





# Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER): I. Gözlem Koşulları ve Güncel Projeler

A. Solmaz,<sup>1,2</sup>  N. Aksaker,<sup>1,3</sup>  A. Akyüz,<sup>1,4</sup>  Z. Kurt,<sup>1,5</sup>  S. Allak,<sup>1,6</sup> 

Y. Aladağ,<sup>1</sup>  M. Karakılçık,<sup>1,4</sup>  N. Emrahoğlu,<sup>1,7</sup>  M. Emin Özel<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER), Çukurova Üniversitesi, 01330, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> Uzay Gözlem, Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çağ Üniversitesi, 33800, Mersin, Türkiye

<sup>3</sup> Adana Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çukurova Üniversitesi, 01330, Adana, Türkiye

<sup>4</sup> Fizik Bölümü, Çukurova Üniversitesi, 01330, Adana, Türkiye

<sup>5</sup> Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilimdalı, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

<sup>6</sup> Fizik Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 17100, Çanakkale, Türkiye

<sup>7</sup> İlköğretim Fen Bilgisi Öğretmenliği, Çukurova Üniversitesi, 01330, Adana, Türkiye

Accepted April 10, 2021. Revised: April 2, 2021. Received: March 18, 2021.

## Özet

Çukurova Üniversitesi (ÇÜ) Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER) 1991 yılında kurulmuştur. Bu çalışmada, UZAYMER'de sürdürülen astronomi, astrofizik ve güneş enerjisi alanlarındaki güncel araştırmalar ile merkezin sahip olduğu astronomik altyapı hakkında bilgi verilmektedir. Bununla birlikte, AstroGIS veri tabanından derlenen uzun dönem (20 yıllık) ve meteoroloji istasyonundan alınan orta dönem (9 yıllık) ölçümler ile UZAYMER'in astrometeorolojik durumu değerlendirilmektedir. Gözleminde sürdürülen bilimsel gözlemlere ait astronomik sönümlenme katsayıları, görüş koşulları ve ışık kirliliği ölçümleri sunulmaktadır. 50 cm ayna çapına sahip UZAYMER Teleskobu'nun (UT50) gözlem limitleri hesaplanarak gözlem performansı değerlendirilmiştir. İyileştirilen teknik altyapısı ve artan insan kaynağı ile UZAYMER hem ulusal hem de uluslararası bilimsel iş birliklerini sürdürebilecek bir seviyeye ulaşmıştır. Ayrıca UZAYMER, yıllık açık gece sayısı, uygun hava koşulları ve karanlık gökyüzü değerleri ile 2141 gözlemevi arasında Astronomik Gözlemevleri Uygunluk İndisi (SIAS) ölçeğinin A kategorisinde 972. sırada yer almaktadır (Aksaker et al. 2020).

## Abstract

Çukurova University Space Sciences and Solar Energy Research and Application Center (UZAYMER) was founded in 1991. In this work, we present current research in the fields of astronomy, astrophysics and solar energy and the astronomical infrastructure of the center. In addition, the astrometeorological status of UZAYMER was investigated using long-term (20 years) data from the AstroGIS database and moderate-term (9 years) measurements taken from the meteorological station. Astronomical extinction coefficients, seeing conditions and light pollution measurements of UZAYMER were also obtained. Furthermore, the observation limits were determined for the UZAYMER 50 cm telescope (UT50) and the observation efficiency was evaluated. UZAYMER has reached a level that can support both national and international scientific collaborations with its improved technical infrastructure and increased human resources. With its annual number of clear nights, favorable weather conditions and dark sky values, UZAYMER ranks 972 in Group A of the Suitability Index for Astronomical Sites (SIAS) among the 2141 observatories (Aksaker et al. 2020).

**Anahtar Kelimeler:** light pollution - site testing - methods: observational - methods: data analysis

## 1 Giriş

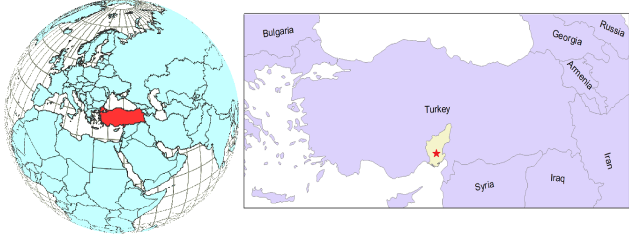
Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER)'in kuruluşu, Fen Edebiyat Fakültesi (o zamanki adıyla, Temel Bilimler Fakültesi) kurucu dekanlık görevini yürüten Prof. Dr. Hakkı Ögelman'ın, "Adana koşullarında iklimlendirme işlevleri olan bir 'Güneş Evi' kurulması" projesi (1981) ile başlamıştır. Bu proje, yenilenebilir enerji kaynaklarını (Güneş enerjisi, biyogaz, vb.) kullanarak ısıtma, soğutma (iklimlendirme), sıcak su ve yakıt gibi girdilerin olabirliğini denetlemek amacıyla oluşturulmuştur. Bu alanda elde edilen ilk başarılı sonuçlar yayınlanmıştır (Altun 1985).

1990 yılında Çukurova Üniversitesi Fizik bölümüne katılan

Prof. Dr. Mehmet Emin Özel bu yapı ile ilgilenerek Çukurova Üniversitesi, Bonn Max Planck Enstitüsü ve Humboldt Vakfının desteklerini alan projesi ile "Güneş Evinin", "Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezine" (UZAYMER-1991) dönüştürülmesini sağlamıştır. Başlangıçta, yüksek enerji astrofiziki, radyo astronomi, güneş enerjisi, biyogaz ve uydularla uzaktan algılama konularında yürütülen çalışmalar, daha sonra X-ışınları ve optik astronominin güncel konuları ve güneş enerjisine odaklanmıştır. Yürütülen ulusal ve uluslararası ortak çalışmalar ve projelerle birlikte, üretilen yayınlar ile yüksek lisans ve doktora tezlerinin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

2010 yılında UZAYMER'e yeni yapılan bir gözlemevi binası ve kubbe ile 30 cm ayna çaplı teleskop kurulmuştur. Bu teleskopla her seviyede öğrenci için eğitim amaçlı gözlemler

\* arifsolmaz@cag.edu.tr



**Şekil 1.** UZAYMER'in ÇÜ yerleşkesi içindeki konumu. Güneş panellerinin bulunduğu yapı (paneller sonradan eklenmiştir) ve kubbeli binaya uzanan kısım, ilk Güneş Evinin bulunduğu mekandır. 2010'da yapılan ÇÜ Gözlemevi binası, Güneş Evi uzanımına bitişik kubbeli, 3 katlı yapıdır. Kayar çatılı, fotoğrafta üstü açık (çatısı kaydırılmış) prefabrik yapı, UT50'nin bulunduğu yapıdır. Üstte, Üniversite Yerleşkesini büyük ölçüde çevreleyen Seyhan Baraj Gölü görülmektedir. Altta, Türkiye'nin ve Adana'nın konumları daha geniş perspektiflerden verilmektedir. UZAYMER  $37^{\circ}03'20''36$  K enleminde  $35^{\circ}20'52''19$  D boylamında ve deniz seviyesinden 130 m yükseklikte yer almaktadır. Yukarı yön haritada kuzeyi göstermektedir.

başlanmıştır. 2017 yılında, kayar çatılı prefabrik bir gözlemevine yerleştirilen 50 cm ayna çaplı UZAYMER'in en büyük teleskobu UT50 ile araştırma odaklı gözlemler başlatılmıştır. Uluslararası bir gözlem projesi kapsamında seçilen çift yıldız sistemlerinin fiziksel özellikleri UT50 gözlemleri ile belirlenmiştir (Poro et al. 2020, 2021).

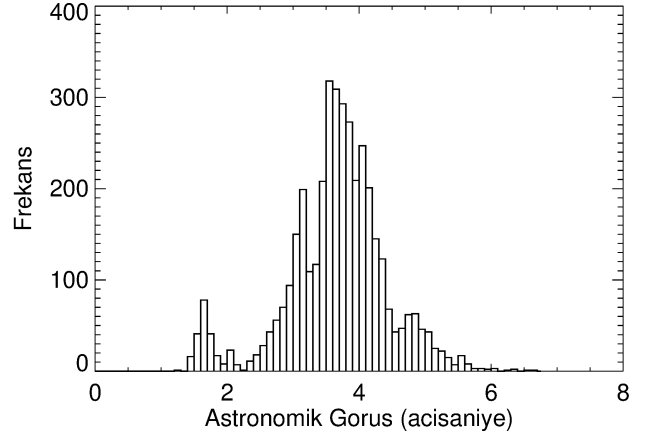
Bu çalışmada UZAYMER'in kuruluşu, mevcut teknik altyapı, gözlemevinin hava ve iklim koşulları ile astronomik gözlem kalitesi ve yürütülen bilimsel çalışmalar hakkında bilgiler sunulmaktadır.

## 2 Gözlem Araçları ve UT50 Gözlemevi Koşulları

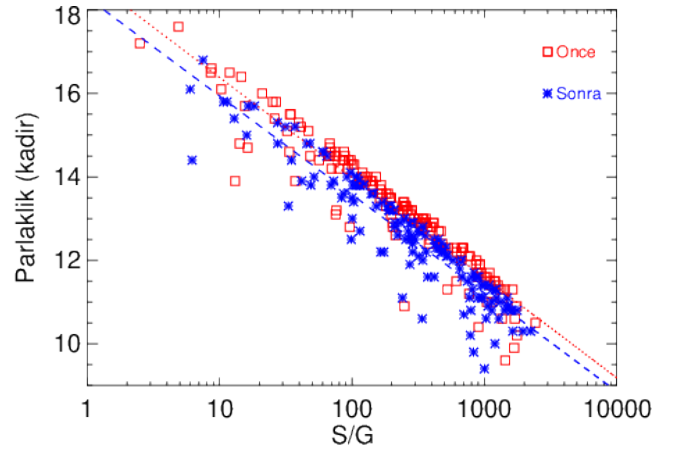
Adana şehir merkezine  $\sim 10$  km mesafedeki Çukurova Üniversitesi kampüsünde bulunan UZAYMER  $37^{\circ}03'20.36''$ K enleminde  $35^{\circ}20'52.19''$ D boylamında, Seyhan Baraj Gölü kıyısında ve deniz seviyesinden 130 m yükseklikte konumlanmıştır. UZAYMER'de 1 adet 50 cm (UT50), 1 adet 30 cm ve 4 adet 20 cm çaplarında toplam 6 teleskop bulunmaktadır. Ancak bilimsel araştırmalar için en büyük ayna çapına sahip teleskop (UT50), amatör ve eğitim amaçlı faaliyetler için diğer teleskoplar kullanılmaktadır. UZAYMER'in konumu Şekil 1'de verilmektedir.

### 2.1 Gözlem Araçları

UT50 teleskobunun birincil ayna çapı 500 mm, odak oranı  $f/8$ , ve görüntü ölçeği  $51''.56/\text{mm}$ 'dir (Carroll & Ostlie 1996). Teleskop Ritchey-Chrétien (RC) optiğine sahip ve GM4000



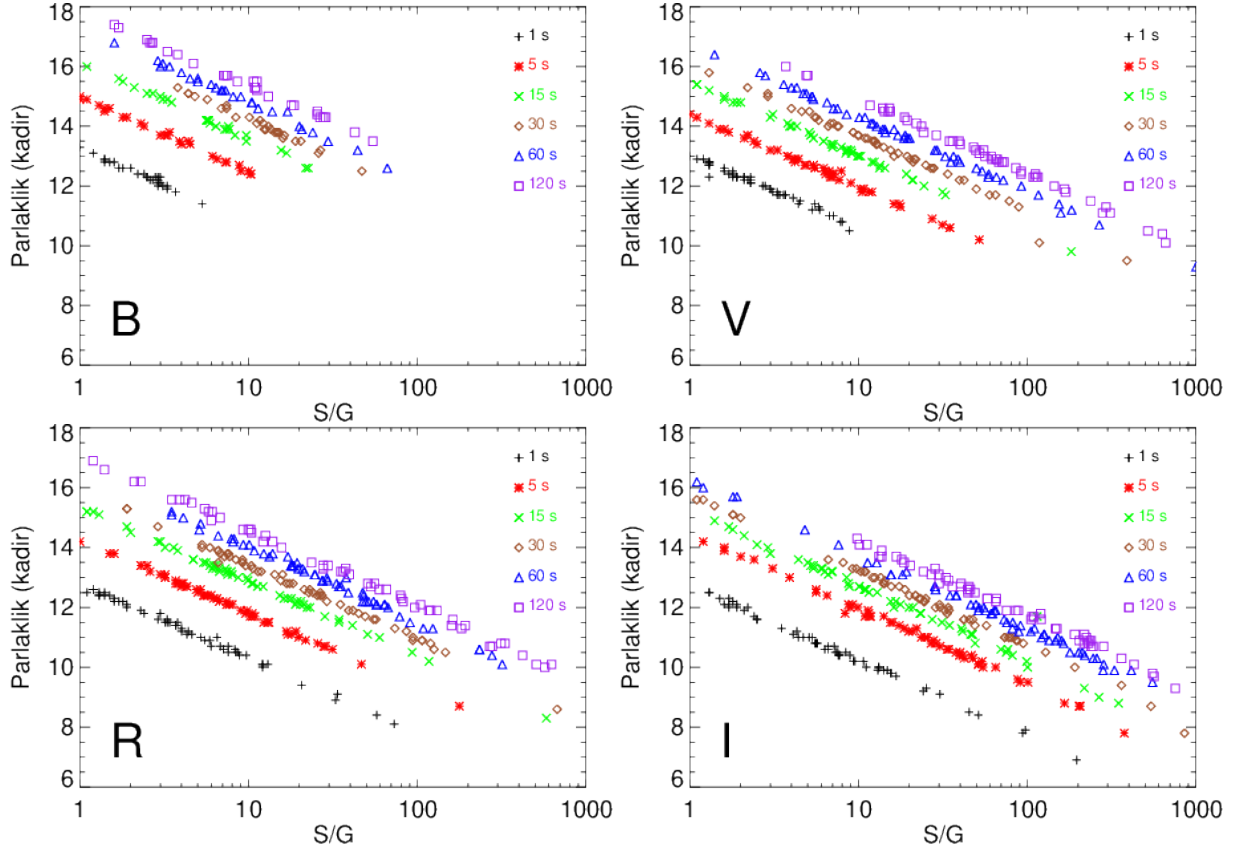
**Şekil 2.** UT50 verileri kullanılarak oluşturulan astronomik görüş değerlerinin histogramı. Astronomik görüş  $1''.5$ ,  $3''.5$  ve  $5''.0$  olmak üzere 3 farklı bölgede toplanmıştır. Histogram genel olarak ortalama astronomik görüş seviyesinde kümelenmiştir.  $1''.5$  civarında astronomik görüş kümelenmesi (%4) az olmakla birlikte UZAYMER'in zaman zaman iyi kalitede astronomik görüşe sahip olduğu görülmektedir. Buradaki dağılım belli bir zaman aralığında kümelenmemiştir.



**Şekil 3.** UT50'nin birincil ayna yıkanmasından önce (kırmızı kareler) ve sonra (mavi yıldız) filtresiz gözlemlerinin sinyal gürültü (S/G) oranına göre değişimi. Ölçüm değerlerine en iyi uyumu veren fitlerin denklemleri kırmızı nokta ve mavi kesikli çizgi için sırasıyla  $y = -2.4x + 18.79$  ve  $y = -2.4x + 18.30$  olarak belirlenmiştir. Çizgilerin seviyeleri arasında  $\sim 0.5$  kadir fark görülmektedir.

QCI Alman ekvatoryal kundaktan oluşmaktadır. 12 yuvalı FLI CFW2-7 model filtre tekeri üzerinde standart UBVRi filtreleri ile gözlemler yapılmaktadır. Optec TCF-Si model odaklayıcı, filtre tekeri ile CCD arasında sıcaklık durumuna göre odak ayarı yapabilen bir kurguda bulunmaktadır. UT50'de geniş görüş alanına ( $30'.4$ ) sahip  $4096 \times 4096$  piksel (piksel ölçeği =  $0''.463/\text{piksel}$ ) FLI Proline PL16803 Monochrome model bir CCD kullanılmaktadır.

UZAYMER profesyonel bir gözlemevi altyapısına sahiptir. İnternet altyapısı elektrik kesintisinden bağımsız olup bu kesintiler gözlemleri etkilememektedir. Bunu sağlamak için UT50 teleskop binası 2 kVA'lık bir güç birimi (UPS) ile desteklenmektedir.



Şekil 4. UT50'nin sırasıyla B, V, R ve I filtrelerindeki parlaklık değerlerine karşılık sinyal gürültü (S/G) oranı değişimi. Grafiklerin sağ kısmında poz süreleri farklı semboller ile gösterilmiştir.

tedir. Anlık veri indirme hızı  $\sim 100$  Mbps'dir. Teleskoba bağlı bilgisayarda (Win8) dış kullanım için güvenlik duvarı düzenlemeleri yapılmıştır. Uzaktan denetim masaüstü programları (Temaviewer, Anydesk vb) ile UT50 uzaktan kullanıma uygun hale getirilmiştir.

## 2.2 Gözlemevi Koşulları

### 2.2.1 Astronomik Görüş

UT50 sisteminde kurulu FLI CCD ile alınan, toplam 84 gecelik (2020) gözlem verisi kullanılarak astronomik görüş çalışması yapılmıştır. Bir IDL programı ile görüntülerde ortalama Yarı Yükseklikteki Tam Genişlik (FWHM) değerleri hesaplanmış ve CCD'nin piksel ölçeği ile çarpılarak astronomik görüş değerleri hesaplanmıştır. Filtre kaynaklı odak değişimlerinden etkilenmemek ve en fazla gözlem verisinden yararlanmak amacıyla R filtresinden alınan veriler kullanılmıştır. Toplamda astronomik görüş hesaplamaları için  $\sim 4000$  görüntü kullanılmıştır. Hesaplanan değerlerle oluşturulan astronomik görüş histogramı Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre UZAYMER için medyan astronomik görüş  $3''.7$  olarak belirlenmiştir. Astronomik görüş en düşük  $1''.2$  ve en yüksek  $6''.6$  değerindedir. Astronomik görüş ölçümlerinden elde edilen bu değerler CCD görüntülerinin odak değişiminden etkilenmektedir. Ancak, astronomik görüş için kullanılan Diferansiyel Görüntü Takip Monitörü (Differential Image Motion Monitor - DIMM) ölçü aleti kullanılarak elde edilecek değerler bizim ölçümlerimizden daha düşük olacaktır.

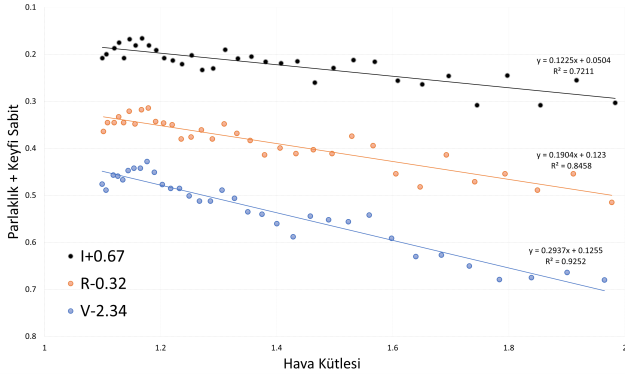
### 2.2.2 Gözlem Limitleri

UT50 aynalarının zaman içerisinde tozlandığı belirlenmiştir. Bu nedenle birincil aynanın yıkanmasına karar verilmiştir. 28 Aralık 2020 tarihinde saf su kullanılarak birincil ayna temizlenmiştir. Bu işlemden bir gece önce ve bir gece sonra 120 s poz süresiyle filtresiz NGC 103 açık küme gözlemi yapılarak kümedeki yıldızların parlaklık değişimleri incelenmiştir. Veri indirgemeleri sonrasında elde edilen sinyal gürültü oranına karşılık parlaklık grafiği Şekil 3'te verilmiştir. Bu grafiğe göre verilerde  $\sim 0.5$  kadir iyileşme gözlenmiştir.

UT50'nin gözlem limitlerinin belirlenmesi amacıyla NGC 103 açık kümesinin B, V, R ve I filtrelerinde gözlemleri yapılmıştır. Verilerin ön indirgemeleri AIJ (AstrolmageJ) V3.2.0 ile fotometri işlemleri MaximDL V6.0 ile yapılmıştır. Şekil 4'te B, V, R ve I filtrelerinde 1, 5, 15, 30, 60 ve 120 s poz süreleri için gözlem limitleri verilmiştir. Fotometrik sonuçlara göre 120 s poz süresinde 100 sinyal gürültü oranında (S/G) limit parlaklıklar B, V, R ve I filtrelerinde sırasıyla 12.9, 12.4, 12.0 ve 11.7 kadir olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde 120 s poz süresinde 1 S/G için limit parlaklıklar B, V, R ve I filtrelerinde sırasıyla 17.9, 17.5, 17.2 ve 16.8 kadir olarak belirlenmiştir. Asteroid örtülme olayları ile Neptün-ötesi nesnelere için 1 s poz süresinde beklenen  $\sim 4-5$  S/G oranında parlaklıklar sırasıyla 13.3, 13.0, 12.8 ve 12.7 kadir olarak hesaplanmıştır.

### 2.2.3 Dönüşüm Katsayıları

UZAYMER'in atmosferik koşullarında alınan verilerin standart fotometrik sisteme dönüşüm katsayılarının belirlenmesi



**Şekil 5.** UT50 ile yapılan standart yıldız gözlemlerinden elde edilen V, R ve I filtrelerindeki gecelik sönmülme katsayıları. Tüm gözlemlerde Landolt kataloğunda listelenen standart yıldızlar kullanılmış olup gecelik gözlemlerde ufuk yükseklikleri 30 ila 60 dereceye kadar nesnelere hava kütleleri bilgileri kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** UZAYMER'den alınan verilerden oluşturulan V, R ve I filtrelerindeki birinci dereceden gecelik sönmülme katsayıları, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T100 teleskobu değerleri ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Sönmülme Katsayısı	UZAYMER	İST60	T100
$k_V$	$0.29 \pm 0.02$	$0.39 \pm 0.02$	0.206
$k_R$	$0.19 \pm 0.02$	$0.28 \pm 0.02$	0.115
$k_I$	$0.12 \pm 0.02$	$0.20 \pm 0.15$	0.093

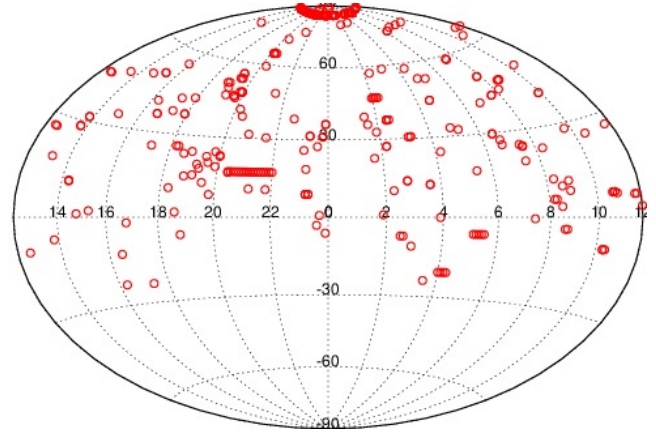
amacıyla V, R ve I bantlarında standart yıldızlar kullanılarak gözlemler yapılmıştır. Tüm gözlemlerde Landolt'un (Landolt 2009) kataloğunda listelenen standart yıldızlar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de ve Şekil 5'te verilmiştir. Tablo 1'de üç farklı gözleminde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre UZAYMER'de elde edilen katsayılar İST60 değerlerinden (Tüysüz 2012) düşük ancak T100 değerlerinden (Bostancı 2012) yüksektir. Ancak bu katsayıların dönemsel ve mevsimsel değişimlerden etkilendiği dikkate alındığında, sonuçların ayrıntılı olarak karşılaştırılması ve gözlemlere olan etkilerinin tartışılabilmesi için uzun dönemli ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

### 2.3 UT50 Gözlemleri

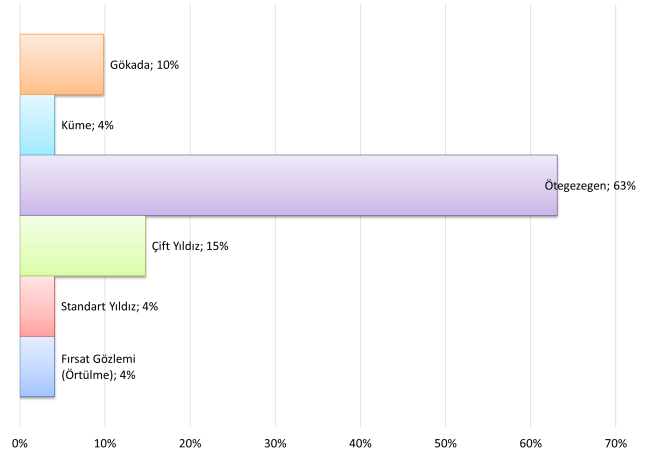
UT50 ile ilk ışık 2013 yılında alınmıştır (Emrahoğlu 2013). 2018 yılında Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı kurulana kadar teleskoplar bilimsel araştırmalarda etkin olarak kullanılmamıştır. 3 yıllık UT50 veri arşivi (65848 FITS dosyası) içerisindeki ötegezegen, standart yıldız, açık küme ve diğer gözlemlerden oluşan toplam 122 farklı kaynağın konumları Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu kaynakların nesne türlerine göre dağılımı Şekil 7'de verilmektedir. UT50 teleskobu ile çoğunlukla lisansüstü tez çalışmalarında incelenen ötegezegenler gözlemlendiğinden ötegezegenler çoğunluktadır.

### 3 Araştırma Konuları

UZAYMER'de ulusal ve uluslararası iş birliklerine dayalı bilimsel projeler kapsamında X-ışın çiftleri, uzaktan algılama, güneş en-



**Şekil 6.** UT50'nin gözlemlerinin (2299 adet) Hammer-Aitoff projeksiyonunda ekvatoryal koordinatlarda gösterimi. Gözlem koordinatları kırmızı halkalar şeklinde işaretlenmiştir. Kutup yıldızına yakın (grafikte üstteki yarım daire) ve 20-22° sağ açıklık (dik açıklığı ~20°) arasındaki sürekli yönelmeler teleskobun park pozisyonunu göstermektedir.

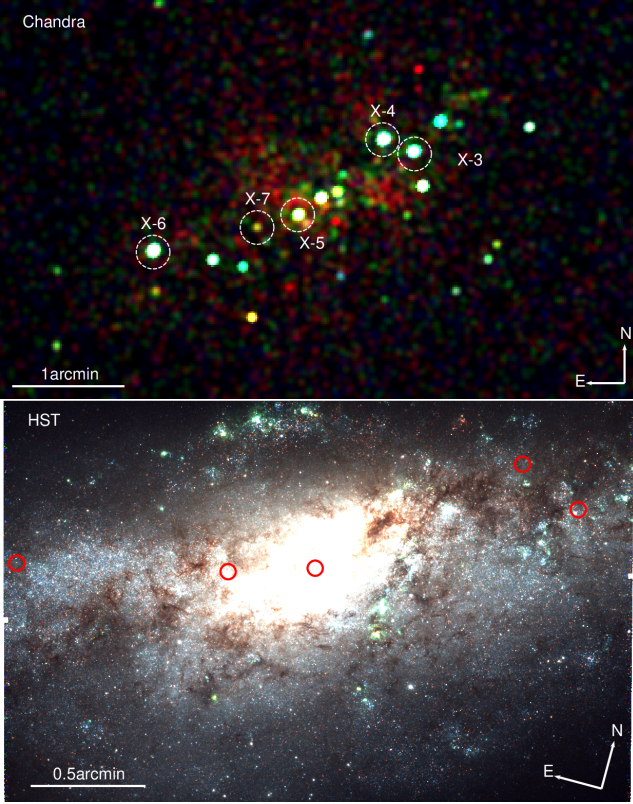


**Şekil 7.** UT50 ile gözlenen kaynak türlerinin dağılımı. Tür olarak en çok ötegezegen gözlemleri yapıldığından teleskop zamanı büyük oranda bu tür kaynakların geçiş gözlemlerine ayrılmaktadır. Şekilde yatay eksen gözlem zamanını temsil etmektedir.

erjisi, ötegezegenler, gezegenimsi bulutsular ve astronomik yer seçimi konularında araştırmalar yapılmaktadır.

### 3.1 X-ışın Çiftleri

Bir kütle aktaran (donör) yıldız ve bir sıkı cismin (beyaz cüce, nötron yıldız veya kara delik) oluşturduğu sistemlere X-ışın çifti denir. Bu çift sistemde donör yıldızdan sıkı cisim üzerine madde yığılmasıyla X-ışın yayını oluşmaktadır. Galaktik ya da galaksi ötesi X-ışın çiftleri (XRB), X-ışın astronomisinin güncel araştırma konuları arasındadır. X-ışın çiftlerinin bir alt sınıfı olan Aşırı Parlak X-ışın kaynakları (APX) gökadalardan merkez bölgesinde bulunmayan, ayrık kaynaklardır. Bu kaynaklar, X-ışını ışıma  $L_X > 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$  değeri ile Galaktik XRB'ler ve Aktif Galaktik Çekirdekler arasında bir sınıf olarak tanımlanmaktadır. Yaygın kabul gören bazı modeller, APX'lerin içerdiği yıldız kütleli ( $< 100 M_{\odot}$ ) kara delikler veya nötron yıldızları üzerine

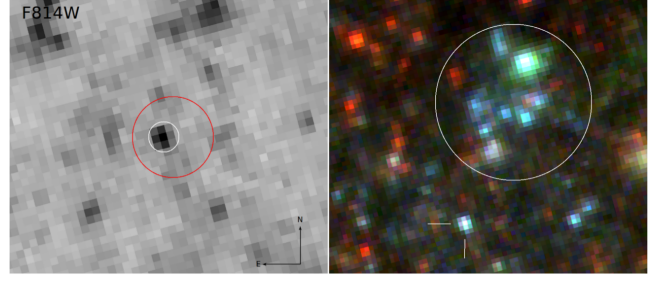


**Şekil 8.** NGC 4490 gökadasının Chandra (üst panel) ve HST (alt panel) görüntüleri. Chandra üç renk görüntüsü için kırmızı 0.3-1 keV, yeşil 1-2 keV ve mavi 2-10 keV enerji aralıkları kullanılmıştır. HST üç renk görüntüsü için kırmızı ACS/F814W, yeşil ACS/F555W ve mavi ACS/F438W görüntüleri kullanılmıştır.

Eddington limitini aşan miktarda (süper-Eddington) yığılmaya gözlenen yüksek ısıtmaya ulaşabileceğini önermektedir (Poutanen et al. 2013; Sutton et al. 2013; Bachetti et al. 2013; Israel et al. 2017b; Kaaret et al. 2017). Diğer bazı modellerde ise, APX'lerde bulunabilecek orta-kütleli ( $100-10^4 M_{\odot}$ ) kara delikler üzerine Eddington limitinin altında (sub-Eddington) yığılma oranıyla bu ışımının oluşabileceği belirtilmektedir (Colbert & Mushotzky 1999; Madau & Rees 2001; Mezcua et al. 2015). M82 gökadasında bir APX X-2'den algılanan düzenli atımların (puls) keşfi ile bu çift sistemlerde süper-Eddington yığılma oranı ile yüksek ısıtmanın oluşma olasılığı önem kazanmıştır (Bachetti et al. 2014). Şimdiye kadar, keşfedilen ve buna benzer atım kaydedilen APX sayısı altıdır (Israel et al. 2017a; Fürst et al. 2016; Carpano et al. 2018; Sathyaprakash et al. 2019; Rodríguez Castillo et al. 2020).

Yeni nesil X-ışın uydularının (Chandra, XMM-Newton ve NuSTAR) gözlemleriyle bu kaynakların doğası hakkında önemli ipuçları elde edilmektedir. Chandra ve XMM-Newton gözlemleri  $\sim 0.2-10$  keV ve NuSTAR ise  $3-78$  keV enerji aralığında fotonları algılamaktadır. APX'lerin doğasını incelemek amacıyla X-ışın gözlemlerinin yanı sıra çoklu dalga boyu gözlemleri (optik, kırmızı ötesi, radyo) önemli bilgiler sunmaktadır. Bu kaynakların optik karşılıklarının belirlenmesi için Hubble Uzay Teleskobu (HST) ve  $4m+$  sınıfı teleskop verilerinden yararlanılmaktadır.

UZAYMER çalışma grubu ve Rusya Bilimler Akademisi



**Şekil 9.** NGC 4490 gökadasında APX X-4'ün HST/WFC3 F814W görüntüsü (sol) ve X-4 yakınlarındaki yıldız grubunun üç renk HST görüntüsü (sağ; kırmızı: F814W, yeşil: F555W, mavi: F438W). Sol paneldeki kırmızı daire yarıçapı  $0''.21$  X-4'ün konumunu temsil eder. Yakınlaştırılan görüntünün alanı  $\sim 1.6 \times 1.3$  yaysaniesidir. Beyaz daire çapı  $1''.4$  olup, yıldız grubunun merkezinden X-4'e olan uzaklık  $\sim 1''.2$ 'dir.

Özel Astrofizik Gözlemevi (SAO RAS)'dan bir grup araştırmacı ile gerçekleştirilen "APX'lerin X-ışın ve optik özelliklerinin belirlenmesi" hakkında yaptığımız çalışmalar özetle şöyledir:

NGC 4490/4485 etkileşen galaksi çiftinde yedi APX'ten beşinin olası optik karşılıkları belirlenmiştir (Avdan et al. 2019). NGC 4490 galaksisinde bulunan APX'lerin konumlarının belirtildiği üç renk Chandra ve HST görüntüleri Şekil 8'de verilmiştir. HST arşiv verileri kullanılarak optik adayların mutlak parlaklıklarının  $-3.5$  ile  $-6.0$  kadir arasında olduğu hesaplanmıştır. Optik adayların yaş ve kütle değerleri ve çevreleri ile olası bağlantılarını araştırmak için renk-kadir diyagramları kullanılmıştır. Adayların konumlarının, yakın yıldız grubu/kümesi içinde ya da yakınında olması durumunda olası oluşum ve fırlatma mekanizmaları araştırılmıştır (Şekil 9). X-ışın arşiv verileri analiz edilerek, kaynak doğasının anlaşılmasında önemli olan uzun ve kısa süreli akı değişkenlikleri incelenmiştir. Ayrıca, incelenen çift sistemlerde periyodik bir sinyalin bulunmadığı durumlarda, sıkı cismin (olası bir kara delik) kütesinin yıldız kütleli kara deliklere ( $10-15 M_{\odot}$ ) işaret ettiği belirlenmiştir. APX'lerin ışım mekanizmasının anlaşılmasında önemli olan X-ışın ve optik özelliklerinin incelenmesi hakkında benzer çalışmalar; NGC 5474, NGC 3627 ve NGC 2500 galaksilerinde bulunan APX X-1 kaynakları (Avdan et al. 2016; Aksaker et al. 2019), NGC 4258 galaksisinde bulunan APX X-3 ve X-6 kaynakları için yapılmıştır (Avdan et al. 2016; Akyuz et al. 2020). Bununla birlikte NGC 1316'da 2019 Chandra arşiv verileri kullanılarak APX X-7 olarak adlandırılan yeni bir kaynak tanımlanmıştır. APX X-7 çoklu dalga boylarında incelenerek sistemdeki sıkı cisim kütesinin  $\sim 8 M_{\odot}$  olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca donör yıldızının tayfsal enerji dağılımı kara cisim modeli ile modellenerek olası bir geç tayf türü (M tipi süper dev) yıldız olduğu belirlenmiştir (Allak et al. 2020).

Bununla birlikte, UZAYMER çalışma grubunun APX'lerin incelenmesinin yanı sıra Samanyolu ötesi yıldız kümeleri ile X-ışın çiftleri arasındaki ilişkinin araştırılması konusundaki çalışmaları sürdürülmektedir.

### 3.2 Ötegezegen Geçiş (Transit) Gözlemleri

2020 yılında Nobel Fizik ödülünün verildiği ötegezegen araştırmaları (Mayor & Queloz 1995), gözlemsel astronominin popüler konularından biridir. Ötegezegenler, güneş sistemi dışında bir yıldızın etrafında keşfedilen gezegen(ler) sistemleridir. Yer ve uzay tabanlı teleskoplarla farklı yöntem-

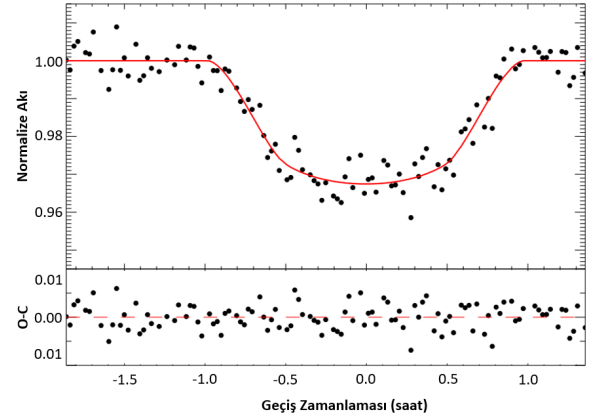
**Çizelge 2.** UT50 ile 2 Ekim ile 4 Aralık 2020 tarihleri arasında 6 farklı gecede alınan WASP-52 gözlem verilerinin EXOFAST programından elde edilen model parametreleri ve [Salisbury et al. \(2021\)](#) ile karşılaştırılması.

Parametre	Simge	Birim	UT50	SA21
<b>Yıldız Parametreleri</b>				
Kütle	$M_*$	$M_\odot$	$0.816 \pm 0.0006$	$0.844 \pm 0.038$
Yarıçap	$R_*$	$R_\odot$	$0.767 \pm 0.0003$	$0.836 \pm 0.013$
Işıtma	$L_*$	$L_\odot$	$0.330 \pm 0.001$	$0.399 \pm 0.013$
Yoğunluk	$\rho_*$	$\text{g/cm}^3$	$2.551 \pm 0.0009$	$2.040 \pm 0.175$
Yüzey çekim ivmesi	$\log g$	$\text{cm/s}^2$	$4.580 \pm 0.00001$	$4.520 \pm 0.022$
Etkin Sıcaklık	$T_{eff}$	Kelvin	$4999 \pm 3.20$	$5017 \pm 41$
Metal Bolluğu	$[Fe/H]$		$0.029 \pm 0.002$	$0.130 \pm 0.110$
<b>Gezegen Parametreleri</b>				
Dışmerkezlik	$e$		$0.053 \pm 0.048$	$0.050 \pm 0.026$
Yörünge Dönemi	$P$	gün	$1.749 \pm 2.43 \times 10^{-7}$	$1.749 \pm 1.37 \times 10^{-7}$
Yarı-büyük Eksen	$a$	AB	$0.027 \pm 6.52 \times 10^{-6}$	$0.026 \pm 0.0004$
Yarıçap	$R_P$	$R_J$	$1.279 \pm 0.081$	$1.322 \pm 0.0026$
Denge Sıcaklığı	$T_{eq}$	Kelvin	$1296 \pm 0.906$	$1349 \pm 13.5$
<b>Geçiş Parametreleri</b>				
Geçiş orta-zamanı	BJD-TDB		$2459146.260508 \pm 0.000475$	$2455793.680953 \pm 0.000149$
Yarıçap Oranı	$R_P/R_*$		$0.171 \pm 0.011$	$0.162 \pm 0.002$
Yarı-büyük Eksen Oranı	$a/R_*$		$7.444 \pm 0.001$	$6.910 \pm 0.190$
Yörünge Eğimi	$i$	Derece	$85.33 \pm 0.535$	$84.9 \pm 0.240$
Etki Parametresi	$b$		$0.639 \pm 0.070$	$0.590 \pm 0.020$
Geçiş Derinliği	$\delta$		$0.029 \pm 0.0004$	$0.026 \pm 0.0006$
Geçiş Süresi	$T_{14}$	gün	$0.079 \pm 0.0003$	$0.0779 \pm 0.0006$

ler kullanılarak günümüze kadar  $\sim 5000$  ötegezegen sistemi keşfedilmiştir ([Winn & Fabrycky 2015](#)). NASA'nın Kepler uydusu ([Borucki et al. 2010](#)) ile gözlenen ötegezegenler geçiş yöntemi kullanılarak keşfedilmiştir. Güncel ötegezegen sayılarına bakıldığında yine geçiş yöntemi ile bulunan gezegenler çoğunluktadır. Barınak (host) yıldızına yakın bir yörüngede dolanan bu nesnelere yörünge dönemleri birkaç gün mertebesindedir.

Halen gözlemlerine devam eden ötegezegen keşif amaçlı çalışan teleskoplar için aday sistemlerdeki en önemli özelliklerden biri de zamanlamadır. Geçiş yaptığı bilinen ya da aday nesnelere için bu geçişin başlangıç ve bitiş süresi ile geçiş orta zamanı hassas bir şekilde belirlenmelidir. Gözlem zamanının çok değerli olduğu uzay teleskoplarında gözlemi yapılacak bir sistem için tahsis edilecek gözlem süresinin hesaplanması gereklidir. Bu nedenle yer tabanlı gözlemlerinin bu tür gözlemler için kullanılması gereklidir. UT50 ile gözlemi yapılan ötegezegen sistemlerinde amaç, barınak yıldızının önünden geçen gezegenin geçiş ortası zamanını hassas olarak belirlemenin yanı sıra varsa bu geçiş zaman değişimleri (TTV)'leri ve bu değişimlere neden olan etkileri ortaya çıkarmaktır. Geçiş ortası zamanlarındaki TTV değişimlerine dair ölçümler UT50 gibi küçük çaplı teleskoplarla yapılabilmektedir ([Zellem et al. 2020](#)).

UZAYMER'de gözlemi yapılan ötegezegen sistemlerinin ışık eğrisi çözümleri ve ön modelleme çalışmaları *MaxIm DL*, *AstrolmageJ* ([Collins et al. 2017](#)) ve *EXOFAST* ([Eastman et al. 2013](#)) programları ile yapılmaktadır. Gözlemi yapılan gezegen sistemlerinden birisi de WASP-52'dir ([Hébrard et al. 2013](#)). Şekil 10'da bu sistemin UT50 ile 23 Ekim 2020 gecesi alınan tipik bir geçiş gözlem verisinin EXOFAST ışık eğrisi model sonucu verilmiştir. Ayrıca bu gözlem verilerinden elde edilmiş olan bazı parametreler güncel çalışmalardan biri olan [Salisbury et al. \(2021\)](#)'in sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak Tablo 2'de sunulmuştur.



**Şekil 10.** UT50 ile yapılan WASP-52 b ötegezegen geçiş gözleminin EXOFAST programı ile yapılan model ışık eğrisi. Siyah noktalar gözlem verisi düz kırmızı çizgi ise EXOFAST programı ile üretilen modeli temsil eder (üst panel). Alt kısımda ise model ve alınan verilerin farkını gösteren kalıntılar (rezidü) yer almaktadır. O-C değeri  $< 1\%$  düzeyindedir. Şekilde yatay eksen (0.0 noktası geçiş ortasını temsil edecek şekilde) saat biriminde zamanı, düşey eksen ise normalize edilmiş akıyı temsil etmektedir.

### 3.3 Güneş Enerjisi Ölçümleri

UZAYMER'de, güneş enerjisinden termal enerji üretmek için yalıtımlı silindirik model bir güneş havuzu ve vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan iki sistem kullanılmıştır (Şekil 11). Deneysel ve teorik çalışmalar sistemlerin enerji dağılımlarının uyumlu olduğunu göstermektedir (Şekil 12). Deneysel çalışmada sistemlerin deposundan çekilen ısı 7703 W, odaya aktarılan 5565 W, ısı kaybı 1846 W ve radyatörün odaya veremediği ısı 292 W olmuştur. Teorik çalışmada ise, sistemin



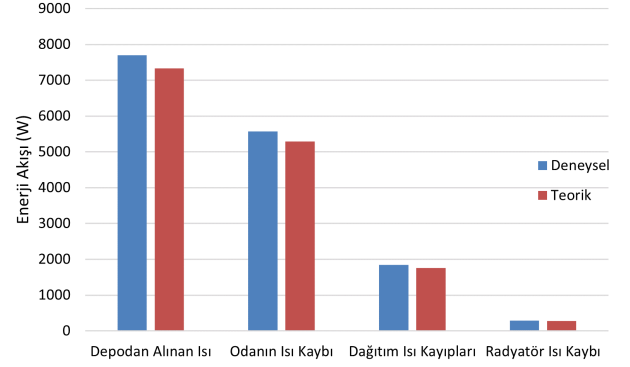
Şekil 11. Sağda, UZAYMER'deki Güneş havuzunu gösteren siyah silindirik yapı solda, güneş kolektörlerinin depoları olan turuncu yapılar görülmektedir.

deposundan çekilen ısı 7330 W, odaya aktarılan 5293 W, dışarıdaki ısı kaybı 1759 W, radyatörün odaya aktaramadığı ısı 278 W olmuştur. Bu sistem ile güneş enerjisinden elde edilen termal enerjiyle merkezimizin ısı ve sıcak su ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, sistemlerin verimini etkileyen parametreler üzerinde de çalışılmış ve enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır (Atız 2014).

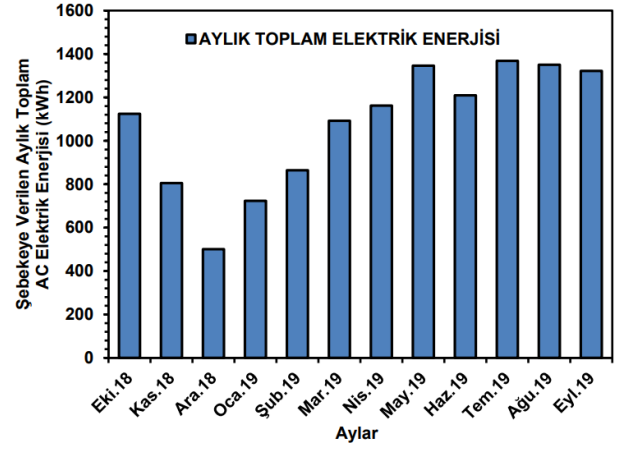
UZAYMER'de yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi ile merkezimizin elektrik ihtiyacını karşılamak için 2018 yılında küçük ölçekli bir güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Güneş enerjisi santrali (GES) 32 adet polikristal hücreden oluşmaktadır. Santralin toplam kapasitesi 8.6 kW'tır. Üniversite şebekesine verilen bu gücün önemli bir kısmı merkezde kullanılmaktadır. Bu sistem ÇÜ bünyesinde bu ölçekte kurulan ilk GES özelliğini taşımaktadır (Şekil 1'de ana bina boyunca uzanan mavi renkli paneller). Güneş enerjisi ile UZAYMER'in elektrik ihtiyacının yaklaşık %80'i karşılanmakta, geriye kalan kısım şebekeye aktarılmaktadır. Ayrıca, verimi %16 olan fotovoltaik panellerin performansını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Fotovoltaik panellerin günlük elektrik üretimi, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı, sıcaklık değerleri gibi parametreler ölçülmüştür. Panel sıcaklığı, hava sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı, panel yüzey tozu, gölgeleme faktörü ve dönüştürücü (invertör) kayıpları panelin verimliliğini %2-3 oranında etkilemektedir. Şekil 13'de merkezimizdeki GES'in yıllık elektrik üretiminin aylara göre dağılımı görülmektedir. Şebekeye verilen ortalama günlük elektrik miktarının, Aralık 2018'de 15 kWh ile en düşük, Temmuz 2019'da ise 44 bin 136 kWh ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür (Gökçe 2020).

#### 4 UZAYMER'in Astrometeorolojik Durumu

UZAYMER'e ait meteorolojik parametreler, merkezin çatısında bulunan meteoroloji istasyonu verileri ile astronomik gözlemleri için yer seçimi çalışması (AstroGIS; Aksaker et al. 2020) verileri kullanılarak incelenmiştir. Aşağıda kısaca meteoroloji istasyonu ve AstroGIS verileri hakkında bilgi verilmektedir.



Şekil 12. UZAYMER'deki Güneş havuzu sisteminin teorik ve deneysel termal enerji dağılımı.



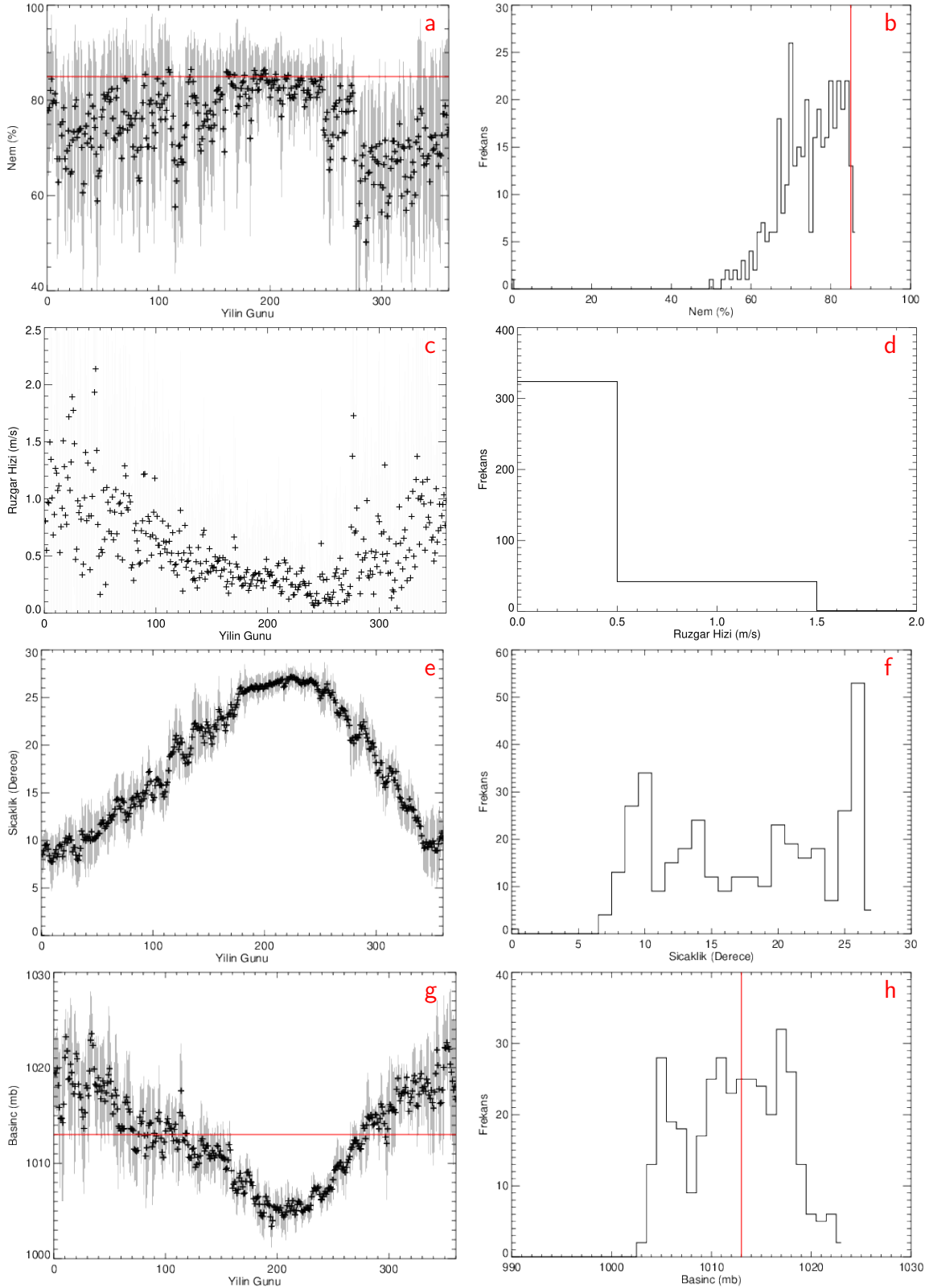
Şekil 13. UZAYMER'in mGES'den üretilen ve şebekeye verilen aylık toplam elektrik enerjisi (kWh). Ölçümler, Ekim 2018 ile Eylül 2019 arasındaki tarihlere karşılık gelmektedir.

#### 4.1 Meteoroloji İstasyonu

UZAYMER'de meteoroloji istasyonu olarak Davis Vantage Pro model ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Meteoroloji istasyonu 19 Aralık 2012 tarihi itibarıyla düzenli olarak nem, rüzgâr yönü ve rüzgâr şiddeti ile sıcaklık ve basınç ölçümleri yapmaktadır. Veri alma aralığı 5 dakika olarak belirlenmiştir. Zaman zaman veri alınmadığı ya da teknik sorunlar dışında, 2012-2020 yılları arasında toplam 568 925 ölçüm yapılmıştır. 20:00 ile 03:00 saatleri aralığında 189 662 (toplam verinin %33'ünü oluşturmaktadır) veri alınmış bu veriler gece verileri olarak işaretlenmiştir. Meteorolojik parametrelerin gece (gözlem yapılan saatler) verilerinden oluşturulan gecelik ortalama değerleri ve bunların histogram grafikleri Şekil 14'te verilmiştir. Meteorolojik parametreler aşağıda listelenmiştir.

##### 4.1.1 Nem

UZAYMER'de gözlemlerin durdurulmasına neden olan en önemli atmosferik parametre nemdir. Nem değeri %85'i geçtiğinde gözlemler durdurulmaktadır. Toplam meteorolojik ölçüm sayısının %24'üne karşılık gelen 138 bin 708 ölçüm bu limitin üstündedir. Benzer şekilde gece ölçümlerinin %32'sine karşılık gelen 60.512 ölçüm de bu limitin üstündedir. Ortalama



**Şekil 14.** UZAYMER için günlük ortalama Nem (a), rüzgâr hızı(c), Sıcaklık(e) ve Basınç (g) grafikleri sol sütunda ve bu parametrelerin sıklık histogramları sağ sütunda (b, d, f ve h) verilmiştir. Grafiklerde gece hava durumunu incelemek amacıyla 20:00 ile 03:00 arasında alınan veriler kullanılmıştır. Sol sütunda grafiklerdeki x-ekseni yılın gününü göstermektedir. '+' sembolü ilgili parametrenin ortalama değerini ve hata çubukları ise standart sapma değerini göstermektedir. Sağ sütunda grafiklerde y-ekseni gün sayısını göstermektedir. Grafiklerde kırmızı çizgiler Nem için %85 ve Basınç için 1013 mbar seviyesini göstermektedir. Rüzgâr limitlerinin üstünde gece sayısı yok iken nem değeri %80 üstünde 106 gece ve %85 üstünde 19 gece bulunmaktadır. Yaz aylarında daha az rüzgâr görülmekle birlikte nemin yüksek seyrettiği gözlenmektedir. Coğrafi konumdan beklendiği gibi yaz aylarında sıcaklıkta belirgin bir artış bulunmaktadır. Bununla birlikte basınç grafiğinde yaz aylarında alçak basınç görülmektedir.



**Çizelge 3.** UZAYMER'in coğrafi konumunun bulutluluk, yoğuşabilir su buharı, aerosol optik derinlik, rüzgâr hızı, 200 hPa basınç seviyesindeki rüzgâr hızı katmanlarının ölçülen minimum, ortalama, standart sapma, maksimum, R-kare ve eğim değerleri. Katmanların zamansal değişimlerine uydurulan fit'in doğruluğunu ve ilişkisi, R-kare ve eğim ifade etmektedir.

Katmanlar	Birim	Minimum	Ortalama	Std. Sapma	Maksimum	R <sup>2</sup>	Eğim
Bulutluluk	%	53.17	61.97	3.76	71.12	0.01	-0.06
Işık Kirliliği	kadir/yaysaniye <sup>2</sup>	17.98	18.07	0.09	18.31	0.00	0.01
Yoğuşabilir Su Buharı	mm	14.45	17.00	1.64	19.66	0.66	0.26
Aerosol Optik Derinlik		1.94	2.34	0.18	3.34	0.51	0.02
200hPA da Dikey Rüzgâr	m s <sup>-1</sup>	23.01	26.16	1.58	29.14	0.00	0.00
Rüzgâr Hızı	Pa s <sup>-1</sup>	0.07	0.09	0.01	0.11	0.07	0.00

nem değeri ~%68 civarında hesaplanmıştır. Tüm gece boyunca yüksek nem (>%85) nedeniyle gözlem yapılamayan gece sayısı yıllık ortalama 19'dur (%5.1). Şekil 14a,b'de verilen grafikler incelendiğinde özellikle yaz aylarında gece boyunca nem değerlerinin ortalamanın (%68) üzerinde seyrettiği görülmektedir.

#### 4.1.2 Rüzgâr Hızı ve Yönü

Gözlemleri etkileyen bir diğer önemli atmosferik parametre ise rüzgâr hızıdır. UZAYMER'de rüzgâr hızı 11 m/s'yi geçtiğinde gözlemler durdurulmaktadır. Meteorolojik ölçümlere göre, gözlem limitinin üzerinde sadece 60 ölçüm bulunmaktadır. Bu ölçümlerin çoğu 2 Kasım 2020 tarihinde alınmıştır. Ölçülen tüm rüzgâr hızı verilerinden oluşturulan histogram Şekil 14d'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi geceleri ortalama rüzgâr değerlerine göre oldukça düşük seyretmektedir. Yaz aylarında rüzgâr hızının azaldığı gözlenmiştir. Rüzgâr yönü ölçümlerinden hakim rüzgâr yönünün Kuzey-kuzeydoğu olduğu belirlenmiştir.

#### 4.1.3 Sıcaklık

CCD'lerin yüksek sıcaklıklarda fazladan ek gürültü ürettikleri bilinmektedir (Leach et al. 1980). UT50'de kullanılan CCD ortam sıcaklığının 60°C altına kadar soğuyabilmektedir. Dolayısıyla ortam sıcaklığı ne kadar düşük olursa gözlem kalitesi o kadar artmaktadır. Yıllık ortalama hava sıcaklığı gecelik 17.8 °C olarak hesaplanmıştır. Gecelik ortalama sıcaklık grafiği ve histogramı Şekil 14e,f'de verilmiştir. Gecelik sıcaklık değerlerinin 6–26°C arasında dağıldığı ve yaz aylarında bu değerlerin arttığı gözlenmiştir.

#### 4.1.4 Hava Basıncı

1013 mbar basınç normal basınç (1 atm) olarak kabul edilmektedir. Bu değer altı düşük basınç veya açık gökyüzü olarak tanımlanmaktadır. Ortalama değer geceleri 1012.8 mbar olarak ölçülmüştür. Gecelik ortalama basıncın grafiği ve histogramı Şekil 14g,h'de verilmiştir. Özellikle yaz aylarında düşük basınç değerleri gözlenmiştir.

## 4.2 AstroGIS

Tüm dünyada gözlemleri için yer seçim çalışmasında güncel ve yüksek çözünürlüklü AstroGIS<sup>1</sup> veri tabanındaki veriler kullanılmaktadır. AstroGIS veri tabanı çoğunlukla uydu ve model verilerinden üretildiğinden küresel yer seçimi çalışmaları için uygun olmasına rağmen lokal yer seçimleri için de kullanılabilir. UZAYMER'in konumu kullanılarak AstroGIS verilerinden elde edilen atmosferik parametrelere ait aylık ve yıllık

değişimler Şekil 15'te ve yıllık istatistikler Tablo 3'te verilmiştir. UZAYMER'in AstroGIS verilerinden üretilen Astronomik Uygunluk İndeksi (SIAS)'ın A kategorisinde bulunan 2141 gözlemevi içerisinde 972. sırada bulunduğu belirlenmiştir (Aksaker et al. 2020).

#### 4.2.1 Bulutluluk

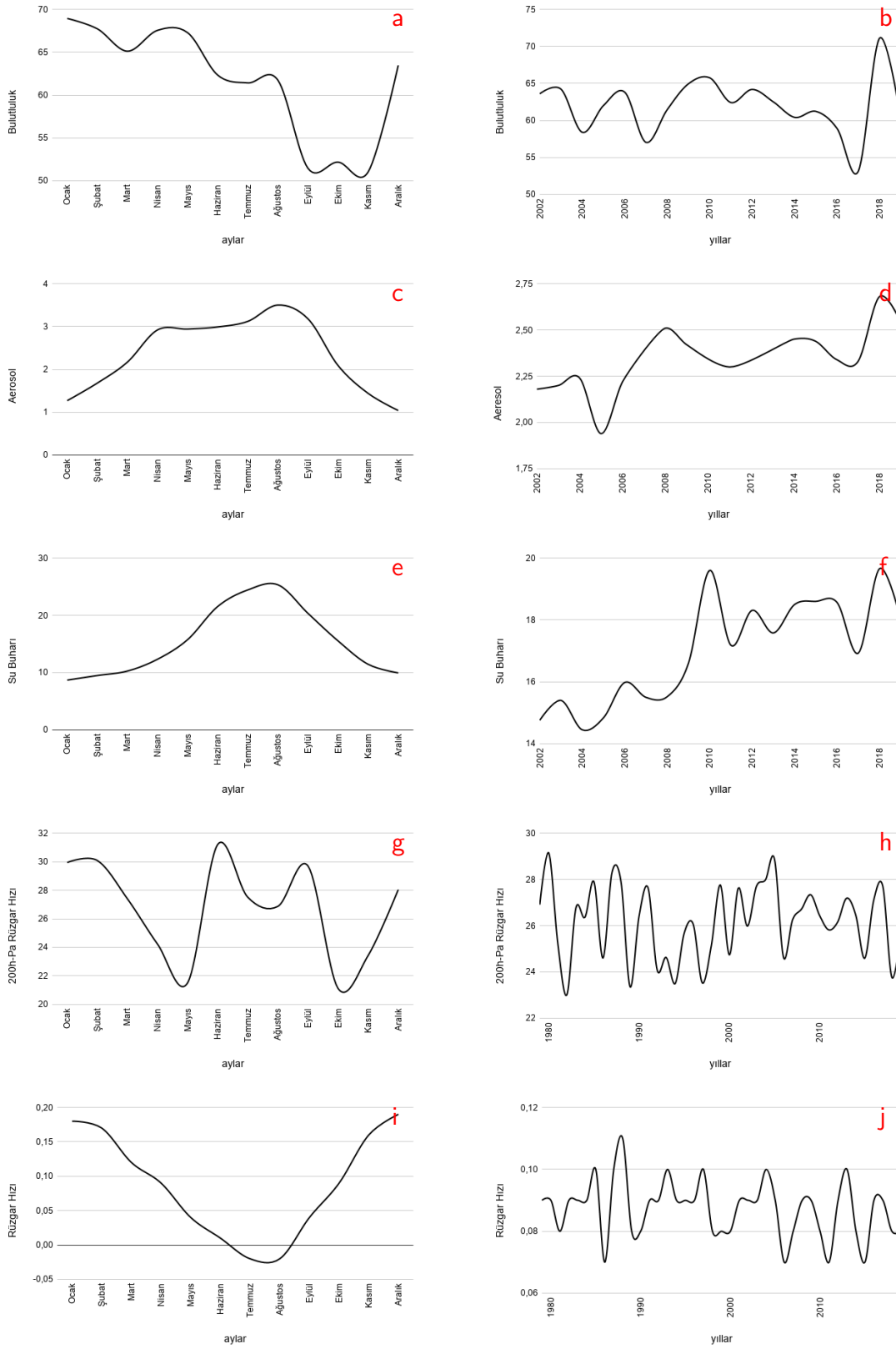
Astronomik gözlemleri en çok etkileyen faktörlerden biri de bulutluluktur. Bu nedenle UZAYMER'in son 20 yıldaki bulutluluk grafiği aylık ve yıllık olarak çıkarılmıştır ve Şekil 15a,b'de verilmiştir. Bulutluluğun, Ocak ve Nisan aylarında maksimum iken Eylül ve Kasım aylarında minimum olduğu gözlenmiştir. Yıllık ortalama bulutluluk grafiğinde 2017 yılında belirgin bir düşüş ve onu takip eden 2018 yılında bir artış görülmektedir. Tablo 3'te yıllık ortalamalardan elde edilen istatistiksel sonuçlar verilmiştir. Yıllık ortalama minimum değer %53.17, maksimum değer %71.12 ve ortalama bulutluluk değeri %61.97 olarak belirlenmiştir. Bu durumda UZAYMER'de açık gece sayısı yılda ortalama 226 gece olmaktadır.

#### 4.2.2 Işık Kirliliği

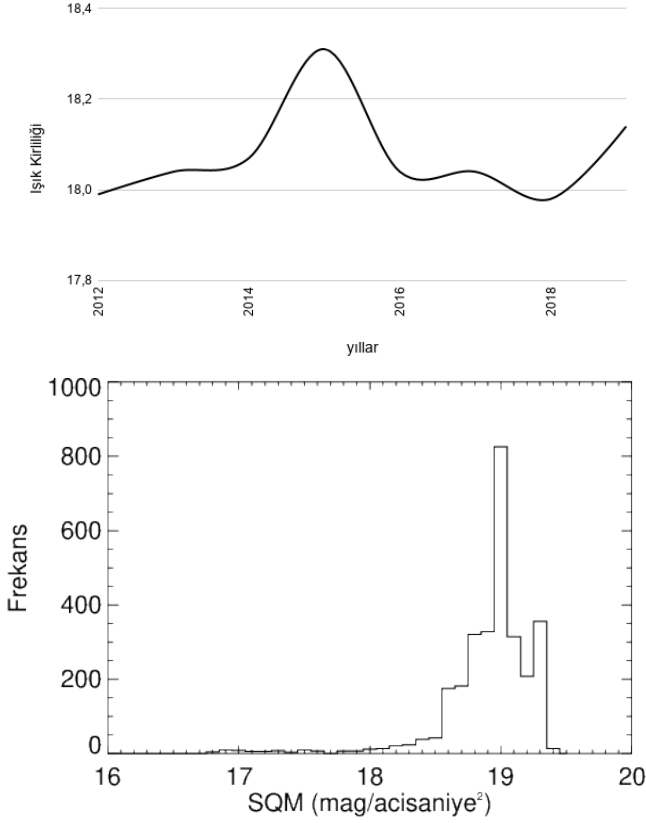
Astronomik ölçümleri etkileyen bir diğer önemli faktör ışık kirliliğidir. UZAYMER'in ışık kirliliği uydu verileri kullanılarak ölçülmüştür (Aksaker et al. 2020). Uydu verilerinden elde edilen sonuçlara göre ortalama ışık ölçümü değeri 18.1 kadir/yaysaniye<sup>2</sup>, minimum ve maksimum değerler ise 18.0 ve 18.3 kadir/yaysaniye<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Şekil 16'da ölçülen yıllık ışık ölçüm değerlerinin grafiği verilmiştir. Uydu verilerine ek olarak Gökyüzü Kalite Ölçeri (Sky Quality Meter - SQM) SQM-LE/LU cihazıyla ölçümler yapılmıştır. SQM gökyüzü parlaklığını kadir/yaysaniye<sup>2</sup> biriminde ölçmektedir. 21 Temmuz 2020 ile 15 Ocak 2021 tarihleri arasında UZAYMER'de baş ucu doğrultusunda yapılan 2952 ölçümde ortalama, minimum ve maksimum değerler sırasıyla 18.9, 16.8 ve 19.4 kadir/yaysaniye<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür.

Bu ölçümler, Güneş'in ufku ( $-18^\circ$ 'nin) altında (astronomik tan) ve Ay'ın ufku ( $0^\circ$ 'nin) altında olduğu zamanlarda alınmıştır. SQM ölçümlerinden oluşturulan histogram Şekil 16'da verilmiştir. Bu ölçümler Bortle ölçeğine göre (Bortle 2001) şu şekilde değerlendirilebilir: >21.99 mükemmel gökyüzü, 21.89–21.99: karanlık gökyüzü, 21.69–21.89: kırsal alanlar, 21.25–21.69: kırsal alan sınırları, 20.49–21.25: kenar mahalle sınırları, 19.50–20.49: kenar mahalle gökyüzü, 18.38–19.50: şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay, <18.38: şehir merkezi. Bu ölçeklendirmeye göre UZAYMER'in konumu şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay olarak sınıflandırılabilir.

<sup>1</sup> [astrogis.org](http://astrogis.org)



**Şekil 15.** UZAYMER'in coğrafi konumu ile ilişkili bulutluluk (a), aerosol optik derinlik (c), yoğuşabilir su buharı (e), 200 hPa basınç seviyesindeki rüzgâr hızı (g) ve rüzgâr hızı (j) katmanlarının aylık (solda) ve yıllık (sağda: b, d, f, h ve j) değişimleri.



**Şekil 16.** UZAYMER'in uydu verilerinden elde edilen yıllık ortalama ışık kirliliği değerlerinin yıllar içindeki değişimi (üstte) ve SQM ölçümlerinden oluşturulan histogram (altta) gösterilmiştir. Histogram grafiğinde 19 kadir/yaysaniye<sup>2</sup> civarında bir kümelenme görülmektedir. Bortle ölçeğine göre UZAYMER şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay sınıfına girmektedir.

#### 4.2.3 Aerosol

Aerosol gaz halde bulunan herhangi bir kütle içerisinde asılı olan katı ve sıvı parçacıkların meydana getirdiği ince karışım olarak tanımlanır. Gökyüzündeki aerosoller havanın ağırlaşmasına ve opaklığın kaybolmasına neden olur. Havadaki aerosol miktarı arttıkça atmosferik görüş azalmaktadır. Aerosollerin bulutlar ve diğer atmosferik tabakalarla etkileşimi meteorolojik olaylarda katalizör olmasına rağmen, astronomik ölçümlerde istenmeyen bir durumdur (Varela et al. 2008). Şekil 15c,d'de UZAYMER'e ait aylık ve yıllık ortalama aerosol optik derinliğin grafiği verilmiştir. Aylık ortalamalarda Ağustos-Eylül aylarında maksimum seviyeye ulaşan aerosol miktarı Nisan-Temmuz arası sabitken Aralık-Ocak aylarında minimum seviyededir. Yıllık ortalamalar grafiğinde ise 2008, 2014 ve 2018 yıllarında artış gözlenmektedir. Tablo 3'te yıllık ortalamalardan elde edilen istatistiksel sonuçlara göre ortalama, minimum ve maksimum aerosol optik derinlik değerleri sırasıyla 2.34, 1.94 ve 3.34'dür.

#### 4.2.4 Su Buharı

Su buharı, özellikle kırmızı ötesi dalga boyunda gözlemlerin yapıldığı astronomik gözlemler için önemli bir parametredir (Pérez-Jordán et al. 2015). Su buharı ölçümleri 1 mm çapında silindirik sütun içerisindeki su yüksekliği (mm) olarak belirlenir ve yer yüzeyine yakın bölgedeki nem değeri ile ilişkilidir. Yüksek

nem, bu tür ortamlarda bulunan gözlem araçları üzerinde oksitlenme vb. nedenlerle negatif bir etkiye sahiptir. UZAYMER'e ait aylık ve yıllık ortalama yoğuşabilir su buharı grafiği Şekil 15e,f'de verilmiştir. Yaz aylarında su buharı en yüksek değere ulaşır, kış aylarında ise bu değer daha düşüktür. Yıllık ortalamalar grafiği incelendiğinde ise 2002 yılından 2019 yılına kadar olan süre zarfında 2008 sonrasında gerçekleşen artış dikkat çekmektedir. Tablo 3'te verilen su buharına ait R-kare değeri diğer katmanlara göre en yüksek R-kare değeridir. Tüm R-kare değerleri 0 ile 1 aralığında olup 1'e yakın değerler veriler ile modelin daha iyi uyumunu göstermektedir. Şekil 15'te yıllık ortalamalar grafiğindeki su buharındaki artışı göstermektedir. İstatistiksel sonuçlara göre ortalama, minimum ve maksimum yoğuşabilir su buharı değeri sırasıyla 17.0 mm, 14.5 mm ve 19.66 mm'dir. Türkiye'de yoğuşabilir su buharı değeri 0.4–2.0 aralığında değişmektedir (Aksaker et al. 2015). Buna göre UZAYMER'in oldukça yüksek yoğuşabilir su buharına sahip olduğu görülmektedir.

#### 4.2.5 200 hPa Rüzgâr Hızı

200 hektopascal (hPa) rüzgâr hızı katmanı türbülans yaratması nedeniyle astronomik görüşü düşürmektedir (Hellemeier et al. 2019). Bu nedenle UZAYMER'e ait aylık ve yıllık ortalama 200 hPa basınç seviyesindeki rüzgâr hızı araştırılmış ve değerler Şekil 15g,h'de verilmiştir. Mayıs ve Ekim aylarında en düşük olan rüzgâr hızı Şubat-Mayıs arasında en yüksek seviyededir. Yıllık ortalamalarda ise genel bir artış ve azalış eğilimi görülmemektedir.

#### 4.2.6 Dikey Rüzgâr Hızı

Gözlemevi seviyesinde rüzgârın coğrafi şekillere çarptıktan sonra türbülans yaratması nedeniyle astronomik görüş etkilenmektedir. Ayrıca rüzgâr hızının 11 m/s'den yüksek olduğu durumlarda teleskop ve kubbe üzerinde oluşan yük nedeniyle titreşim yaratabilmektedir (Liu et al. 2020). Bu durumda gözlemlere ara verilmektedir. UZAYMER'e ait aylık ve yıllık ortalama rüzgâr hızı grafiği Şekil 15i,j'de verilmiştir. Yaz aylarında düşük olan rüzgâr hızı Aralık ve Ocak aylarında yüksektir. Yıllık ortalamalarda bir artış veya azalış eğilimi görülmemektedir.

## 5 Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde 50 cm ve üzeri aynı çaplı teleskop içeren etkin çalışan gözlemevlerinden biri olan UZAYMER'de 1991 yılından bu yana astronomi-astrofizik, güneş enerjisi ve uzaktan algılama alanlarında bilimsel araştırmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmada UZAYMER'in faaliyet gösterdiği araştırmaların yanı sıra astrometeorolojik koşulları ve altyapısı ile ilgili ölçümler sunulmuştur. UZAYMER'de bulunan teleskoplar ve meteoroloji istasyonu profesyonel ve eğitim amaçlı gözlemler ve ölçümler yapmaya elverişlidir. Sonuçlarımızı kısaca özetlemek istersek:

- Gözlemevinin astronomik görüşü UT50'deki CCD görüntüleri üzerinden 3'7 olarak belirlenmiştir. Ancak bu değer 1'5 civarına inebilmektedir. Bu durumların önceden bilinebilmesi halinde çok daha iyi görüntüler alınabilecektir.
- 120 s poz süresindeki fotometrik sonuçlara göre 100 S/G için limit parlaklıklar B, V, R ve I filtrelerinde sırasıyla 12.9, 12.4, 12.0 ve 11.7 kadir olarak belirlenmiştir.
- UZAYMER altyapısında yapılan iyileştirmeler sayesinde UT50 uzaktan da kontrol edilebilmektedir.
- UT50'nin ilk ışığından bu yana (2013–2021) yaklaşık 130

farklı astronomik kaynak gözlenmiş ve önemli bir veri arşivi (~65000 FITS formatında veri) oluşmuştur.

- UZAYMER çalışma grubu, TÜBİTAK projelerinin desteğiyle APX'lerin X-ışın ve optik özelliklerinin incelenmesinin yanı sıra galaksi ötesi yıldız kümeleri ile X-ışın çiftleri arasındaki ilişkinin araştırılması konusunda çalışmalarını sürdürmektedir.
- UT50'nin gözlem zamanının %60'ı ötegezegenlere ayrılmıştır. Bu çalışmada örnek olarak WASP-52b ötegezegen gözlemlerinin sonuçları verilmiştir.
- UZAYMER'in çatısına 2019 yılında güneş enerjisi santrali (mGES) kurulmuştur. Merkezin gündüz elektrik tüketim ihtiyacının maksimum %80'i mGES'ten sağlanmaktadır.
- UZAYMER'in astrometeorolojik durumu özellikle gece alınan uydu ve meteoroloji istasyonu verileri ile incelenmiştir. Buna göre; Gözlemleri en çok etkileyen faktör nem değerinin yüksekliğidir (ortalaması %68). Yıllık ortalama 19 gece %85'den büyük olmaktadır. Hakim rüzgâr yönü Kuzey-kuzeydoğu'dur. Limitleri aşan (>11 m/s) rüzgâr neredeyse hiç yoktur. Yıllık ortalama açık gece sayısı 225'tir. En az bulutluluk Eylül-Kasım ayları arasındadır. Su buharı seviyesi son 20 yılda artış eğilimindedir.
- UZAYMER'de ışık kirliliği seviyesi uydu verileri ve SQM ölçümleri ile ortalama 19 kadir/yaysaniye<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

UZAYMER, [Aksaker et al. \(2020\)](#) tarafından geliştirilen Astronomik Gözlemleri için Uygunluk İndisi (SIAS) ölçeğinin A kategorisinde 2141 gözlemevi içerisinde 0.65 değeri ile 972. sırada bulunmaktadır. Bu değer UZAYMER'in Dünya ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir. Tüm ölçümler ve hesaplamalar dikkate alındığında UZAYMER'in küçük-orta ölçekli ulusal ve uluslararası ortaklı bilimsel çalışmalar için yeterli altyapıya sahip olduğu değerlendirilmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma, AstroGIS verilerinin üretildiği 117F309 nolu TÜBİTAK ve FYL-2019-11834 numaralı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (BAP) projeleri tarafından desteklenmiştir. APX'ler ile ilgili çalışmalar 117F115 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir. SQM-LE/LU 4580 seri numaralı aygıt ile UZAYMER'de yapılan ışık kirliliği ölçümleri Çağ Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenen 2019-1-3 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. UZAYMER'de yapılan ötegezegen gözlemlerine 118F042 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında verdiği destekler için proje yürütücüsü Özgür Baştürk'e teşekkür ederiz. Şekil 1'e katkısı için Murat Beyazıt'a teşekkür ederiz. AstroGIS verileri için ilgili [astroGIS grubuna](#) teşekkür ederiz. Makalemize yaptıkları değerli öneri ve katkılardan dolayı hakemlere teşekkür ediyoruz.

### Kaynaklar

- Aksaker N., et al., 2015, *ExpA*, 39, 547  
 Aksaker N., Akyuz A., Avdan S., Avdan H., 2019, *MNRAS*, 488, 5935  
 Aksaker N., Yerli S. K., Erdoğan M. A., Kurt Z., Kaba K., Bayazit M., Yesilyaprak C., 2020, *MNRAS*, 493, 1204  
 Akyuz A., Avdan S., Allak S., Aksaker N., Akkaya Oralhan I., Balman S., 2020, *MNRAS*, 499, 2138  
 Allak S., Akyuz A., Aksaker N., Ozdogan Ela M., Avdan S., Soydugan F., 2020, *MNRAS*, 499, 5682  
 Altun Z. G., 1985, *Doğa Bilim Dergisi*, B-9/1, 41  
 Atız A., 2014, in *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Enstitüsü*. p. 2

- Avdan H., Avdan S., Akyuz A., Balman S., Aksaker N., Akkaya Oralhan I., 2016, *ApJ*, 828, 105  
 Avdan S., et al., 2019, *ApJ*, 875, 68  
 Bachetti M., et al., 2013, *ApJ*, 778, 163  
 Bachetti M., et al., 2014, *Nature*, 514, 202  
 Bortle J. E., 2001, *Sky & Telesc.*, 101, 126, *ADS*  
 Borucki W. J., et al., 2010, *Science*, 327, 977  
 Bostancı F., 2012, in *Türkiye'deki Teleskoplarla Bilim Sempozyumu*. p. 1  
 Carpano S., Haberl F., Maitra C., Vasilopoulos G., 2018, *MNRAS*, 476, L45  
 Carroll B. W., Ostlie D. A., 1996, *An Introduction to Modern Astrophysics*. Cambridge University Press  
 Colbert E. J. M., Mushotzky R. F., 1999, *ApJ*, 519, 89  
 Collins K. A., Kielkopf J. F., Stassun K. G., Hessman F. V., 2017, *AJ*, 153, 77  
 Eastman J., Gaudi B. S., Agol E., 2013, *PASP*, 125, 83  
 Emrahoğlu N., 2013, in *Küçük Teleskoplarla Bilim Çalıştay: Fırsat Gözlemciliği*. p. 1  
 Fürst F., et al., 2016, *ApJ*, 831, L14  
 Gökçe I., 2020, in *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. p. 1  
 Hébrard G., et al., 2013, *A&A*, 549, A134  
 Hellemeier J. A., Yang R., Sarazin M., Hickson P., 2019, *MNRAS*, 482, 4941  
 Israel G. L., et al., 2017a, *Science*, 355, 817  
 Israel G. L., et al., 2017b, *MNRAS*, 466, L48  
 Kaaret P., Feng H., Roberts T. P., 2017, *ARA&A*, 55, 303  
 Landolt A. U., 2009, *AJ*, 137, 4186  
 Leach R. W., Schild R. E., Gursky H., Madejski G. M., Schwartz D. A., Weekes T. C., 1980, *PASP*, 92, 233  
 Liu L.-Y., et al., 2020, *RAA*, 20, 084  
 Madau P., Rees M. J., 2001, *ApJ*, 551, L27  
 Mayor M., Queloz D., 1995, *Nature*, 378, 355  
 Mezcuca M., Roberts T. P., Lobanov A. P., Sutton A. D., 2015, *MNRAS*, 448, 1893  
 Pérez-Jordán G., Castro-Almazán J. A., Muñoz-Tuñón C., Codina B., Vernin J., 2015, *MNRAS*, 452, 1992  
 Poro A., et al., 2020, preprint, ([arXiv:2006.00528](#)), *ADS*  
 Poro A., Zamanpour S., Hashemi M., Aladağ Y., Aksaker N., Rezaei S., Solmaz A., 2021, *New Astron.*, 86, 101571  
 Poutanen J., Fabrika S., Valeev A. F., Sholukhova O., Greiner J., 2013, *MNRAS*, 432, 506  
 Rodríguez Castillo G. A., et al., 2020, *ApJ*, 895, 60  
 Salisbury M. A., Kolb U. C., Norton A. J., Haswell C. A., 2021, *New Astron.*, 83, 101477  
 Sathyaprakash R., et al., 2019, *MNRAS*, 488, L35  
 Sutton A. D., Roberts T. P., Middleton M. J., 2013, *MNRAS*, 435, 1758  
 Tüysüz M., 2012, in *Türkiye'deki Teleskoplarla Bilim Sempozyumu*. p. 1  
 Varela A. M., Bertolin C., Muñoz-Tuñón C., Ortolani S., Fuensalida J. J., 2008, *MNRAS*, 391, 507  
 Winn J. N., Fabrycky D. C., 2015, *ARA&A*, 53, 409  
 Zellem R. T., et al., 2020, *PASP*, 132, 054401

### Access:

M21-0101: [Turkish J.A&A — Vol.2, Issue 1.](#)