	14,1	1,4	2,2	1,4	BGB (4969)	2,6	12,7	1,1 - 3,0 (5473)
		Gece	11618	14,2	2,5	3,9	1,4	BGB (3346)	2,5	6,9	1,1 - 3,0 (3197)
2014	10-11	Gündüz	6584	8,6	1,0	2,6	1,4	GD (2284)	2,2	5,2	1,1 - 3,0 (2253)
		Gece	5786	9,4	1,8	2,8	1,3	GD (2345)	2,8	7,2	1,1 - 3,0 (2991)
2015	7	Gündüz	11785	17,1	3,9	4,4	3,0	DGD (1318)	5,5	16,8	1,1 - 3,0 (3150)
		Gece	7545	15,7	5,7	6,1	2,4	D (1646)	6,2	12,0	3,1 - 5,0 (2336)
2016	9	Gündüz	3748	19,5	5,5	5,8	3,9	KKB (721)	4,7	10,7	1,1 - 3,0 (649)
		Gece	3203	17,7	4,9	5,4	4,1	K (804)	2,4	3,0	0,0 - 1,0 (612)
	10	Gündüz	465	13,6	6,7	6,3	3,2	DGD (166)	9,5	13,6	1,1 - 3,0 (253)
		Gece	393	13,5	4,1	5,6	3,7	DGD (191)	5,6	13,5	1,1 - 3,0 (128)

ESR RY: En Sık Rastlanan Rüzgâr Yönü; ESR V: En Sık Rastlanan Rüzgâr Hızı Aralığı; ESRY V_{mak.}: En Sık Rastlanan Yönde Maksimum Hız; ESRY V_{ort.}: En Sık Rastlanan Yönde Ortalama Hız; ESRY V_{med.}: En Sık Rastlanan Yönde Ortanca Hız.



Şekil 4.11. KON ve EJD’de farklı aygıtlardan (AW, DS) rüzgâr hızı değişimi

Konaklı ve Ejder’de farklı aletlerle (AW, DS) aynı anda (aynı ay, gün, saat, dakika) alınan veri setinde, rastlanmış en yüksek rüzgâr hızı değerleri ve ortalamaları ise Çizelge 4.10’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre; Konaklı’da ölçülen rüzgâr hızı büyüklükleri, Ejder’e göre çoğu zaman daha yüksek olarak ölçülmüştür. Örneğin; 2016 yılı Eylül ayında Ejder’de rastlanan en yüksek rüzgâr hızı büyüklüğü 24,0 m/s iken Konaklı’da 19,1 m/s ölçülmüştür fakat ortalama hızlara bakıldığında Konaklı’daki ortalama rüzgâr hızı 6,6 m/s, Ejder’de 5,4 m/s’dir ve 0,8 m/s daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ölçüm aygıtlarının (AW ve DS) hassasiyetlerinin ve duyarlılıklarının farklılığı göz ardı edildiğinde; Konaklı’nın rüzgâr şiddetinin daha büyük olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.10. KON ve EJD’de aynı anda ölçülmüş (AW ve DS) ortalama ve maksimum rüzgâr değerleri

YIL (AY)		N	V _{mak.} (m/s)	V _{ort.} (m/s)
2012	(1)	KON _{AW}	1005	33,0
		EJD _{DS}	1005	10,7
2012	(7-8)	KON _{AW}	5496	13,0
		EJD _{DS}	5496	5,4
2014	(10-11-12)	KON _{AW}	10206	24,6
		EJD _{DS}	10206	23,5
2015	(7)	KON _{AW}	1715	15,4
		EJD _{DS}	1715	9,4
2016	(9)	KON _{AW}	2868	19,1
		EJD _{DS}	2868	24,0

Konaklı’dan özellikle ilk yıllarda ve sonrasında altyapı eksiklikleri (geçici elektrik tahsisi ve yaşanan arızalar) dolayısıyla sürekli veri akışı sağlanamadığı için DAG yerleşkesi Konaklı - Karakaya Tepeleri’ne en yakın Ejder Tepesi’nden elde edilen sonuçlara bakılarak, Konaklı’daki mevcut atmosfer hakkında bilgi sahibi olunabilir, görülmektedir. 2008 - 2016 yılları arasında Ejder Tepesi (EJD) rüzgâr bilgileri (DS) ile ilgili yapılan analizler, Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. EJD’de 2008 - 2016 yılları arası DS rüzgâr bilgileri

EJD _{DS}			N	V _{mak.} (m/s)	V _{med.} (m/s)	V _{ort.} (m/s)	σ	ESR RY (N)	ESRY V _{mak.} (m/s)	ESR Y V _{ort.} (m/s)	ESR V (N) (m/s)
2008	12-1-2	Gündüz	6552	25,5	1,8	2,6	3,2	GGB (1582)	25,5	3,9	0,0 - 1,0 (2443)
		Gece	6623	17,9	1,8	2,5	3,0	GGB (1556)	17,9	3,5	0,0 - 1,0 (2731)
	3-4-5	Gündüz	6621	18,8	2,2	3,4	3,8	GGB (2154)	18,8	5,6	0,0 - 1,0 (2393)
		Gece	6618	21,0	2,2	3,2	3,6	GGB (2123)	21,0	4,9	0,0 - 1,0 (2378)
	6-7-8	Gündüz	5034	13,9	2,2	2,6	2,0	GGB (1817)	13,9	3,0	1,1 - 3,0 (1874)
		Gece	5023	13,0	2,2	2,8	2,3	GGB (1311)	13,0	3,0	1,1 - 3,0 (1467)
	9-10-11	Gündüz	6048	14,8	0,9	1,5	2,1	GGB (1329)	14,8	3,0	0,0 - 1,0 (2496)
		Gece	6069	13,4	0,9	1,7	2,3	GGB (1246)	12,1	1,9	0,0 - 1,0 (2413)
2009	12-1-2	Gündüz	6408	13,9	1,3	1,9	2,3	G (1116)	12,1	2,4	0,0 - 1,0 (3050)
		Gece	6479	13,9	1,9	2,0	2,4	G (1212)	13,9	2,5	0,0 - 1,0 (2902)
	3-4-5	Gündüz	6624	16,5	1,3	2,2	2,7	GGB (1346)	16,1	3,4	0,0 - 1,0 (2086)
		Gece	6474	19,2	1,3	2,1	2,6	GGB (1297)	19,2	3,5	0,0 - 1,0 (2080)
	6-7-8	Gündüz	6524	12,5	1,8	2,3	2,1	GGB (2141)	12,5	2,9	0,0 - 1,0 (2327)
		Gece	6517	13,0	2,2	2,6	2,1	GGB (1391)	11,6	2,4	1,1 - 3,0 (2010)
	9-10-11	Gündüz	6552	13,9	0,4	1,4	2,1	GGB (1753)	13,9	2,4	0,0 - 1,0 (1899)
		Gece	6552	14,3	0,4	1,4	2,1	GGB (1847)	14,3	2,2	0,0 - 1,0 (1572)
2010	12-1-2	Gündüz	6470	15,6	0,4	1,6	2,3	G (1048)	14,8	2,5	0,0 - 1,0 (1474)
		Gece	6443	14,8	0,9	1,9	2,1	G (1051)	13,4	2,3	0,0 - 1,0 (1553)
	3-4-5	Gündüz	6593	20,6	0,4	2,1	3,3	GB (2695)	20,6	3,2	0,0 - 1,0 (2864)
		Gece	6649	22,4	0,4	1,9	2,8	GB (2630)	22,4	2,7	0,0 - 1,0 (2823)
	6-7-8	Gündüz	4550	14,8	1,3	2,2	2,6	KB (3471)	14,8	2,6	0,0 - 1,0 (2136)
		Gece	4638	14,3	2,2	2,8	2,7	KB (3042)	14,3	2,8	0,0 - 1,0 (1628)
	9-10-11	Gündüz	6552	14,3	0,9	1,9	2,5	K (5186)	14,3	2,2	0,0 - 1,0 (3494)
		Gece	6552	18,8	1,3	2,0	2,4	K (4972)	18,8	2,3	0,0 - 1,0 (3193)
2011	12-1-2	Gündüz	6480	20,6	0,9	1,9	2,5	K (4271)	20,6	2,3	0,0 - 1,0 (3510)
		Gece	6480	14,8	0,9	1,9	2,4	K (4372)	14,8	1,9	0,0 - 1,0 (3497)
	3-4-5	Gündüz	5635	19,2	2,7	3,4	2,9	K (1525)	19,2	3,4	0,0 - 1,0 (2840)
		Gece	5664	17,9	2,7	2,3	3,0	K (1462)	17,9	2,3	0,0 - 1,0 (2870)
	6-7-8	Gündüz	4151	12,5	2,7	2,8	2,1	GGB (1479)	12,5	3,9	1,1 - 3,0 (1751)
		Gece	4137	11,6	3,1	3,2	1,8	GGB (992)	11,6	3,2	3,1 - 5,0 (1555)
	9-10-11	Gündüz	5463	12,5	1,3	1,9	1,9	GGB (1041)	12,5	3,5	0,0 - 1,0 (2472)
		Gece	5467	16,1	1,3	2,0	2,0	G (1039)	11,6	2,5	0,0 - 1,0 (2303)

Çizelge 4.11. (devam)

2012	12-1-2	Gündüz	1723	14,3	0,4	1,1	2,2	BGB (521)	4,9	0,4	0,0 - 1,0 (797)
		Gece	2304	10,7	0,2	1,6	2,5	G (408)	8,0	1,8	0,0 - 1,0 (1529)
	3-4-5	Gündüz	620	4,5	1,8	1,3	2,3	G (146)	4,5	2,2	1,1 - 3,0 (141)
		Gece	369	2,7	1,3	2,1	2,2	G (35)	2,7	0,7	0,0 - 1,0 (62)
	6-7-8	Gündüz	7027	5,4	1,8	1,5	2,1	KD (421)	4,5	2,2	1,1 - 3,0 (3395)
		Gece	3102	4,0	1,8	2,5	2,2	KD (361)	4,0	1,0	1,1 - 3,0 (838)
	9-10-11	Gündüz	4832	13,0	0,9	3,2	2,1	KD (683)	9,4	4,6	1,1 - 3,0 (1199)
		Gece	5377	4,0	0,9	2,2	1,9	KD (434)	3,1	1,0	0,0 - 1,0 (1223)
	12-1-2	Gündüz	3581	7,2	0,9	4,2	0,8	KB (486)	1,3	0,3	1,1 - 3,0 (1335)
		Gece	2064	4,9	0,9	2,5	1,1	GGB (434)	4,9	0,7	0,0 - 1,0 (1619)
	3-4-5	Gündüz	5176	8,0	1,3	1,2	2,7	G (568)	7,2	1,4	0,0 - 1,0 (2624)
		Gece	2418	5,8	1,2	0,4	2,4	GGB (542)	4,0	0,5	0,0 - 1,0 (785)
2013	6-7-8	Gündüz	5698	4,9	2,7	1,4	2,6	KD (1674)	4,0	2,0	0,0 - 1,0 (2376)
		Gece	3826	4,5	2,2	2,6	2,7	KD (735)	4,5	1,3	0,0 - 1,0 (2016)
	9-10-11	Gündüz	8855	6,3	1,3	2,9	2,2	G (1085)	2,2	0,8	0,0 - 1,0 (2751)
		Gece	4732	4,5	1,4	1,2	0,9	G (655)	3,1	0,5	0,0 - 1,0 (2029)
	12-1-2	Gündüz	5434	13,1	0,6	6,3	1,9	K (1251)	13,1	2,5	1,1 - 3,0 (1173)
		Gece	17134	11,7	0,6	6,6	0,8	K (2554)	10,8	2,7	1,1 - 3,0 (3631)
	3-4-5	Gündüz	15462	6,4	0,6	1,0	1,2	G (2444)	6,4	1,6	0,0 - 1,0 (9761)
		Gece	8585	5,0	0,6	4,4	0,9	G (1180)	5,0	0,8	0,0 - 1,0 (5611)
	6-7-8	Gündüz	12665	7,5	0,6	2,9	0,9	KD (2345)	5,0	1,6	0,0 - 1,0 (8114)
		Gece	7047	4,4	0,6	1,3	0,8	KD (906)	4,4	0,9	0,0 - 1,0 (4204)
	9-10-11	Gündüz	8094	11,1	1,4	2,0	0,8	K (3220)	11,1	2,9	0,0 - 1,0 (2349)
		Gece	4473	10,3	1,4	1,9	0,8	K (1808)	10,3	2,9	0,0 - 1,0 (1270)
2014	12-1-2	Gündüz	3817	20,6	2,7	4,0	1,9	GGD (1182)	15,3	3,0	0,0 - 1,0 (2953)
		Gece	4713	19,7	2,7	4,0	2,2	K (1517)	19,7	5,3	0,0 - 1,0 (3417)
	3-4-5	Gündüz	5831	18,3	2,2	2,6	2,6	GGD (3513)	18,3	2,6	0,0 - 1,0 (3092)
		Gece	7000	14,2	2,7	2,5	1,9	GGD (4485)	5,8	1,9	0,0 - 1,0 (2553)
	6-7-8	Gündüz	7542	11,9	4,2	2,8	2,2	*	*	*	0,0 - 1,0 (2474)
		Gece	4501	11,9	2,7	2,5	2,1	*	*	*	0,0 - 1,0 (1904)
	9-10-11	Gündüz	5961	10,3	1,5	1,7	2,1	*	*	*	0,0 - 1,0 (3088)
		Gece	6565	10,8	1,3	2,1	2,1	*	*	*	0,0 - 1,0 (3177)
	12-1-2	Gündüz	4131	25,5	2,5	3,9	4,1	DKD (1016)	22,5	3,2	0,0 - 1,0 (1594)
		Gece	6010	21,1	1,5	3,4	3,7	DKD (1582)	20,0	3,1	0,0 - 1,0 (1703)
	3-4-5	Gündüz	1578	22,5	5,5	6,6	4,1	GGB (498)	21,5	8,7	0,0 - 1,0 (796)
		Gece	1090	26,5	5,5	6,5	4,5	GGB (293)	26,5	9,0	0,0 - 1,0 (473)
2015	6-7-8	Gündüz	6095	25,0	5,5	6,2	3,7	GGB (1212)	22,5	5,2	1,1 - 3,0 (1481)
		Gece	3831	22,5	6,5	6,9	3,6	GGB (619)	20,0	7,8	1,1 - 3,0 (717)
	9-10-11	Gündüz	3909	24,0	4,0	5,1	3,9	GGB (607)	24,0	5,8	0,0 - 1,0 (1216)
		Gece	3819	21,0	5,0	5,7	4,0	G (689)	21,0	7,1	0,0 - 1,0 (1116)

ESR RY: En Sık Rastlanan Rüzgâr Yönü; ESR V: En Sık Rastlanan Rüzgâr Hızı Aralığı; ESR Y V_{mak}: En Sık Rastlanan Yönde Maksimum Hız; ESR Y V_{ort}: En Sık Rastlanan Yönde Ortalama Hız.

*: 2015 yılı Haziran ayı ve sonrasında EJD’de kurulu olan DS üzerindeki rüzgâr yön sensörü kırıldığı için yön verilerine ait bilgiler kaydedilmemiştir.

Çizelge 4.11’de beşer dakika aralıklarla kaydedilen Ejder (DS) verilerinin analizleri gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; veri dizininde en sık rastlanan rüzgâr hızının 0.4 m/s ile 3.1 m/s aralığında olduğu görülmüştür. En sık rastlanan rüzgâr hızı; mevsim içerisinde ölçülmüş en sık tekrarlanan rüzgâr hızını ifade etmektedir. Rüzgâr yönlerinin ise mevsimsel olarak çok değişken olmadığı görülmüştür. Genellikle esen rüzgâr yönü Güney yönlü (G, GGB, GGD) olarak belirlenmiştir. Rüzgâr yönü, yıl içerisinde farklılıklar gösterse bile mevsimsel olarak ele alındığında çok büyük değişimler göstermemiştir. Sabit veya az değişken rüzgâr yönü, gözlemevi yerleşkesi için oldukça iyi sonuçlardır. 2015 yılı Haziran - Kasım ayları arasında ise rüzgâr yön sensörü kırıldığı için rüzgâr yönü ölçülememiştir ve Çizelge 4.11’de (*) ile gösterilmiştir. DAVIS ile alınan veriler 0,1 m/s hassasiyette olup; standart hataları 0,01 mertebesinde, çok küçük olduğundan dolayı çizelgelerde ve grafiklerde gösterilmemiştir.

Son yılların ortalama istatistiklerine baktığımızda, en sık rastlanan hız değeri, 2013 yılına kadar 0,4 m/s, sonrasında ise 0,6 m/s olarak ölçülmüştür. Maksimum rüzgâr hızı büyüklüğü ise 26,5 m/s olarak ölçülmüştür. 2008 yılından itibaren Ejder’den (DS) alınan tüm veriler dikkate alındığında; 2008 - 2016 yılları arasındaki ortalama değerler, Çizelge 4.12’de verilmiştir. Son 9 yıl içerisinde rüzgâr yönü en sık GGB olarak rastlanmış olup rüzgâr hızı maksimum 26,5 m/s’ye ulaşmıştır. Ortalama rüzgâr hızı büyüklüğü 2,7 m/s olarak belirlenmiştir.

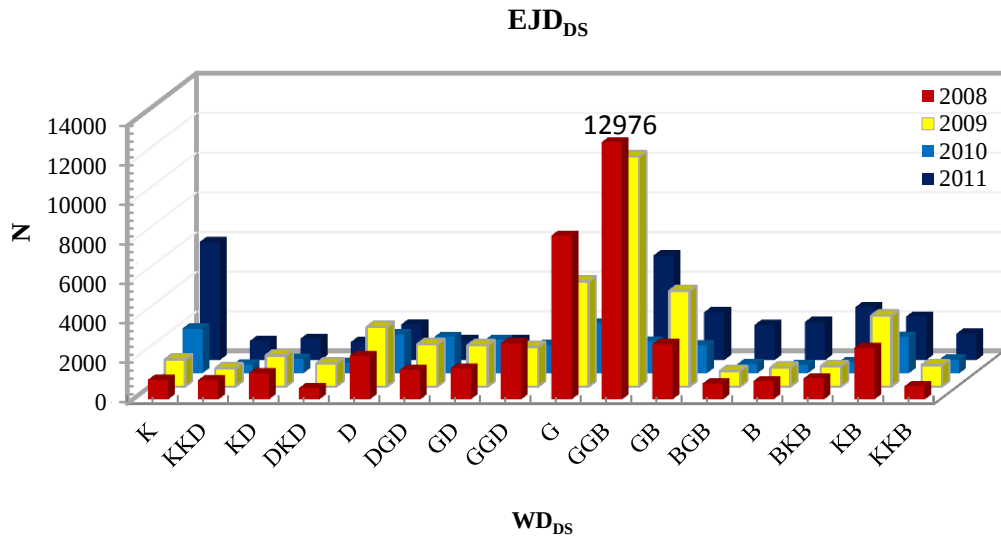
Çizelge 4.12. EJD’de 2008 – 2016 yıllarına ait ortalama rüzgâr bilgileri

EJD _{DS}		N	V _{mak.} (m/s)	V _{med.} (m/s)	V _{ort.} (m/s)	σ	ESR RY (N)	ESRY V _{mak.} (m/s)	ESRY V _{ort.} (m/s)	ESR V (m/s) (N)
2008 - 2016	Gündüz	210288	25,5	1,6	2,6	2,3	GGB (21286)	25,5	3,0	0,0 - 1,0 (79469)
	Gece	195345	26,5	1,7	2,9	2,2	GGB (22462)	26,5	2,7	0,0 - 1,0 (68324)

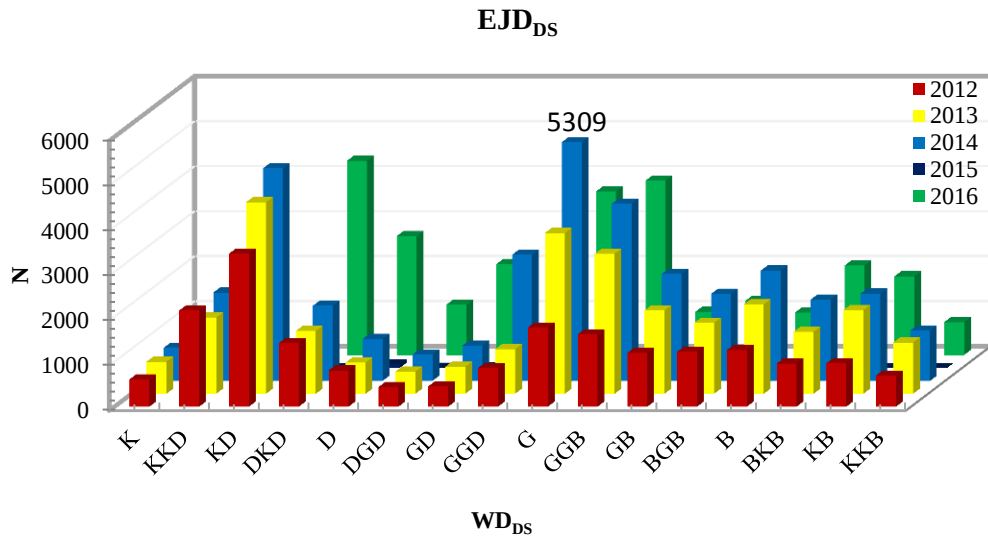
ESR RY: En Sık Rastlanan Rüzgâr Yönü; ESR V: En Sık Rastlanan Rüzgâr Hızı; ESRY V_{mak.}: En Sık Rastlanan Yönde Maksimum Hız; ESRY V_{ort.}: En Sık Rastlanan Yönde Ortalama Hız.

Ejder’de ölçülen rüzgâr yönü (WD) verileri dikkate alınarak; Şekil 4.12 ve 4.13’de, 2008 - 2016 yılları arasında alınan rüzgâr sıklığı (N) iki ayrı sütun grafiğinde

verilmiştir. Yıllar içinde farklı dağılımlar göstermesine rağmen; grafiklerde güney yönlü (G, GGB) rüzgârlar yoğunlukta gözlenmiş olup; en sık rastlanan rüzgâr yönü ise GGB'dır. Bazı yıllarda (2012, 2013, 2014, 2016) bu ağırlık kuzey yönlü (KD, DKD) rüzgarlarla birlikte dağılım göstermektedir.

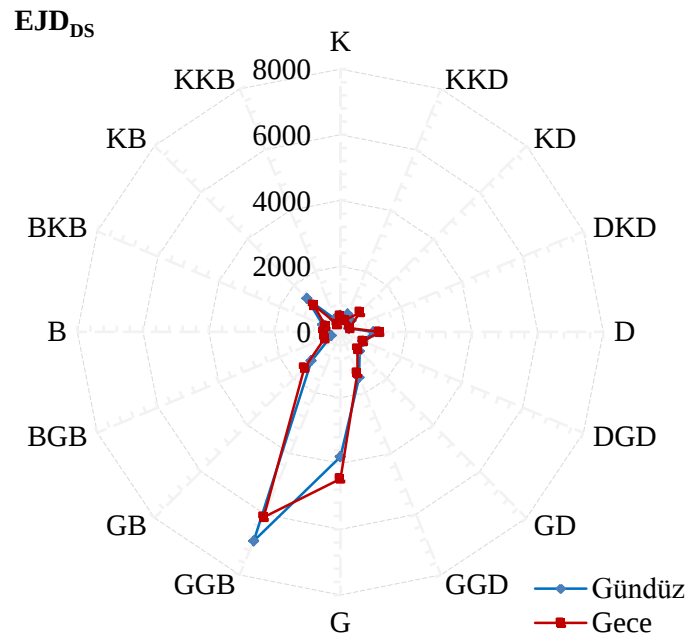


Şekil 4.12. EJD’de DS ile 2008 - 2011 yılları arası rüzgâr yönü sıklığı

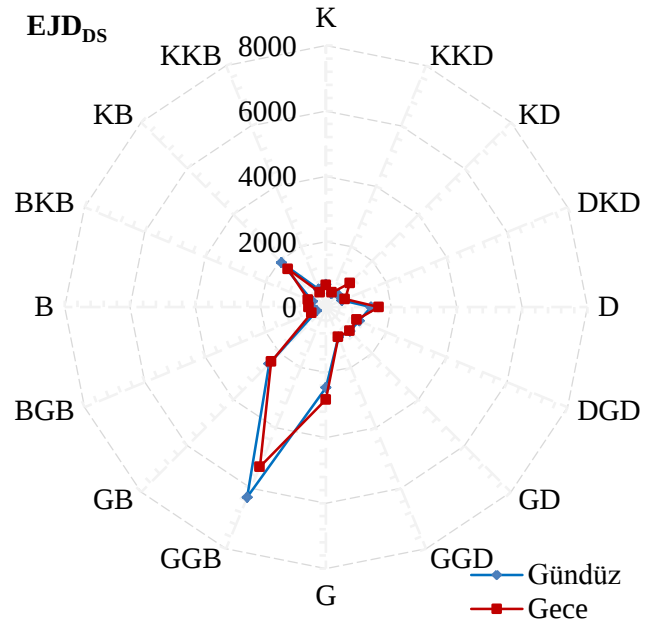


Şekil 4.13. EJD’de DS ile 2012 – 2016 yılları arası rüzgâr yönü sıklığı

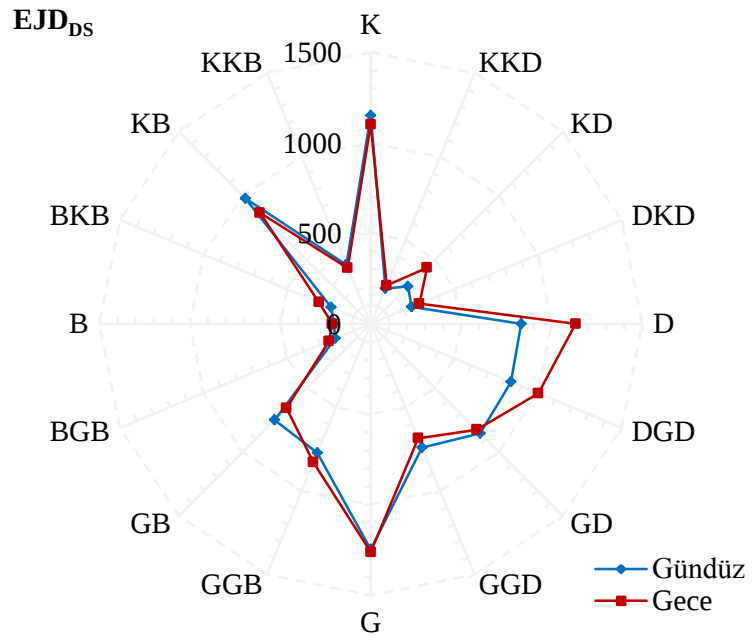
Şekil 4.14 - 4.22 arasındaki grafikler ise 2008 - 2016 yılları arasındaki Ejder'den alınan rüzgar verilerinin gece ve gündüz için rüzgâr yönlerinin sıklıklarını göstermektedir. Buna göre; hemen hemen her yıl içerisinde rastlanan rüzgâr yönü sıklığı ve yoğunluğu, gece ve gündüz yaklaşık aynı oranlarda değişim göstermiştir.



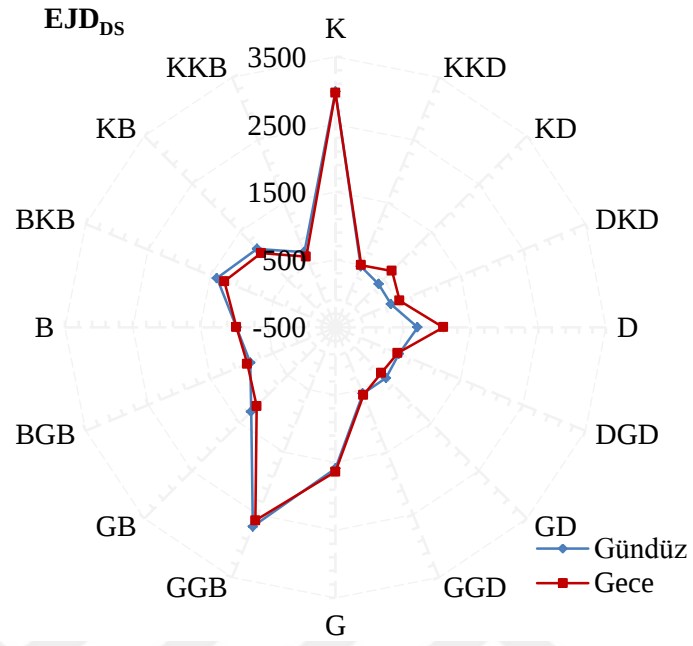
Şekil 4.14. EJD'de DS'den alınan 2008 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



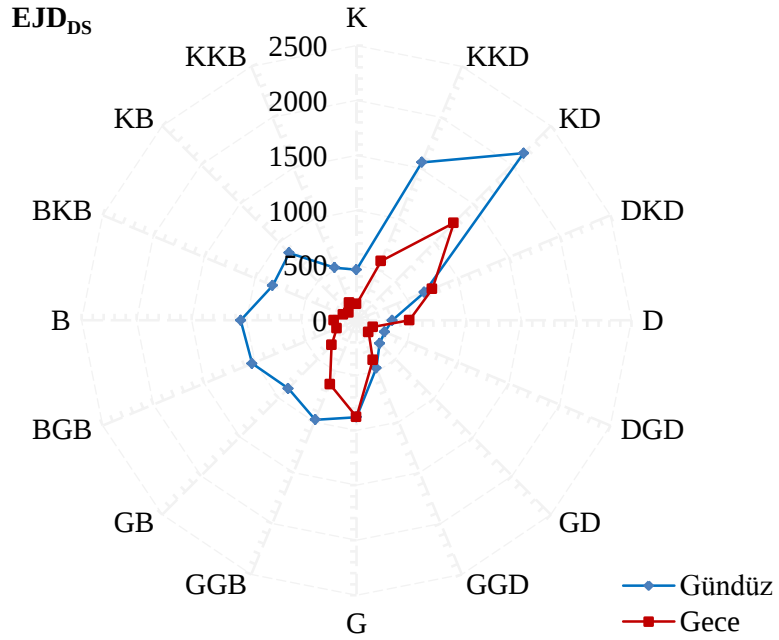
Şekil 4.15. EJD’de DS’den alınan 2009 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



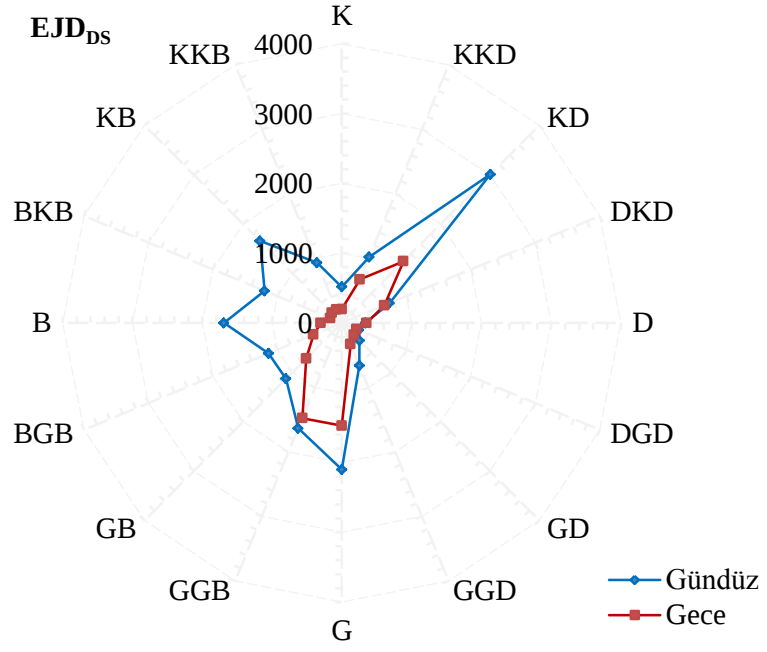
Şekil 4.16. EJD’de DS’den alınan 2010 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



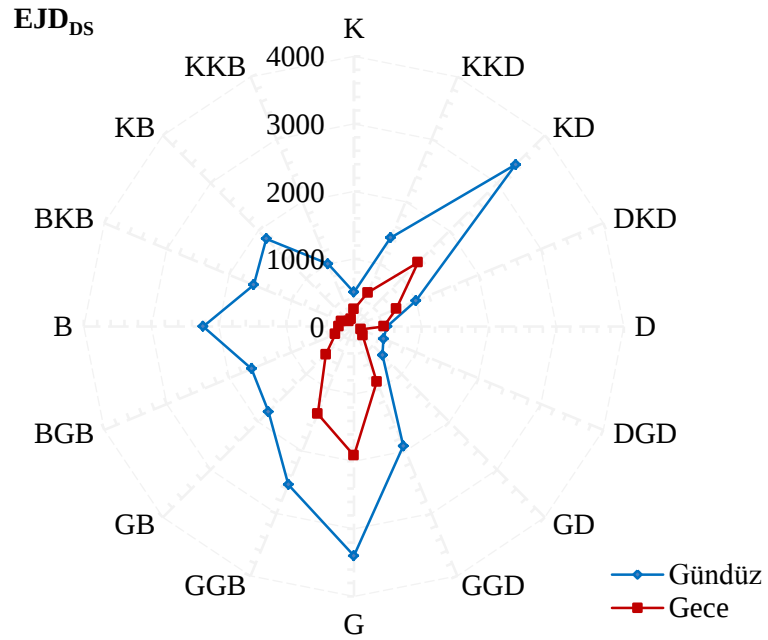
Şekil 4.17. EJD’de DS’den alınan 2011 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



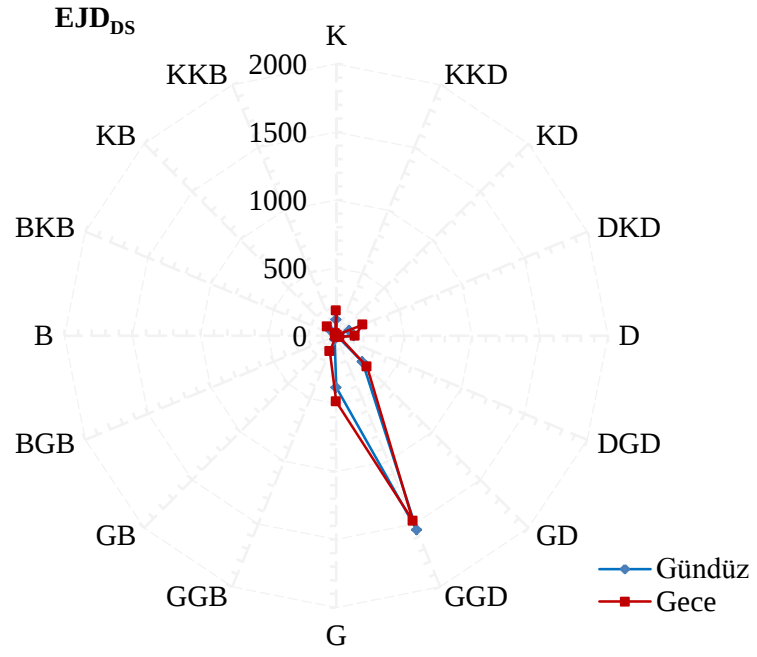
Şekil 4.18. EJD’de DS’den alınan 2012 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



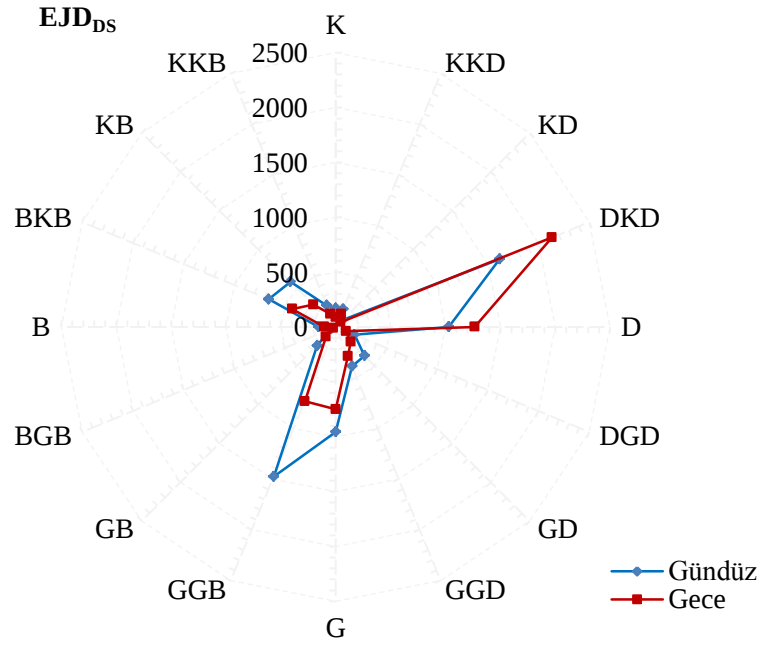
Şekil 4.19. EJD’de DS’den alınan 2013 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



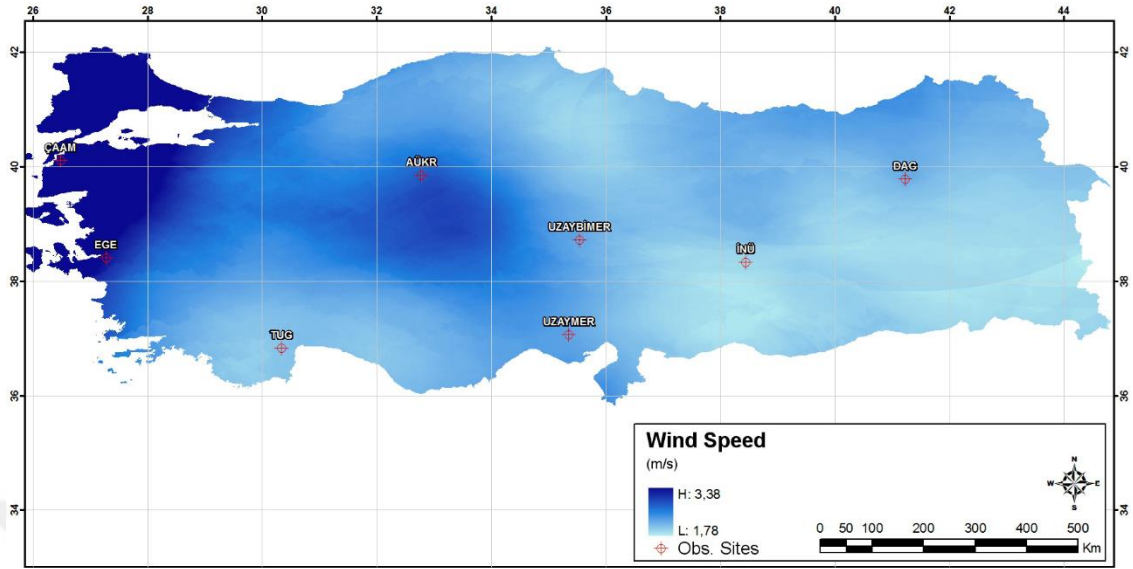
Şekil 4.20. EJD’de DS’den alınan 2014 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



Şekil 4.21. EJD’de DS’den alınan 2015 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



Şekil 4.22. EJD’de DS’den alınan 2016 yılı rüzgâr yönü sıklığı radar grafiği



Şekil 4.23. Türkiye'nin rüzgar hızı dağılım haritası (Aksaker vd. 2015)

Aksaker vd.'nin (2015) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin rüzgâr hızı dağılım haritası verilmiştir. Türkiye'nin sınırları içerisinde MGM'nin 362 istasyonundan (2012 yılına kadar) 40 yılı aşkın bir sürede alınan verilerle yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin rüzgâr dağılımı, Şekil 4.23'de sunulmuştur. Harita üzerinde Türkiye'de kurulu olan gözlem evleri ayrıca belirtilmiş olup, rüzgâr hızı büyüklüğü açık mavi tonlarda belirtilen bölgelerde en düşük olarak gösterilmiştir. DAG yerleşkesi, harita üzerinden de görüldüğü gibi rüzgâr hızının düşük olarak belirlendiği bir bölgede bulunmaktadır.

Çizelge 4.13. Dünya'daki bazı gözlem evlerine ait ortalama rüzgâr hızı bilgileri

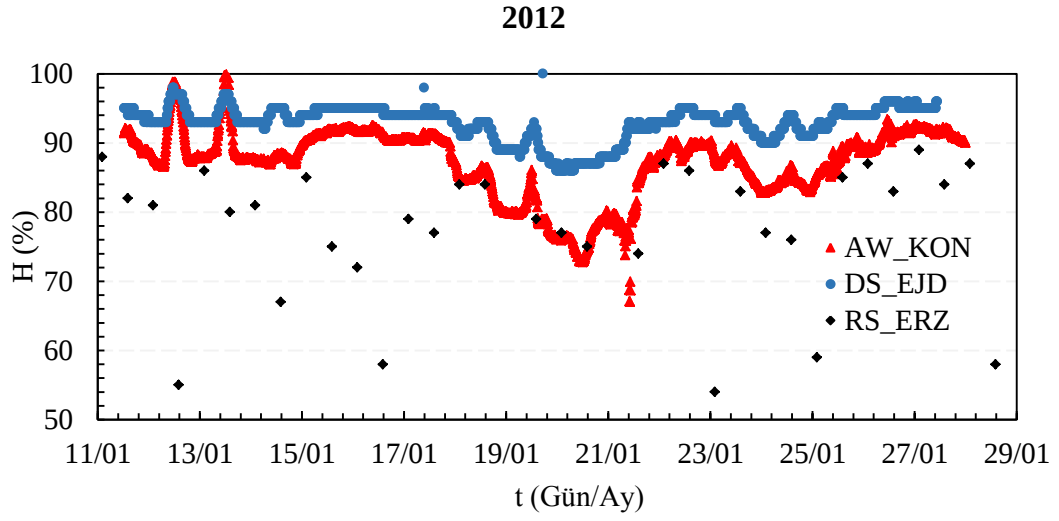
Gözlem evleri	Yükseklik (m)	V _{ort.} (m/s)
Hanle ⁽¹⁾ – Hindistan	4500	2,2
Dome C ⁽²⁾ – Antartika	3250	2,7
Paranal ⁽¹⁾ – Şili	2635	6,6
La Palma ⁽²⁾ – Kanarya Adaları	2400	6,6
S.Pedro Martir ⁽³⁾ – Amerika	2830	5,3
Las Companas ⁽⁴⁾ – Şili	2551	6,3
DAG: Konaklı	3170	6,6
DAG: Ejder	3175	2,7

(1) Anonim 2017d, (2) Aristidi vd. 2005, (3) Michel vd. 2003, (4) Carrasco vd. 2005

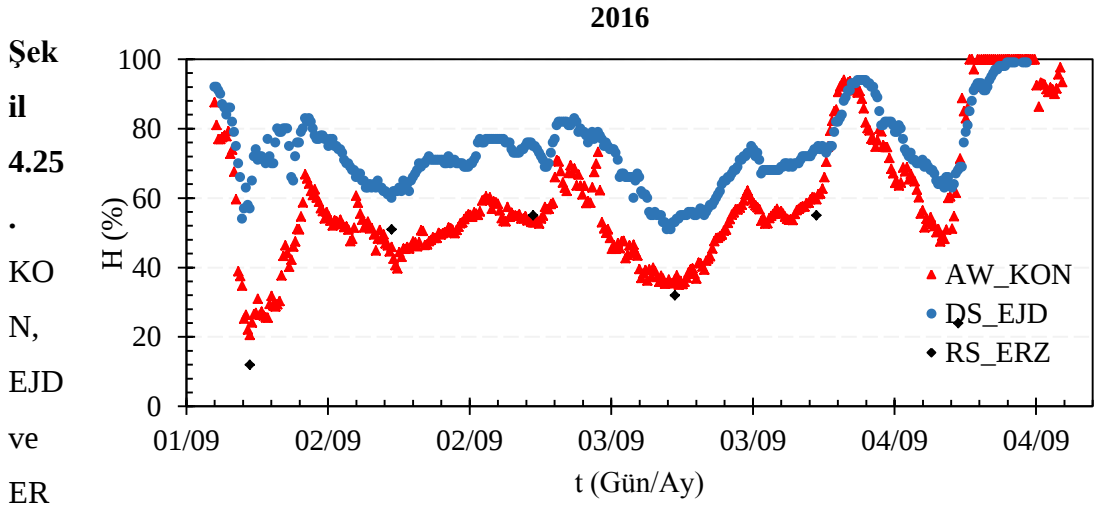
Dünya'daki diğer birkaç gözlemevi ile karşılaştırma yapmak gerekirse bazı gözlemevleri için belirlenmiş rüzgâr hızı ortalamaları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Gerek DAG yerleşkesi Konaklı'dan doğrudan elde edilmiş ölçümler gerekse yerine kullanılabilir olduğunu düşündüğümüz Ejder'den elde edilen verilere dayanarak elde edilen ortalama rüzgâr hız değerlerinin, gözlemevleri için kabul edilebilir değerler içinde olduğu ve bazı gözlemevleri yerleşkelerinden daha iyi değerlere sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir.

4.5. Nem

Astronomide nem değeri gözlem kalitesini belirleyen faktörlerden birisidir ve ne kadar düşükse gözlem kalitesi de o kadar iyi demektir. Şekil 4.24 ve 4.25'de, Konaklı (KON), Ejder (EJD) ve Erzurum'a (ERZ) ait farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) alınmış nem bilgilerinin değişimi gösterilmiştir. Konaklı'da ölçülen nem oranı, Ejder'e göre daha düşüktür. AWOS'un ölçümlerine eş zamanlı olarak çizilen bu grafiklere (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25) bakıldığında; her iki konum için nem oranları farklı ölçülmüş olmasına rağmen, nem değişim zamanları ve bu değişime tepkiler her iki konumda (KON ve EJD) ve farklı aygıtlar (AW, DS, RS) için uyum içinde olduğu rahatlıkla söylenebilir. Günde 2 kere olmasına rağmen eş zamanlı alınmış Radyosonda (RS) verileri (~50 km²'lik alanı kapsayan ölçümler aldığı kabul edilmektedir ve bu nedenle Erzurum şehir merkezinden atıldıktan sonra aldığı ölçüm alanı içine Konaklı'da Ejder'de rahatlıkla girmektedir), Konaklı - Karakaya Tepeleri rakımına (3170 m) yakın yükseklik değerleri (3100 - 3200 m arası) seçilerek noktalanmış ve bu değerlerle de uyum içinde olduğu görülmüştür. AWOS'un çalışma süresi daha önce belirtilen nedenlerle çok kısa aralıklarla gerçekleşebilmiştir. Bu nedenle, Konaklı ve Ejder'in nem oranlarındaki bu uyum dikkate alınarak; Konaklı'da ölçüm alınamayan dönemler için Ejder'deki nem değerlerinin kullanılmasında bir sakınca olmadığı düşünülmektedir. Kaldı ki, Konaklı'da ölçülmüş nem oranlarının daha düşük olduğu da ilgili grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 4.24. KON, EJD ve ERZ’da farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) nem değişimi (2012)



Şekil 4.25. KON, EJD ve ERZ’da farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) nem değişimi (2016)

Özellikle kırmızı öte (IR) gözlemlerinde düşük nem oranı çok önemlidir. Buna göre; %10 nem oranının altında (kuru bir havada) yapılacak IR gözlemleri en kaliteli tayfsal gözlem geceleridir. Astronomik bir gözlem için %80’in altındaki nem değerleri gözlem yapılabilir nitelikte olup; %80 üzeri ise gözlem yapılamaz koşullar olarak kabul

edilmiştir. Aşağıda verilen Çizelge 4.14’de, 2008 - 2016 yılları arasında özellikle IR gözlem şartlarını önemli ölçüde etkileyen %10, %20, %60 ve %80 nem oranları dikkate alınarak; farklı aygıtlardan (AW, DS, RS) iki ayrı konum (KON ve EJD) için bu değerlerin altında kaç gece ve gündüz olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14’de 2008 - 2016 yıllarına ait Konaklı ve Ejder için farklı aletlerden (DS, AW, RS) alınan nem oranlarına göre astronomik gözlem yapılabilir gün ve gece sayıları verilmiştir. Elde edilen sonuçlardaki farklılıklar, öncelikle aletsel farklılıklardan, ölçüm tekniklerinden ve ölçüm zamanındaki kesintilerden kaynaklanmaktadır. Nem değeri olarak en hassas ölçümlerin Konaklı’daki AWOS ile yapıldığı ve bu yüzden de daha düşük nem oranlarına inilebildiği bilinmektedir fakat çalışabilir süre açısından ne yazık ki şu ana kadar çok verimli çalışmamıştır. Bu yaz itibariyle DAG yerleşkesine sağlanacak kalıcı elektrik ve internet bağlantısı ile bu sorun da çözülmüş olacaktır. Buna karşın, nem ölçümleri açısından Konaklı ile uyum içinde olan Ejder’deki DAVIS verilerini kullanmak çokta hatalı olmayacaktır.

Çizelge 4.14. 2008 - 2016 yıllarına ait KON ve EJD için farklı aletlerden (DS, AW, RS) alınan nem oranlarına göre astronomik gözlem yapılabilir gün ve gece sayıları.

$H_{DS,AW,RS} (\%)$			EJD _{DS}					KON _{AW}					ERZ _{RS}				
			N	% 10	% 20	% 60	% 80	N	% 10	% 20	% 60	% 80	N	% 10	% 20	% 60	% 80
2008	Kış	Gece	Gece:314 Gündüz:316	12	26	41	65						Gece:334 Gündüz:365	4	14	26	35
		Gündüz		5	17	42	66							5	14	29	38
	İlk B.	Gece		-	4	38	53							1	2	37	57
		Gündüz		-	3	42	55							-	4	42	63
	Yaz	Gece		-	12	58	67							-	-	27	46
		Gündüz		-	2	56	65							-	-	44	58
	Son B.	Gece		-	1	33	55							1	2	32	60
		Gündüz		-	1	34	56							6	11	43	80
	Toplam	Gece		<u>12</u>	<u>43</u>	<u>170</u>	<u>240</u>							<u>6</u>	<u>18</u>	<u>122</u>	<u>198</u>
		Gündüz		<u>5</u>	<u>23</u>	<u>174</u>	<u>242</u>							<u>11</u>	<u>29</u>	<u>158</u>	<u>239</u>
2009	Kış	Gece	Gece:365 Gündüz:365	5	9	21	30						Gece:3650 Gündüz:352	7	17	34	53
		Gündüz		3	5	10	16							9	17	33	51
	İlk B.	Gece		1	3	18	27							1	5	25	53
		Gündüz		-	-	15	20							-	1	34	64
	Yaz	Gece		2	7	62	82							1	4	33	64
		Gündüz			1	64	83							-	2	45	74
	Son B.	Gece		3	7	45	63							1	2	29	67
		Gündüz		-	3	47	64							-	3	47	78
	Toplam	Gece		<u>11</u>	<u>26</u>	<u>146</u>	<u>202</u>							<u>10</u>	<u>28</u>	<u>121</u>	<u>237</u>
		Gündüz		<u>3</u>	<u>9</u>	<u>136</u>	<u>183</u>							<u>9</u>	<u>23</u>	<u>159</u>	<u>267</u>
2010	Kış	Gece	Gece:340 Gündüz:340	4	6	10	14						Gece:364 Gündüz:342	2	4	19	42
		Gündüz		3	4	8	17							5	7	21	55
	İlk B.	Gece		-	2	18	40							2	5	23	62
		Gündüz		-	3	22	35							-	1	33	75
	Yaz	Gece		1	8	55	64							1	4	33	69
		Gündüz		-	1	53	65							-	1	44	79
	Son B.	Gece		-	8	56	77							-	2	39	78
		Gündüz		-	9	58	76							-	1	62	86
	Toplam	Gece		<u>5</u>	<u>24</u>	<u>139</u>	<u>200</u>							<u>5</u>	<u>15</u>	<u>114</u>	<u>251</u>
		Gündüz		<u>3</u>	<u>17</u>	<u>141</u>	<u>190</u>							<u>5</u>	<u>10</u>	<u>160</u>	<u>295</u>

Çizelge 4.14. (devam)

2011	Kış	Gece	-	3	25	34	Gece:182 Gündüz:186					Gece:365 Gündüz:365	5	9	30	47
		Gündüz	-	2	26	32							4	9	33	54
	İlk B.	Gece	-	-	3	15							4	6	15	48
		Gündüz	-	-	5	14							2	4	25	55
	Yaz	Gece	-	-	31	51							-	-	22	53
		Gündüz	-	-	36	56							-	1	30	67
	Son B.	Gece	-	1	21	40							-	-	37	70
		Gündüz	-	2	22	39							-	2	45	83
	Toplam	Gece	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>80</u>	<u>140</u>							<u>9</u>	<u>15</u>	<u>104</u>	<u>218</u>
		Gündüz	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>89</u>	<u>141</u>							<u>6</u>	<u>16</u>	<u>133</u>	<u>259</u>
2012	Kış	Gece	-	-	2	2	Gece:148 Gündüz:151	2	6	18	33	Gece:325 Gündüz:350	4	12	42	56
		Gündüz	-	-	8	21		2	7	19	35		5	14	40	63
	İlk B.	Gece	-	-	5	5		3	11	22	42		1	7	27	64
		Gündüz	-	-	6	7		3	12	29	41		3	5	49	77
	Yaz	Gece	-	14	67	80		0	4	27	47		1	7	29	71
		Gündüz	1	21	80	81		0	4	29	49		1	2	61	83
	Son B.	Gece		2	50	70		0		3	7		-	4	34	73
		Gündüz	1	16	60	59		0		6	7		-	2	65	87
	Toplam	Gece	<u>0</u>	<u>16</u>	<u>124</u>	<u>157</u>		<u>5</u>	<u>21</u>	<u>70</u>	<u>129</u>		<u>6</u>	<u>30</u>	<u>132</u>	<u>264</u>
		Gündüz	<u>2</u>	<u>37</u>	<u>154</u>	<u>168</u>		<u>5</u>	<u>23</u>	<u>83</u>	<u>132</u>		<u>9</u>	<u>23</u>	<u>215</u>	<u>310</u>
2013	Kış	Gece	-	-	6	49	Gece:270 Gündüz:270					Gece:320 Gündüz:320	3	14	27	47
		Gündüz	-	-	16	54							5	14	37	57
	İlk B.	Gece	-	-	35	64							-	5	26	51
		Gündüz	-	2	56	66							2	4	35	65
	Yaz	Gece	-	2	63	69							-	2	28	57
		Gündüz	1	20	68	68							-	-	48	72
	Son B.	Gece	-	2	45	60							-	1	24	61
		Gündüz	-	16	49	60							-	3	57	83
	Toplam	Gece	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>149</u>	<u>242</u>							<u>3</u>	<u>22</u>	<u>105</u>	<u>216</u>
		Gündüz	<u>1</u>	<u>38</u>	<u>189</u>	<u>248</u>							<u>7</u>	<u>21</u>	<u>177</u>	<u>277</u>
2014	Kış	Gece	-	-	10	20	Gece:310 Gündüz:310					Gece:360 Gündüz:360	5	17	53	69
		Gündüz	-	-	12	19							6	28	50	63
	İlk B.	Gece	-	-	45	72							-	-	21	55
		Gündüz	-	3	73	82							-	-	38	69
	Yaz	Gece	-	10	65	70							-	2	26	64
		Gündüz	1	10	65	70							-	-	47	75
	Son B.	Gece	-	2	5	18		10	14	24	30		-	2	64	74
		Gündüz	-	2	10	20		38	38	46	50		-	3	75	82
	Toplam	Gece	<u>0</u>	<u>12</u>	<u>125</u>	<u>180</u>		<u>10</u>	<u>14</u>	<u>24</u>	<u>30</u>		<u>5</u>	<u>21</u>	<u>164</u>	<u>262</u>
		Gündüz	<u>1</u>	<u>15</u>	<u>160</u>	<u>191</u>		<u>38</u>	<u>38</u>	<u>46</u>	<u>50</u>		<u>6</u>	<u>31</u>	<u>210</u>	<u>289</u>

Çizelge 4.14. (devam)

2015	Kış	Gece	3	6	19	23	Gece:9 Gündüz:9					Gece:182 Gündüz:182	8	10	29	45
		Gündüz	4	8	20	23							2	12	33	58
	İlk B.	Gece	2	8	15	26							2	6	29	55
		Gündüz	2	11	14	23							2	5	34	64
	Yaz	Gece	3	6	42	70							-	-	16	22
		Gündüz	4	9	58	77							-	2	16	22
	Son B.	Gece	4	7	38	55							*	*	*	*
		Gündüz	1	6	40	57							*	*	*	*
	Toplam	Gece	<u>12</u>	<u>27</u>	<u>114</u>	<u>174</u>							<u>10</u>	<u>16</u>	<u>74</u>	<u>122</u>
		Gündüz	<u>11</u>	<u>34</u>	<u>132</u>	<u>180</u>							<u>4</u>	<u>19</u>	<u>83</u>	<u>144</u>
2016	Kış	Gece	-	2	8	12	Gece:9 Gündüz:9					Gece:365 Gündüz:365	4	10	22	72
		Gündüz	-	3	3	9							3	9	27	66
	İlk B.	Gece	2	6	18	36							4	9	23	62
		Gündüz	4	5	13	33							4	7	30	63
	Yaz	Gece	-	2	29	47		-	-	3	7		1	7	14	72
		Gündüz	3	6	33	54		-	-	6	7		1	3	19	75
	Son B.	Gece	5	6	32	40							1	4	17	24
		Gündüz	6	9	31	40							-	2	10	23
	Toplam	Gece	<u>7</u>	<u>16</u>	<u>87</u>	<u>135</u>		<u>0</u>	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>7</u>		<u>10</u>	<u>30</u>	<u>76</u>	<u>230</u>
		Gündüz	<u>13</u>	<u>23</u>	<u>80</u>	<u>136</u>		<u>0</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>7</u>		<u>8</u>	<u>21</u>	<u>86</u>	<u>227</u>

*: 2015 yılına ait MGM'de yaşanan teknik arıza sebebiyle istenilen RS verileri gönderilmemiştir.

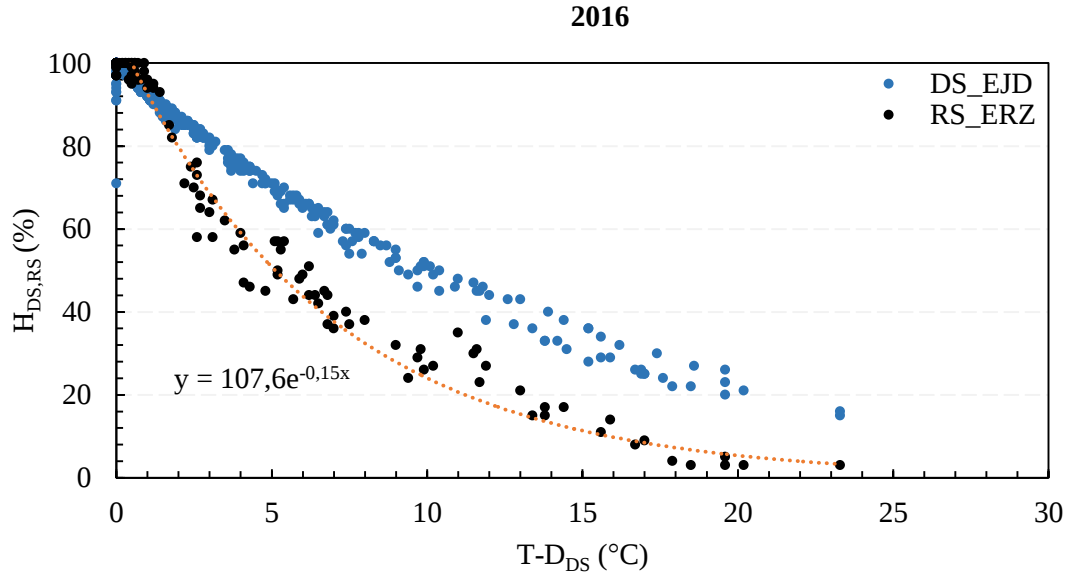
Çizelge 4.15'de ise, 3100 - 3200 m arasında iki ayrı konumdaki (KON ve EJD) üç ayrı veri kaynağından (AW, DS, RS) alınmış nem oranlarının inebildiği en düşük nem değerleri gösterilmiştir. Konaklı'da en düşük nem oranı %2 iken; Erzurum ve çevresini (~50 km²) temsil eden Radyosonda (RS) ile 3100 - 3200 m arasında ölçülen nem oranı %1'dir. Çok düşük nem oranları Çizelge 4.15'de koyu fontla yazılmıştır ve bu sayılar özellikle kırmızı ötesi gözlemler için en değerli geceleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.15. KON ve EJD’de farklı aygıtlarla ölçülmüş en düşük nem değerleri

H _{min.} (%)									
Yıl	Konum	12-1-2		3-4-5		6-7-8		9-10-11	
		Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz
2008	EJD _{DS}	9	9	25	17	28	18	24	19
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	3	3	3	15	28	32	8	25
2009	EJD _{DS}	9	9	17	19	9	19	13	18
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	<u>1</u>	<u>1</u>	3	13	8	18	7	11
2010	EJD _{DS}	9	9	26	20	25	23	10	12
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	<u>1</u>	9	5	21	17	19	6	6
2011	EJD _{DS}	13	17	38	37	29	22	16	17
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	3	7	5	4	8	18	12	7
2012	EJD _{DS}	43	33	38	23	15	9	17	10
	KON _{AW}	<u>2</u>	6	6	6	16	14	38	36
	ERZ _{RS}	3	3	8	6	19	21	13	8
2013	EJD _{DS}	42	41	23	19	17	10	17	12
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	6	5	15	5	26	15	3	2
2014	EJD _{DS}	45	31	26	18	13	10	14	16
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	7	4	24	27	20	17	5	7
2015	EJD _{DS}	6	7	6	6	8	6	2	2
	KON _{AW}	-	-	-	-	-	-	-	-
	ERZ _{RS}	<u>1</u>	5	4	10	35	33	-	-
2016	EJD _{DS}	12	15	3	3	17	7	3	3
	KON _{AW}	-	-	-	-	14	16	20	25
	ERZ _{RS}	8	5	3	3	17	17	3	3

“- “: Veri alınmayan zamanları ifade etmektedir.

Nem ölçümlerinde özellikle Ejder'de bir sorunla karşılaşmıştır: Ejder'de TRT kulesinde kurulu olan DAVIS meteoroloji istasyonunun nem ölçer alıcısının TV-Radyo yayınlarının yüksek mikrodalga ışınlamından etkilendiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, DAVIS ile ölçülen değerlerde farklılık olup olmadığının tespiti için hem klasik mekanik nem ölçer verileri hem de Radyosonda verilerinin aynı rakıma (~3175 m) denk gelen nem değerleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Özellikle Radyosonda ile alınan değerlerle karşılaştırıldığında belirgin farklı ölçümlerin olduğu tespit edilmiştir ve bunlara örnek analiz 2016 yılı için Şekil 4.26'da verilmiştir. Bu analiz için her iki aygıtında nem değerlerine (H) karşılık Sıcaklık ve Çiğ Noktası (T - D) değerleri çizilerek kalibrasyon yapmanın hem fiziksel hem de meteorolojik olarak doğru olduğu tespit edilmiştir. Meteorolojik olarak, T - D değeri, nem değerini belirleyen bir fark olduğu için önem taşımaktadır. Çünkü havanın sıcaklık değeri, havanın neme doymun olduğu sıcaklık değerine (çiğ noktası veya işba olarak adlandırılmaktadır) ne kadar yaklaşırsa, havanın taşıyabileceği nem de o kadar artmaktadır. Bunun anlamı ise T - D farkı sıfır iken hava %100 nem değerine ulaşmış demektir.



Şekil 4.26. 2016 yılı EJD'deki DS için nem kalibrasyon bağıntısı

Şekil 4.26'daki bağıntılara benzer şekilde diğer yıllara ait kalibrasyon bağıntıları da ayrıca Ek 6'da verilmiştir. Radyosonda verilerinden elde edilen kalibrasyon bağıntıları direk DAVIS nem ölçümlerine düzeltme şeklinde uygulanmıştır ve bu çalışmadaki Ejder'den DAVIS ile alınan nem değerleri düzeltilmiş nem değerleri olarak analiz edilmiştir. Benzer şekilde 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2015 yıllarındaki verilere de kalibrasyon yapılmasına ihtiyaç duyulmuş, fakat 2012, 2013 ve 2014 yıllarındaki ölçümlerde bu farklılık muhtemelen TRT vericilerindeki değişiklikler veya ayarlardan ötürü nem ölçümlerine yansımamıştır. Bu kalibrasyonlar için Radyosonda eğrisi temel alınarak, bir eğri fiti yapılmış; eğri fonksiyonunun denklemi ile DAVIS tarafından ölçülen nem değerleri T - D değerine göre düzeltilmiştir. Bu kalibrasyonlar her yıl için ayrı ayrı yapılmış olup; eğrilere en uygun olduğu tespit edilen üstel fonksiyon denklemi;

$$y = a.e^{b.x}$$

kullanılmıştır. Her yıl için bu fonksiyonun katsayıları ayrı ayrı belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Doğu Anadolu Gözlemevi'nin kurulduğu Konaklı - Karakaya Tepeleri ve çevresinin astronomik açıdan temel atmosferik özellikleri incelenmiştir. Yerleşkeye ait ayrıntılı atmosferik özellikler (sıcaklık, rüzgâr, nem, bulutluluk gibi) incelenerek, DAG için uygun ve yeterli olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışma ile atmosferik dönüşüm katmanının (ADK, ~2900 m), DAG yerleşke rakımının (3170 m) altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, DAG yerleşkesinin şehrin kirli atmosferinden yüksekte ve temiz bir gökyüzüne sahip olduğunu göstermektedir. DAG'ın kurulacağı Erzurum ve çevresine ait bulutluluk bilgileri MGM'den alınan Sinoptik verilerinden (2009 - 2016) ortalama 231 gece açık gece olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, açık gece sayısı yıllar içerisinde hiç 200 gecenin altına düşmemiştir. Açık gece sayısına göre de DAG yerleşkesi, Dünya'daki bazı gözlemevlerinden daha iyi değerlere sahip olduğu da ortaya çıkmıştır. Maksimum sıcaklık farkı değeri, Konaklı'da 16,7 °C (2015), Ejder'de 24,5 °C (2014) olarak belirlenmiş olup; atmosferin kararlı ve kararsız olduğu dönemler tespit edilmiştir. Genel olarak günlük sıcaklık farklarının maksimum ölçümlerine bakıldığında bile çok yüksek değerlere rastlanılmadığı görülmüştür. Bu ise DAG ve çevresinin kararlı bir atmosfere sahip olduğunu göstermektedir. Kısmen sabit rüzgâr yönüne sahip Konaklı'da kaydedilen tüm verilerin ortalama rüzgâr hızı büyüklüğü 6,6 m/s, ölçülen en yüksek rüzgâr hızı 37,9 m/s olarak belirlenmiştir. Konaklı'da ölçüm alınamamış zamanlar için kullanılabilir olduğunu düşündüğümüz Ejder verilerine göre de ortalama rüzgâr hızı 2,7 m/s ve ölçülmüş en yüksek rüzgâr hızı büyüklüğü ise 26,5 m/s olarak belirlenmiştir. Gerek Konaklı gerekse Ejder'den alınan tüm veriler ile elde edilen ortalama rüzgâr hızı değerlerinin kabul edilebilir aralıkta olduğu ve Dünya'daki bazı gözlemevlerinden daha iyi değerlere sahip olduğu görülmüştür. Öncelikle Konaklı'da ve de Ejder'de ölçülmüş en düşük nem oranı %2 iken; Radyosonda (3100 - 3200 m) ile ölçülen en düşük nem oranı %1'dir. Düşük nem oranı (< %10) özellikle IR gözlem yapmayı amaçlayan DAG için en uygun şartlardan birisidir.

DAG yerleşkesinin büyük çaplı teleskoba sahip bir gözlemevi için bilinen temel kriterlere fazlasıyla sahip olması; atmosferik dönüşüm katmanının, DAG yerleşkesinin rakımından düşük olması, açık gece sayısının yıl içerisinde 200 geceden fazla olması, özellikle çok düşük sıcaklıklara iniliyor olması, gün içinde sıcaklık farkının düşük olması (kararlı bir atmosfere sahip olunması), rüzgâr yönünün kararlı ve ağırlıklı olarak sabit birkaç yönden esiyor olması, düşük rüzgâr hızı ortalamasına sahip olması ve düşük nem oranlarına inilebiliyor olması, yapılan yer seçiminin doğru ve uygun olduğunun göstergesidir.

Aksaker vd. (2015) tarafından DAG'ın yer seçimini destekleyen diğer bir çalışma ise atmosferik uydu verilerinden elde edilmiş ve bütün Türkiye'nin tarandığı astronomik yer seçimi çalışmasıdır. Türkiye'de kurulmuş gözlemevleri ve gözlemevi kurulması için belirlenen uygun bölgelerin başında DAG yerleşkesinin olduğu farklı açılardan (Çizelge 1.1) gösterilmiştir. Yaptığımız bu tez çalışmasıyla da DAG'a ait sonuçların, uydu meteorolojisinden elde edilen sonuçları lokal ve yerel atmosferik özelliklerle de desteklediği ve sonuçların uyumlu (düşük rüzgâr hızı ve nem oranı, açık gece sayısının fazlalığı gibi) olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Büyük çaplı teleskop barındıran yerleşkeler arasında Dünya'nın 3. en yüksek gözlemevi yerleşkesi olarak DAG yerleşkesi Konaklı - Karakaya Tepeleri'nin kaliteli bir atmosfere sahip olduğu ve astronomik açıdan bir potansiyele sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, 2500 dönümlük DAG yerleşkesinin benzeri farklı teleskopları barındıran bir gözlemevi parkına dönüşmesi için bundan sonra da ışık, ısı, elektromanyetik, yapılaşma, toz ve duman gibi kirliliklerden korunması gerekmektedir. Bu tür atmosferik çalışmalar, daha sonraki yıllarda da devam ettirilecek ve DAG yerleşkesinin atmosferik kalite ölçümleri yıllar içinde karşılaştırmalı olarak yapılacaktır.

KAYNAKLAR

- Akkuş, T., 2010. Palandöken Dağı ve Çevresinin Atmosferik Özelliklerinin Belirlenmesi. Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Aksaker, N., Yerli, S.K., Erdoğan, M.A., Erdi, E., Kaba, K., Ak, T., Aslan, Z., Bakış, V., Demircan, O., Evren, S., Keskin, V., Küçük İ., Özdemir, T., Özışık, T., Selam, S.O., 2015, Astronomical Site Selection for Turkey Using GIS Techniques, Exp Astron, 39, 547–566.
- Andrew, B., and Macfarquhar, C., 1768-1771, Atmospheric Pressure. Encyclopædia Britannica, Chicago, 2500p.
- Anonim, 2016a. www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer (12.05.2016)
- Anonim, 2016b. www.timeanddate.com/sun/turkey/erzurum (22.09.2016)
- Anonim, 2016c. www.tug.tubitak.gov.tr/yersecimi.php (10.06.2016).
- Anonim 2017a, https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Atmosfer_Gecirgenligi_TR.jpg (20.01.2017)
- Anonim, 2017b. https://disc.gsfc.nasa.gov/ozone/additional/science-focus/about-ozone/atmospheric_structure.shtml (30.01.2017).
- Anonim, 2017c. www.eso.org/sci/facilities/paranal/site/paranal.html (25.01.2017).
- Anonim, 2017d. www.iiap.res.in/iao_site (25.01.2017).
- Aristidi, E., Agabi, K., Azouit, M., Fossat, E., Vernin, J., Travouillon, T., Lawrence, J. S., Meyer, C., Storey, J. W. V., Halter, B., Roth, W. L., Walden, V., 2005. An analysis of temperatures and wind speeds above Dome C, Antarctica. A&A 430, 739-746.
- Aslan, Z., Aydın, C., Tunca, Z., Demircan, O., Derman, E., Gölbaşı, O., and Marşoğlu, A., 1989, Site Testing for an Optical Observatory in Turkey. Astron. Astrophys, 208, 385-391.
- Carrasco, E., Avila, R., Carraminana, A., 2005. High-Altitude Wind Velocity at Sierra Negra and San Pedro Ma'tir. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 117, 104-110.
- Els, S.G., Travouillon, T., Schöck, M., Riddle R., Skidmore, W., Seguel, J., Buston, E. and Walker, D., 2009, Thirty Meter Telescope Site Testing VI: Turbulence Profiles. The Astronomical Society of the Pacific, 121, 527-543.
- Kadioğlu, M., Çakır, S., 2015. Meteoroloji; Atmosferimizi Anlamak (3. Baskı), (Ackerman S.A. ve Knox J.A., Çev.) 569s, İstanbul.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TÜMAS) Kullanım Kılavuzu, 2010, Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı, BİİS Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Michel, R., Hiriart, D. and Chapela, A., 2003, Four Years of Meteorological Measurements at San Pedro Mertir Observatory. RevMexAA (Serie de Conferencias), 19, 99-102.
- Vincent, S., 2013, Atmospheric Considerations for the CTA Site Search. AtmoHead Workshop, Germany.
- Ye Q.Z., Chen S.S., 2013. The ultimate meteorological question from observational astronomers: how good is the cloud cover forecast?. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 428, 3288-3294.

- Yeşilyaprak, C., Şahin, Y., Özdemir, S., Helvacı, M., Yerli, S.K., Güçav, B.B., Çoker, D., Aydın, E., Akça, B., Akkuş, T., Özpolat, Ö., Demirci, H., 2008. Palandöken Dağı'nın Atmosferik Özellikleri. 16.Ulusal Astronomi Kongresi, Çanakkale.
- Yeşilyaprak, C., Yerli, S.K., Aksaker N., Esendemir, A., Özdemir, S., Akkuş, T., Demirci, H., Şakar, E., Güney, Y., Dikicioğlu, E., Şahin, Y., Helvacı, M., Özışık, T., Güçav, B.B., Dinçel, B., Uzun, N., Aydın, E., Çoker, D., 2011. A Potential 4+ Class IR Telescope in East Anatolia. Telescopes from Afar, Hawaii - USA.
- Yeşilyaprak, C., Akkuş, T., Demirci, H., Yerli, S.K., Şahin, Y., Helvacı, M., Özışık, T., 2010. Palandöken Dağı'nın Atmosferik Özellikleri ve Astronomik Görüş Özellikleri. 17. Ulusal Astronomi Kongresi, Adana.
- Yeşilyaprak, C., Aliş, S., 2016, Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) ve Son Gelişmeler, Türk Astronomi Derneği Bülteni; Gökyüzü, 68, 11-17.
- Yüzlükoğlu, F., Güney, Y., Niaei, M.S., Kılıç, Y., Yerli, S.K., Yeşilyaprak, C., 2015,DAG:Atmosferik ve Astronomik Gözlem Sistemleri, 19.Ulusal Astronomi Kongresi, Ankara.
- Yüzlükoğlu, F., Yeşilyaprak, C., Yerli, S.K., Keskin, O., Güney, Y., Niaei, M.S., 2016
Local Meteoroloji Study for Eastern Anatolia Observatory (DAG), International Physics Conference at theAnatolian Peak, Erzurum
- Yüzlükoğlu, F., Yeşilyaprak, 2016, Erzurum ve Çevresinin Astronomik Açından Atmosferik Özellikleri, 20. Ulusal Astronomi Kongresi, Erzurum,

ÖZGEÇMİŞ

Funda YÜZLÜKOĞLU 1990 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü’nden mezun oldu. 2012 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Astrofizik Anabilim dalında yüksek lisans programına başladı.

