



ERZURUM İLİNİN İŞİK KİRLİLİĞİ ÖLÇÜMÜ

Fuat BİNGÖL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Astronomi ve Astrofizik Ana Bilim Dalı

2022

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ ve ASTROFİZİK ANA BİLİM DALI

ERZURUM İLİNİN IŞIK KİRLİLİĞİ ÖLÇÜMÜ
(Light Pollution Measurement of Erzurum Province)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fuat BİNGÖL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

Erzurum
Temmuz, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Fuat BİNGÖL tarafından hazırlanan “Erzurum İlinin Işık Kirliliği Ölçümü” başlıklı çalışması 27/07/2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Astronomi ve Astrofizik Ana Bilim Dalı, Astronomi ve Astrofizik Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç Dr. İnci AKKAYA ORALHAN <i>Erciyes Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı ıslak imzalıdır

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



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU danışmanlığında sunulan “Erzurum İlinin Işık Kirliliği Ölçümü” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	16	30
Kuramsal Temeller	9	30
Materyal ve Metot	1	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	2	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	6	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Fuat BİNGÖL	Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU
5.5.2022	5.8.2022
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayımlanmasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŐEKKÖR

Tez çalıőmam sűresince her tűrlű yardım ve űnerilerini esirgemeyen, bilgi ve tecrűbelerinden yararlanma fırsatı saęlayan ve zorlandıęım anda her konuda bana destek olan tez danıőmanım Dr. Őęr. Ŭyesi İlham Nasıroęlu'na sonsuz teőekkűr ve saygılarımı sunarım.

Atatűrk Ŭniversitesi Astrofizik Araőtırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) Műdűrű Prof. Dr. Cahit YEŐİLYAPRAK'a, ATASAM ve Doęu Anadolu Gűzlemevi (DAG) proje ekibine ve yazılım konusunda desteęi olan Mohammad SHAMEONİ NİAEİ'ye teőekkűr ederim. Ayrıca tez ile ilgili yaptıęım gűzlemler sırasında her zaman yanımda olan ve űnerileri ile desteęini hiç esirgemeyen Hűseyin ER'e teőekkűrlerimi bir borç bilirim.

Őęrencilik sűreci boyunca maddi ve manevi destekleri için sevgili aileme ve tez çalıőmam sırasında manevi desteklerini esirgemeyen arkadaőım Dilek KUNDUZ ve Cihan IŐIKVEREN'e çok teőekkűr ederim.

Fuat BİNGÖL

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ERZURUM İLİNİN IŞIK KİRLİLİĞİ ÖLÇÜMÜ

Fuat BİNGÖL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU

Amaç: Erzurum şehir merkezi ve Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi'nde gece gökyüzü parlaklığını ölçmek ve yıl boyunca gökyüzündeki parlaklık değişimlerinin nasıl olduğuna bakmak. Bu parlaklık değişimlerine neden olan etkenleri ortaya koymak. Işık kirliliğinin seviyesini tespit ederek kirliliğe neden olan ışıklandırma vb. sistemler için ilgili kurumlara bilgi vermek. En önemlisi ise şehir merkezindeki ışık kirliliğinin DAG projesi kapsamında kurulacak olan Türkiye'nin en büyük ayna çaplı (4 m sınıfı) teleskobuna etkisi olup olmayacağını incelemek.

Yöntem: Gökyüzü kalitesi ölçümü için en güncel ve kullanışlı yöntem, SQM (Sky Quality Meter - Clear Sky Detector) olarak bilinen "Gökyüzü Kalite Ölçer" cihazının kullanılmasıyla yapılan yöntemdir. Bu cihaz sayesinde belirli yöndeki aydınlanma etkisi tespit edilebilmekte ve astronomik açıdan sönük hangi kadirde yıldızların gözlenebildiği belirlenebilmektedir. Bu çalışmada Erzurum Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi (ve bu yerleşkeye kurulmuş olan 50 cm çaplı ATA50 Teleskobu'nun çevresi) ve Erzurum şehir merkezinde gökyüzü kalite (gece gökyüzü parlaklığı) gözlemleri SQM cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular: Yapılan ölçümler sonrasındaki elde edilen haritada, ışık kirliliğinin yoğun olduğu bölgeler tespit edilmiştir. Işık kirliliğinin yoğun olduğu bölgeler incelenerek ışık kirliliğine neden olan aydınlatma elemanları tespit edilmiştir.

Sonuç: Işık kirliliğinin ölçüm yapılan noktaların birçoğunda yüksek olduğu tespit edilmiştir. Işık kirliliğine neden olduğu tespit edilen aydınlatma elemanlarının uygun olan armatürlerle değişmesi ve gereğinden fazla kullanılan aydınlatma elemanlarının ilgili bölgelerde azaltılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Işık Kirliliği, Gökyüzü Kalitesi Ölçümü, Gece Gökyüzü Parlaklığı, Gözlem.

Haziran 2022, 79 Sayfa

ABSTRACT

MS THESIS

(LIGHT POLLUTION MEASUREMENT OF Erzurum PROVINCE)

Fuat BİNGÖL

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İlham NASIROĞLU

Purpose: Measuring night sky brightness in Erzurum city center and Atatürk University Campus and looking at how the brightness changes in the sky throughout the year. To reveal the factors that cause these brightness changes. To determine the level of light pollution and to inform the relevant institutions about the lighting systems that cause pollution. The most important thing is to examine whether the light pollution in the city center will have an impact on Turkey's largest mirror diameter (4 m) telescope, which will be installed within the scope of the DAG project.

Method: The most up-to-date and useful method for sky quality measurement is the method using the "Sky Quality Meter" device known as SQM (Sky Quality Meter - Clear Sky Detector). With this device, the effect of illumination in a certain direction can be detected and it can be determined from which astronomically dim stars can be observed. In this study, sky quality (night sky brightness) observations were made in Erzurum Atatürk University campus (and around the 50 cm diameter ATA50 Telescope installed on this campus) and in Erzurum city center using SQM device.

Findings: In the map obtained after the measurements, regions with intense light pollution were determined. Lighting elements causing light pollution were determined by examining the areas where light pollution is intense.

Results: It has been determined that light pollution is high in many of the measurement points. It is necessary to replace the lighting elements that are determined to cause light pollution with suitable fixtures and to reduce the lighting elements that are used more than necessary in the relevant regions.

Keywords: Light Pollution, Sky Quality Measurement, Night Sky Brightness, Observation.

June 2022, 79 Pages

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	viii
GİRİŞ	1
KURAMSAL TEMELLER	3
1.1. Işık Kirliliğinin 4N1H Soruları	3
1.1.1. Ne?.....	3
1.1.2. Ne zaman?	6
1.1.3. Nasıl?	7
1.1.4. Neden?.....	11
1.1.5. Hangi?.....	12
1.2. Işık Kirliliği için Yapılan Bazı Çalışmalar	13
1.3. Işık Kirliliğinin Astronomiye Etkileri	19
1.4. Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG).....	22
MATERYAL ve YÖNTEM	25
2.1. SQM Cihazı	25
2.2. Kullanılan Programlar	27
2.3. Planlama ve Veri Toplama	27
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMALAR	30
SONUÇ	57
KAYNAKLAR	59
EKLER	62
Ek-1. Gökyüzü kalite ölçümü yapılan bölgelerin konum ve ortalama BMPAS değerleri.....	62
Ek-2. Gökyüzü kalite ölçümü yapılan bölgelerin tarih ve yöne bağlı BMPAS değerleri.....	63
ÖZGEÇMİŞ	67

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Gökyüzü parlaklığının büyüklüğü ve doğal ışımının artışına göre Bortle'ın karanlık gökyüzü sınıflarının ölçęi (Bortle 2001).	20
Tablo 2. Erzurum ili merkezinde Gökyüzü kalite ölçümü yapılması planlanan noktalar.	29
Tablo 3. Ölçüm yapılan noktaların ortalama BMPAS ve NELM değerleri.	31



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Goodwood, Ontario'da, 14 Ağustos 2003 elektrik kesintisi sırasında ve sonrasında çekilen görüntü (Chepesiuk 2009).....	4
Şekil 2. Tipik bir direğe monteli dış mekan aydınlatma armatüründen kaynaklanan faydalı ışık ve ışık kirliliği örneği (Anonim 2022b).....	6
Şekil 3. Işık kirliliğinin kaplumbağa yavrularına etkisini gösteren bir görsel (Chepesiuk 2009).....	9
Şekil 4. “Dim It” Kampanyası, Honkong (Anonim 2022c).....	10
Şekil 5. Singapur’da gece manzarası (Anonim 2022d).....	13
Şekil 6. Doğru ve yanlış aydınlatma şekilleri (Anonim 2022e).....	19
Şekil 7. Bortle ölçeğine göre çıplak gözle gözlenebilecek en sönük yıldız parlaklığı ve sayısı (Anonim 2022f).....	21
Şekil 8. Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) (Anonim 2022h).....	23
Şekil 9. Doğu Anadolu Gözlemevi Teleskobu (Anonim 2022i).....	24
Şekil 10. SQM-LU Cihazı (Anonim, 2022j).....	26
Şekil 11. SQM aletinin sayısal çıktıları.....	26
Şekil 12. Komut dosyası arayüzü.....	27
Şekil 13. SQM ölçüm arayüzü.....	27
Şekil 14. Erzurum ili şehir merkezinde gökyüzü kalite ölçümü yapılması planlanan noktalar.....	28
Şekil 15. ATA50 Girişi.....	32
Şekil 16. Bilkent Karşısı.....	33
Şekil 17. Cemal Gürsel Karşısı.....	34
Şekil 18. Dadaşkent Giriş Işıklar.....	35
Şekil 19. Dadaşkent Tema Önü.....	36
Şekil 20. ETÜ Girişi.....	37
Şekil 21. Havalimanı Kavşağı.....	38
Şekil 22. İtfaiye Önü.....	39
Şekil 23. Kayakyolu Kavşağı.....	40
Şekil 24. Konaklı Kayak Tesisleri.....	41
Şekil 25. Konaklı Kavşağı.....	42
Şekil 26. Migros Kavşağı.....	43
Şekil 27. Olimpiyat Parkı Giriş.....	44
Şekil 28. Piknik Alanı.....	45
Şekil 29. Rektörlük Kavşağı.....	46
Şekil 30. Teknokent Kavşağı.....	47
Şekil 31. Toki Kavşağı.....	48
Şekil 32. Üniversite Kavşağı.....	49

Şekil 33. Veterinerlik Karşısı.....	50
Şekil 34. Yakutiye Kaymakamlığı Karşısı.....	51
Şekil 35. Yenişehir Kavşağı.....	52
Şekil 36. Yenişehir Son Durak	53
Şekil 37. Yıldızkent 10 Katlılar.....	54
Şekil 38. Yıldızkent Kavşağı.....	55
Şekil 39. Yurtlar Girişi.....	56
Şekil 40. Erzurum İli 2021 Yılı Işık Kirliliği Haritası (Anonim 2022k).....	58
Şekil 41. Erzurum İli 2012 Yılı Işık Kirliliği Haritası (Anonim 2022k).....	58



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

BMPAS	:Brightness in Magnitude per square Arcsecond, produced by the SQM
CCD	:Charge Coupled Device (Görüntü algılayıcısı)
DAG	:Doğu Anadolu Gözlemevi
IDA	:Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği
m	:SQM cihazının ölçtüğü gökyüzü parlaklığı (kadir/açısanıye ²)
ms	:Sınır parlaklık değeri
NELM	:Naked Eye Limiting Magnitude (Çıplak gözün görebileceği sınır değerler)
SQM	:Sky Quality Meter (Gök Parlaklığı Ölçer)



GİRİŞ

Dünya çapında ışık kirliliğiyle mücadele eden Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği (International Dark Sky Association), yapay ışığın (insanlar tarafından üretilen ultraviyole ile kızılötesine yakın dalga boyunda üretilen ışık) uygunsuz veya aşırı kullanımı sonucunda oluşan ışık kirliliğinin insanlar, vahşi yaşam ve iklimimiz üzerinde ciddi olumsuz sonuçlar doğurabilen bir olgu olarak tanımlamaktadır. Bu kuruluş birçok ülkede ışık kirliliğini sınırlamakta ve astronomik/amatör gözlemevlerini, insanları, çevreyi ve doğayı korumak; enerji, para ve kaynaklardan tasarruf etmek için Dünya çapında ışık kirliliğine karşı yürütülen tüm yasal kanun çıkarma çabalarını desteklemektedir (Anonim 2022a).

Işık kirliliği, yanlış zamanda, yanlış miktarda, yanlış bir şekilde ışığın kullanılması ve istenmeyen ya da gerekmeyen yerin aydınlatılması sonucunda ortaya çıkan ışık yayılımıdır (Aslan ve Onaygil 1999). Bu şekilde kullanılan aydınlatma hem rahatsız edici hem de boşuna kullanılan enerji demektir. Yetersiz yapılan aydınlatma emniyet ve rahatlık açısından büyük sorunlar yarattığı gibi, yanlış veya fazladan yapılan aydınlatma da hayatı olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Işık kirliliği günlük yaşam açısından ele alındığında; insan gözünün alışık olduğu aydınlatma düzeyini aşan ışık gözün görme yetisinin bozulmasına (göz kamaşması) neden olmakla birlikte, nesnelere görünürlüğünün kaybolmasına, gece yol ve çevre güvenliğinin olumsuz yönde etkilenmesine de sebep olmaktadır. Işık kirliliği sirkadiyen ritimlere (uyku-uyanıklık döngüsü, kalp hızı, kan basıncı, vücut sıcaklığı, hormon salınımı, metabolik aktiviteler, kişisel performans ve duyu durum değişiklikleri) üzerinde olumsuz etkisi olduğundan insan sağlığını ve bağışıklık fonksiyonlarını olumsuz yönde etkiler (Chepesiuk 2009). Bununla birlikte ışık kirliliği, gecenin karanlık düzeyini bozduğu için, doğal yaşamı (hayvanlar, bitkiler, doğal çevre) da olumsuz yönde etkilemektedir (Cinzano vd 2001; Longcore ve Rich, 2004).

Günümüzde tüm canlı türlerine ve astronomik gözlemlere olumsuz etkileri olduğu kanıtlanmış ışık kirliliğinin; Erzurum ilinde ne denli etkili olduğunu tespit etmek için belirlenen koordinatlarda (Erzurum Şehir Merkezi ve Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi) gökyüzü kalite ölçümü yapılması amaçlanmıştır. Gökyüzü kalitesi ölçümü için farklı aletler ve teknikler bulunmaktadır. Bunlardan en güncel ve kullanışlı olanı, Unihedron firmasının SQM (Sky Quality Meter- Clear Sky Detector) olarak bilinen “Gökyüzü Kalite Ölçer” cihazıdır. Bu cihaz yardımıyla belirli yöndeki aydınlanma etkisi tespit edilecek ve astronomik açıdan sönük hangi kadirde yıldızların gözlenebildiği belirlenecektir.

Bu tez çalışması ile birlikte;

- Erzurum şehir merkezi ve Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi'nde gece gökyüzü parlaklığını ölçmek ve yıl boyunca gökyüzündeki parlaklık değişimlerinin nasıl olduğuna bakmak,
- Bu parlaklık değişimlerine neden olan etkenleri ortaya koymak,
- Işık kirliliğinin seviyesini tespit ederek kirliliğe neden olan ışıklandırma vb. sistemler için ilgili kurumlara bilgi vermek,
- En önemlisi ise şehir merkezindeki ışık kirliliğinin DAG projesi kapsamında kurulacak olan Türkiye'nin en büyük ayna çaplı (4 m sınıfı) teleskobuna etkisi olup olmayacağına incelemek,
- Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak hem üniversite hem de diğer kurumlarla (Erzurum Büyükşehir Belediyesi, vb.) iş birliği yapılarak ışık kirliliğinin olası zararlarını en aza indirgenmesi için farkındalık yaratmaktır.

KURAMSAL TEMELLER

1.1. Işık Kirliliğinin 4N1H Soruları

Ne, Ne Zaman, Nasıl, Neden ve Hangi? sorularından oluşan 4N1H soruları, Işık kirliliği konusunu kapsamlı bir şekilde gözden geçirmek için bu bölümde ana yaklaşımlar olarak kullanılmaktadır.

1.1.1. Ne?

Bu bölümde konu aşağıdaki iki soruyla tartışılacaktır.

- Işık kirliliği nedir?
- Işık kirliliği kaynakları nelerdir?

Işık kirliliği nedir?

İnsan ateşi keşfettiğinde önce onu; bir ısı kaynağı, yemek pişirme aracı, vahşi hayvanlardan korunma ve ayrıca gece boyunca gündüz faaliyetlerini uzatmaya yardımcı olması için kullanmıştır (Patterson 2015). Yapay ışıkların insanlık medeniyetleri ve devrimleri için hayati öneme sahip olduğu kanıtlanmıştır. Ancak insan yapımı ışık kaynaklarının tanıtılmasındaki dezavantajı doğal karanlık gece ortamının kirliliğidir. Işık kirliliği temel olarak, insan yapımı ışık kaynaklarının gece karanlığının doğal seviyesinde değişikliğe sebep olması olarak tanımlanır (Falchi vd 2011, 2016; Pun vd 2014). Astronomik olarak ışık kirliliği, atmosferdeki yapay ışığın saçılması nedeniyle gözlemlenebilen astronomik cisimlerin gözlenebilirliğinin sınırlandırılmasıdır. Ekolojik açıdan ışık kirliliği, flora, fauna (İnsan dışında var olan canlı biyolojik zenginlikleridir.) ve insan sağlığını bozan doğal ışık düzenlerinin değiştirilmesini ifade eder (Katz ve Levin 2016).

1879'da Thomas Edison'un akkor ampulleri ilk olarak New York'ta bir caddeyi aydınlatmıştır ve böylece modern elektrikli aydınlatma dönemi başlamıştır. O zamandan beri dünya, yapay elektrik ışığı ile aydınlatılmaktadır. Güçlü lambalar; sokakları, bahçeleri, otoparkları, binaları ve reklam panolarını aydınlatırken, spor tesisleri ise onlarca kilometre öteden görülebilen bir ışıkla aydınlatılmaktadır. Tucson, Arizona merkezli Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği'ne (IDA) göre, Los Angeles'ın gökyüzü parlaltısı 200 mil ötedeki

bir uçaktan bile görülebilmektedir. 1994 depreminde Los Angeles'da meydana gelen elektrik kesintisi sırasında karanlık gökyüzünde garip dev bir gümüşü bulut görüldüğünü bildirmek için yerel halk acil durum merkezlerini aramıştır. Sonrasında gökyüzünde görülen bu bulutun aslında ışık kirliliği nedeniyle şehirden görülemeyen Samanyolu galaksisinin bir bölümü olduğu fark edilmiştir (Chepesiuk, 2009).

Bir şehrin üzerindeki gökyüzünün turuncu, sarı veya pembe görünmesini sağlayan; kamaşma, aşırı aydınlatma ve gökyüzü parlaması bazı ışık kirliliği biçimlerindedir. Şekil 1'de Toronto (Kanada) yakınlarındaki Goodwood kasabasında meydana gelen elektrik kesintisi sırasında ve sonrasında (14 Ağustos 2003) çekilen fotoğraflar gösterilmiştir (Chepesiuk 2009). Bu fotoğraflarda ışık kirliliğinin yıldız gözlene bilirliliği üzerindeki etkisi net olarak görülmektedir.



Şekil 1. Goodwood, Ontario'da, 14 Ağustos 2003 elektrik kesintisi sırasında ve sonrasında çekilen görüntü (Chepesiuk 2009).

Aslında yapay elektrik ışığı, bu tür olumsuzluklardan çok doğru kullanılması durumunda ışık gerektiren etkinlikler için daha fazla zaman sunarak topluma fayda sağlamaktadır. Ancak yapay dış aydınlatma verimsiz, can sıkıcı ve gereksiz hale geldiğinde ışık kirliliği ortaya çıkmaktadır.

Işık kirliliğine karşı Dünya’da yapılan ilk çalışmalar 1950’li yıllarda başlamıştır (Aslan 1999). 1960 ve 1970 yıllarında ilk olarak ABD’de bu çalışmalar hız kazanmış ve daha sonrasında birçok ülkenin kurum ve kuruluşları ışık kirliliğiyle ilgili özel yasalar çıkarmıştır. Ayrıca birçok ülkede ışık kirliliği ile ilgili sorunları bilgilendirmek, uyarmak ve önlemek için dernekler ve ulusal komiteler kurulmuştur. Bu komiteler arasında en dikkat çekici olanı, ışık kirliliğiyle ilgili yönetmelik veya kanunlar çıkartmasıyla bilinen Ulusal Astronomi Birliği (IAU, International Astronomical Union)’dir. Böylece IAU’ya bağlı ülkelerde ışık kirliliği belli ölçüde azaltılmış olsa da bağlı olmayan ülkelerde ışık kirliliği büyük ölçüde devam etmektedir. Bu nedenle IAU 4 Temmuz 1998’de bir bildiri yayınlayarak ışık kirliliğini önleyici her türlü çalışmayı destekleyeceğini duyurmuş ve birçok ülke ışık kirliliğini önlemek için özel yasalar ve yönetmelikler çıkarmaya başlamıştır. Daha sonra araştırmacılar tarafından ışık kirliliğinin nedenlerini, sonuçlarını ve çözüm yollarını araştırmak üzere birçok çalışma yapılmıştır (Percy 1996, 2001; Green 1997; Murdin 1997,2001; Aslan 1999; Crawford 2000; Hanel 2001; Smith 2001; Remande 2001; Hermann 2001; Isobe 2001).

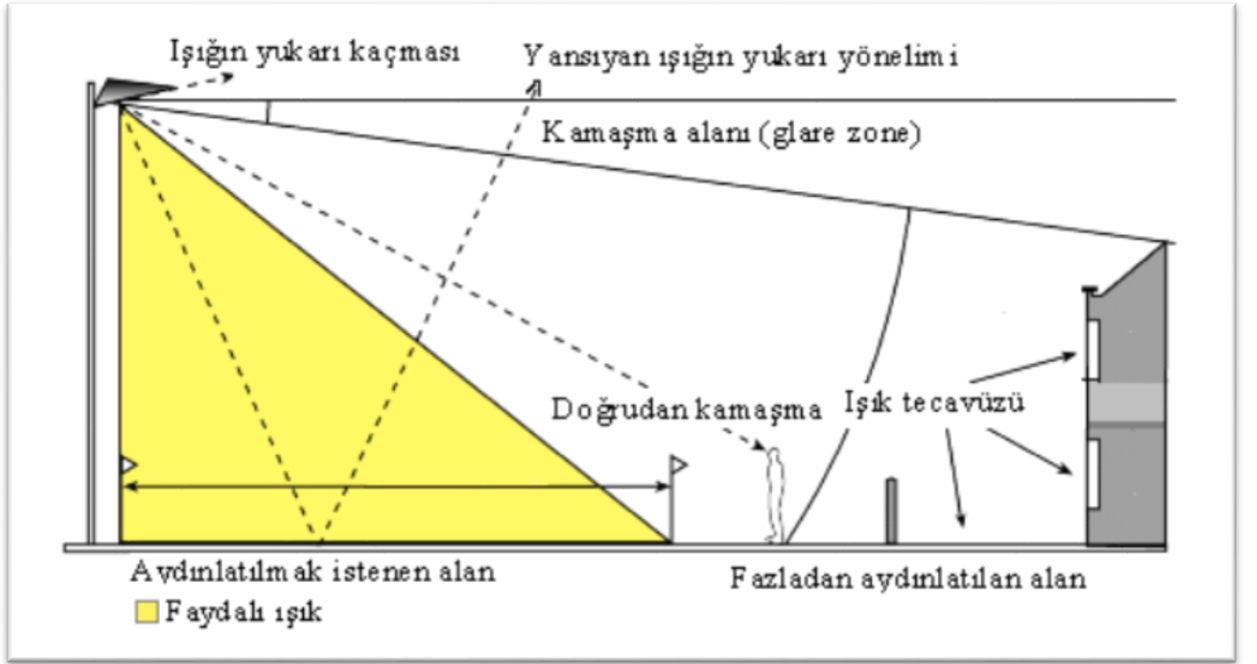
Ülkemizde ise 1998 yılından bu yana ışık kirliliği konusunda önemli çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar hala devam etmektedir. Ancak ışık kirliliğiyle ilgili alınan birçok karara ve çalışmaya rağmen günümüzde hala tam olarak çözülmemiş bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve insan sağlığına, doğal yaşama ve özellikle de astronomik çalışmalara her geçen gün olumsuz yönde artmaktadır. Bu düzenlemelere rağmen astronomi gözlemevlerini tehdit eden hatta kapanmasına neden olacak düzeye ulaşan ışık kirliliği problemi ülkemiz başta olmak üzere birçok ülkede hala devam etmektedir (Aslan ve Onaygil 1991; Onaygil 2001; Demircioğlu ve Yılmaz 2005).

Işık kirliliği kaynakları nelerdir?

Gece gözlenen doğal ışık kaynakları; ay, yıldızlar, kutup ışıkları (aurora) ve bu kaynaklardan gelen ışığı yansıtan bulut, buz ve kar gibi yüzeylerdir. Bu kaynakların aksine ışık kirliliği ise konut, ticari ve endüstriyel alanların yapay ışıkla yanlış ve aşırı bir şekilde aydınlatılmasından kaynaklanır (Cinzano vd 2001). Işık kirliliği kaynaklarına aydınlatılmış binalar ve gökdelenler, sokak lambaları, otoyollar, balıkçı tekneleri, yolcu gemileri, güvenlik ışıkları, araç lambaları, açık deniz petrol platformları, işaret fişekleri ve denizaltı araştırma gemileri örnek olarak verilebilir (Longcore ve Rich 2004). Yanlış kullanımdan dolayı ortaya çıkan bu ışıklar, atmosferdeki toz veya aerosol parçacıkları tarafından dağıtılır ve Dünya'ya

“gök ışması/parlaması” olarak geri yansır (Hanel vd 2018).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte hayvan yağından yapılan lambalardan sonra kullanılan akkor lambaların yerini günümüzde daha ucuz ve verimli olan LED lambaları almıştır. Bu gelişmeler yapay ışıkların toplu kullanımının önünü açarak ışık kirliliğinin artmasına neden olmuştur (DiLaura 2008). Bu ışık kirliliği ışık kaynaklarının genellikle uygun olmayan şekilde yerleştirilmesi, yanlış yönlendirilmesi, aşırı aydınlatmaların kullanılması ve/veya fazla sayıda olması; kamaşmaya, kafa karışıklığına ve gökyüzünün parlamasına neden olabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Tipik bir direğe monteli dış mekan aydınlatma armatüründen kaynaklanan faydalı ışık ve ışık kirliliği örneği (Anonim 2022b).

1.1.2. Ne zaman?

Bu bölümde konu “Işık kirliliği en iyi ne zaman ölçülür?” sorusuyla tartışılacaktır.

Işık kirliliği en iyi ne zaman ölçülür?

Kentsel alanlarda ışık kirliliği düzeyini ölçmek için en iyi zaman, gün batımından 1-2 saat sonraki akşam saatleridir. Bunun nedeni, özellikle konut, ticari, endüstriyel ve ulaşım sektörlerindeki yapay ışık gerektiren yüksek insani aktivitelerdir. Araştırmalar, gece gündüze

yaklaştışça ışık kullanımının azaldığını göstermiştir (Abdullahi vd 2017).

Gökyüzü parlaklığı ölçümlerini etkileyebilecek diğer faktörleri tanımak son derece önemlidir. Bunlar arasında Ay'ın durumu, bulut örtüsü ve mevcut çevredeki albedo yüzeyleri yer almaktadır (Katz ve Levin 2016). Bir yüzeyin üzerine düşen elektromanyetik enerjiyi yansıtma kapasitesi, yani yüzeyin yansıtma gücü, albedo olarak adlandırılır. Albedo etkisi ne kadar yüksek olursa gök ışıması o kadar fazla olur. Bulutlar üzerine düşen ışığın çoğunu yansıtır, yani albedoları yüksektir. Bu nedenle ölçüm yapmadan önce bulut örtüsü miktarının en az seviyede olduğu durumları değerlendirmek gerekir. Bununla birlikte Ay'ın ufuktan yüksekliği ve farklı evrelerdeki durumu hem yeryüzünü hem de gökyüzünü 7 kadir parlaklığına kadar aydınlatabilmektedir. Dolayısıyla daha doğru veriler elde etmek için yeni ay evresindeki zamanlarda ölçüm yapılması tavsiye edilir (Faid vd 2016).

1.1.3. Nasıl?

Bu bölümde konu aşağıdaki sorularla tartışılacaktır.

- Işık kirliliği nasıl ölçülür?
- Işık kirliliğinin yerel biyolojik çeşitlilik üzerinde nasıl olumsuz etkileri olabilir?
- Işık kirliliği nasıl azaltılabilir?

Işık kirliliği nasıl ölçülür?

Işık kirliliğinin ölçülmesi genellikle belirli bir yerin aydınlatmasının belirlenmesini içerir. Temel olarak aydınlatma, birim alan başına düşen ışık miktarıdır. Işığın ölçüm birimi tayfsal dalga boyu dikkate alınarak SI ölçüm sisteminde saniyede metrekare başına düşen Lux'tür (Longcore ve Rich 2004). Gökyüzü parlaklık seviyesini ölçmek için kullanılan en yaygın, en doğru ve kullanıcı dostu cihaz, mag/sec² biriminde ölçüm yapan "Sky Quality Meter" cihazıdır. Bu portatif ve hassas çalışan ışık ölçer, küresel olarak ışık kirliliği araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle ışık kirliliği modellerinin daha derinden anlaşılmasına ve farklı bölgeler arasında karşılaştırmalı çalışmalara izin verilmesine katkı sağlamaktadır (Falchi vd 2011; Kyba vd 2015). %10'luk (0.1 mag arcsec⁻²) bir standart hata payı ile SQM cihazları, amatör araştırmacılar ve astronomlar arasında, kolaylığı ve doğruluğu nedeniyle çok popüler hale gelmiştir. En basiti olan SQM-L model, saha içi verileri toplamak için en uygun olanıdır. Bu cihaz, ışığı çeşitli açılardan ölçebilir ve tüm gökyüzü parlaklık

haritasının oluşturulmasına yardımcı olabilir (Müguel vd 2015). Coğrafi alan haritalama sisteminde seçilmiş bir bölgenin eşit alanlara bölünmesi (ızgara) ve bu ölçümlerin birbiri ardına kaydedilmesi gerekir (Biggs vd 2012; Zamorano vd 2016). SQM-LU ve SQM-LE modelleri USB veya Ethernet bağlantısı üzerinden bir bilgisayara bağlanarak, sürekli veri almak ve kaydetmek için kullanılır. Bu üniteler ayrıca geniş alanların haritasını çıkarmak için GPS bilgisi olan araçlara monte edilerek sabit izleme istasyonlarında kullanılmak üzere tasarlanmışlardır (Müguel vd 2015).

Gökyüzü parlaklık ölçümlerinde değerleri etkileyebilecek ve deneylerin öncesinde fark edilmesinin hayati öneme sahip olduğu birkaç doğal etken vardır. Bunlar; bulut örtüsünün miktarı, ayın parlaklığı ve aerosol parçacıklarının varlığıdır. Örneğin, yüksek albedo etkisine sebep olan kentsel alanlarda bulunan yüksek miktardaki bulut örtüsü, yayınlanan yapay ışığı yansıtır. Bu nedenle gökyüzü parlaklığı artmış olur. Bulutlu bir gökyüzü, açık bir gökyüzüne kıyasla yaklaşık 3 ila 18 kat daha fazla parlaklığa etkisi olabilir (Faid vd 2016).

Işık kirliliğinin yerel biyolojik çeşitlilik üzerinde nasıl olumsuz etkileri olabilir?

Ekolojik açıdan ışık kirliliğinin, gece aydınlatılmış gökyüzünden dolayı oryantasyona veya oryantasyon bozukluğuna uğrayan doğal organizmalar üzerinde çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bunlar, flora ve faunanın doğal davranışlarını ve popülasyon büyüklüğünü büyük ölçüde etkilemektedir. Yoğun şekilde yapay ışıklara maruz kalan bitkiler; daha hızlı yapraklanma eğilimi, daha geç yaprak kaybı ve daha uzun büyüme periyodu göstermektedirler. Yiyecek arama, çiftleşme, yavru üretimi, göç ve iletişim gibi faaliyetlerin aksaması, ışık kirliliğinin hayvanlara ve böceklere yönelik yaygın etkileridir (Longcore ve Rich 2004).

Işık kirliliğinin en büyük etkilerinden biri, yoğun insan kaynaklı aydınlatmadan etkilenen gece hayvanlarının yönünü kaybetmesidir. Örneğin, aşırı yapay ışıkların deniz kaplumbağası popülasyonu üzerinde çok büyük etkileri bulunmaktadır. Kaplumbağa yavruları çevrelerini ufuk aydınlığı için tarayıp, karanlıktan daha aydınlık olan alanlara doğru sürünürler (Şekil 3). Ne yazık ki yakın çevredeki yapılardan gelen yapay ışıklar, yavruların denizi bulma yeteneklerini maskeleyip, hayatta kalma şanslarını azaltabilmektedirler (Kamrowski vd 2014).



Şekil 3. Işık kirliliğinin kaplumbağa yavrularına etkisini gösteren bir görsel (Chepesiuk 2009).

Kaplumbağa yavruları, içgüdüsel olarak gece saatlerinde sahilden denize doğru hareket etmeye başlarlar. Şekil 3’de yavruların dikkati geçici olarak parlak bir lamba tarafından dağıtılmaktadır. Kıyı ışıklarıyla dikkati dağılan yavrular ve anne kaplumbağalar yakındaki yollarda dolaşabilmektedirler. Bu durum denize ulaşmalarını engellediği için yaşamlarını sürdürememelerine sebep olmaktadır (Chepesiuk 2009).

Ayrıca değişen gece manzarası, yırtıcıları ve yapay ışıklar altında beslenebilen sürüngenlerin sayısını arttırarak gündüz avcılarına yarar sağlamaktadır. Buna karşılık bu tür değişikliklere uyum sağlayamayan gece hayvanları, daha az yiyecek arama eğilimi göstererek av-avcı ilişkisini bozabilmektedir. Örneğin, sincap ağaç kurbağası (*Hyla squirrela*) 10^{-5} lux kadar düşük aydınlatma seviyesinde düzgün bir şekilde yiyecek arayabilirken, aydınlatma 10^3 lux üzerinde olduğunda ise durmaktadır (Longcore ve Rich 2004).

Yapay ışığın, organizmaların üreme yeteneği üzerindeki olumsuz etkileri, çok sayıda araştırma ile kanıtlanmıştır. Yapay olarak aydınlatılmış göletlerde yaşayan halk arasında yeşil kurbağa olarak da bilinen erkek *Lithobates clamitans*, doğal karanlık göletlerde yaşayan kurbağalara nazaran eş bulmak için daha az zaman harcamaktadırlar. Benzer şekilde, iyi aydınlatılmış bir ortamda yaşayan erkek kış güveleri (*Operophtera brumata*), dişilerine karşı düşük hassasiyete sahiptirler (Botha vd 2017). Açıkça vurgulanan bu kanıtlar, ışık kirliliği ile biyolojik davranışsal özellikler arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Işık kirliliği nasıl azaltılabilir?

Teorik olarak ışık kirliliği ele alınması en kolay insan kaynaklı kirliliklerden biridir. Işık kirliliğini azaltmanın en basit yöntemi: gerekli alanları verimli bir şekilde aydınlatmak ve geride kalan alanları doğal olduğu gibi karanlık bırakmaktır. Uluslararası Karanlık Gökyüzü Derneği (IDA), daha fazla farkındalık, daha iyi aydınlatma tasarımı, standart aydınlatma yönergeleri ve düzenlemeleri uygulayarak gökyüzündeki parlaklığı azaltmayı amaçlamaktadır (Kyba 2018). Işık kirliliği konusunda halkı bilinçlendirmeye yönelik bazı öneriler ise bilinçlendirme kampanyaları ve halkın daha fazla katılımına dayalı olan araştırmalara teşvik edilmesidir. Örneğin, Hong Kong'da düzenlenen “Karart onu” (Dim It) kampanyası (Şekil 4.), Victoria Limanı'ndan yıldızlara bakma etkinliği yapabilmek için büyük şirketlere bir saat boyunca ışıklarını kapatma çağrısında bulunmuştur (Karol vd 2010).



Şekil 4. “Dim It” Kampanyası, Honkong (Anonim 2022c).

Daha iyi aydınlatma tasarımı, uygun şekilde kaplanan aydınlatma armatürlerinin yerleştirilmesi ve ışığın verimli bir şekilde yönlendirilmesini içermektedir. ABD'deki bazı eyaletler, ışık yoğunluğunu etkili bir şekilde azaltmak ve ışığı istenen yüzeye doğru şekilde yönlendirmek için lambaların üzerine özel kesme başlıkları veya yarı saydam prizma takmayı zorunlu kılmaktadır. Ayrıca ışıklar, atmosfere yönlendirilerek gökyüzü parlamasına yol açan ışıkların izinsiz girişini önlemek için yukarıdan aşağıya doğru yönlendirilmektedir. Işık yoğunluğunun sınırlandırılması, lambanın yalnızca belirli miktarda güç kullanımına izin verilmesi ve çok önemli olmayan aydınlatmanın kısılacağı veya kapatılacağı zamanları belirten aydınlatma düzenlemeleri, gökyüzü parlaklığının azaltılmasına yardımcı olabilmektedir (Karol vd 2010).

1.1.4. Neden?

Bu bölümde konu “Işık kirliliği neden azaltılmalıdır?” sorusuyla tartışılacaktır.

Işık kirliliği neden azaltılmalıdır?

Işık kirliliğinin ele alınmasının en temel nedeni, Dünya'nın her canlı için yaşanabilir bir gezegen olarak kalmasını sağlamaktır. Işık kirliliğinin olumsuz etkilerini gösteren kanıtlar endişe verici seviyelere gelmiştir. İklim değişikliğine yönelik belirsiz katkıları da unutmamak gerekir. Işık kirliliği, gece gökyüzünün aydınlık olmasından kaynaklı Samanyolu'nun görülebilmesini engellemektedir. Gerçekten karanlık bir gökyüzüne ulaşmak için çok daha fazla yol kat edilmesi gerekmektedir (Kyba 2018). Ekolojik olarak ışık kirliliği, doğal gündüz-gece döngüsünü etkilemektedir. Bu durum; bitki, hayvan, böcek ve insan gibi organizmaların biyolojik olarak olumsuz etkilenmelerine sebep olabilir. Geceleri yapay ışığa maruz kalmanın insan sağlığına olan hem epidemiyolojik hem de fizyolojik düzeydeki etkileri her yıl daha fazla göz önüne serilmektedir. Bu etkilere; uykusuzluk, uyku bozukluğu ve yoksunluğu, ruh hali değişimleri, erken başlangıçlı diyabet, obezite ile meme ve prostat kanseri riskinin artması da örnek gösterilebilmektedir (Chepesiuk 2009; Cinzano ve Falchi 2014).

Kentsel çevredeki açık alanlar sokak hayvanları için sığınak görevi görürler. Bu durumda açık alanlarda yaşayan hayvanların özellikle de gece yaşayanların ışık kirliliğine maruz kalmaya karşı daha savunmasız olduklarını anlayabiliriz (Katz ve Levin 2016). Gece

faunasının; yiyecek arama, iletişim, çiftleşme, üreme ve göç modeli gibi doğal davranışları, değişen gece gökyüzü tarafından büyük ölçüde bozulmaktadır. Örneğin, her yıl New York'ta gökdelenlere çarpan yaklaşık 10.000 göçmen kuş yaralanmakta ya da ölmektedir (Chepesiuk 2009). Işık kirliliğinin sebep olduğu bu sonuçlara bakılırsa, bu konunun herkes tarafından tanınması hem yerel hem de küresel ölçekte eylemlerle ele alınması gerektiği görülmektedir.

1.1.5. Hangi?

Bu bölümde konu aşağıdaki sorularla tartışılacaktır.

- Işık kirliliği en çok hangi alanda meydana gelir?
- Işık kirliliği indeksi en yüksek ve en düşük olan ülkeler hangileridir?

Işık kirliliği en çok hangi alanda meydana gelir?

Işık kirliliği, insani faaliyetlerden kaynaklanan aşırı yapay ışık kullanımının bir ürünüdür. Bu faaliyetlerin çoğu genellikle kentsel alanlarda ve şehir merkezlerinde yoğunlaşmıştır. Walker Yasası; nüfus yoğunluğu, ekonomik durum ve nüfusun merkezine olan uzaklığın, belirli bir yerin gökyüzü parlaklık seviyesi üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu öne sürmektedir (Walker 1977). Bu nedenle, hızlı kentleşme, kent nüfusundaki ciddi artış ve ekonomik iyileşme ile sonuçlandığından, bitmeyen talepleri karşılamak için yapay ışık tüketimleri giderek artmaya devam etmektedir. AB'nin %49'unun ve ABD'nin %23'ünün şu anda en az %50 daha parlak gökyüzü altında yaşadığı tahmin edilmektedir (Kyba 2018).

Işık kirliliği indeksi en yüksek ve en düşük olan ülkeler hangileridir?

Yapay ışık kullanım oranı, ekonomik büyüme ile orantılı olarak artmaktadır. Bu durum birçok ülke için geçerlidir. Ancak bazıları ekonomik refahı bile geride bırakmaktadır (Lyytimaki 2015). İronik olarak daha yüksek verimliliğe sahip ve ucuz olan ışıkların tanıtılması ışık kirliliği seviyesinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, dünyanın hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerindeki çoğu kentsel alanın yüksek ışık kirliliğine sahip olduğu söylenebilmektedir. En kirli gece gökyüzüne sahip ülke Singapur'dur. Şekil 5'den de görüldüğü üzere nüfusun %100'ü aydınlık gece manzarası nedeniyle gece görüşüne tam olarak uyum sağlayamamaktadır. Singapur'u takip eden ülkeler; Kuveyt (%98), Katar

(%97), Birleşik Arap Emirlikleri (%93), Suudi Arabistan (%83), Güney Kore (%66), İsrail (%61), Arjantin (%58), Libya (%53), Trinidad ve Tobago (%50). Çad, Orta Afrika Cumhuriyeti ve Madagaskar'daki nüfusun dörtte üçünden fazlası aydınlatılmamış gece gökyüzü ortamında yaşamakta ve Samanyolu'nu çıplak gözle net bir şekilde görebilmektedirler. Kirlilik oranı en düşük olan ülkeler ve bölgeler ise; Grönland (%99,88), Orta Afrika Cumhuriyeti (%99,71), Niue (%99,55), Somali (%98,8) ve Moritanya (%98,6) 'dır (Falchi vd 2016)



Şekil 5. Singapur'da gece manzarası (Anonim 2022d).

1.2. Işık Kirliliği için Yapılan Bazı Çalışmalar

Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği (IDA), 1988 yılında kâr amacı gütmeyerek ve vergiden muaf olarak kurulmuştur. 1998 yılı itibariyle 68 ülkeden toplam 2917 üyesi bulunuyordu. IDA, sorunları belirten ve çözüm önerileri sunan broşürleri hem üyelerine göndermekte hem de internet sayfalarında yayınlamaktadır. Enerji tasarrufu ve çevre için ABD Çevre Ajansı (US Environmental Agency) ile birlikte çalışmaktadır. İngiltere, Kanada, Japonya gibi ülkelerin ilgili kuruluşları ile iş birliği halinde olan IDA'nın yönlendirmeleri sonucu, istenilen özelliklerde armatür üretmeye başlayan firmaların sayısı gün geçtikçe artmıştır. Firmalar ticari amaçla da olsa IDA ile iş birliği yapmaktadırlar (Aslan 1998).

Çevresinde birçok gözlemevi bulunduran Tuscon şehri hayata geçirdiği önlemlerle hem ABD'de hem dünyada örnek olmuştur. Tuscon yerel yönetimi, 10 yıl önce yaptığı denemede birkaç cadde ve sokağa yüksek basınçlı sodyum (YBS), Düşük basınçlı sodyum (DBS) ve cıva buharı lambaları yerleştirmiştir. Belli bir süre sonra ilgili cadde ya da sokak üzerinde oturanlara tepkileri sorulduğunda, DBS lambalı caddede oturanların daha memnun oldukları gözlemlenmiştir. Günümüzde Tuscon ana caddelerinde YBS, cadde ve sokaklarda DBS lambaları kullanılmaktadır.

ABD'de birçok eyaletteki onlarca yerel yönetim dış aydınlatma ile ilgili yönetmelik çıkarmış olup bazıları ise yeni yönetmelik hazırlamaktadırlar. Bu yönetmeliklerle birlikte şehir ve kasabalarda kullanılan eski aydınlatmalar değiştirilmekle beraber yeni aydınlatmalar kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin Los Angeles'ta 240.000 lambanın 3'te 1'i yeni lambalarla değiştirilmiştir. Sonuç olarak daha iyi aydınlatma daha az enerji tüketimi anlamına gelmektedir (Aslan 1998).

Crawford (2001), ışık kirliliğinin nedenlerini araştırmış, asıl sorunun düşük kaliteli dış mekân aydınlatmaları olduğunu belirtmiştir. Dış aydınlatmanın gerekliliğini belirtmekle birlikte gereksiz ve aşırı kullanılan aydınlatmanın da olumsuz yönleri üzerinde durmuştur. Dış aydınlatmada kullanılan armatürlerin kalitesiz ışık yaydığını belirten Crawford, bu yayılan ışığın insanları kör edebilecek bir parlamaya neden olduğunu söylemiştir. Bunu yanında ise zayıf aydınlatmanın da insan gözüne ters etkileri olabileceğini savunmuştur. Ayrıca dış aydınlatma yapılan aşırı ışık dağılımının hem enerji atığı oluşturduğunu hem de ekonomik anlamda büyük bir kayıp yaşanmaya devam edeceğini belirtmiştir. Crawford oluşan ışık kirliliğinin etkilerini azaltmak adına birçok öneri de bulunmuştur. Karanlık gökyüzünü korumak ve kalitesini artırmak için gerekli adımları şöyle sıralamıştır.

- Gece aydınlatması için ne kadar ışığın gerekli olduğunu belirlemek,
- Nerelerde gerekli olduğunu belirlemek,
- Kullanılacak olan ışık miktarının doğru oranda (ne çok ne de az) olmasını sağlamak,
- Dış aydınlatmada kullanılan ışığın gökyüzüne değil, sadece yerlere yönlendirilmesini sağlamak,
- Parlama unsurlarını ortadan kaldırmak,
- Işık taşması durumunu en aza indirmek,
- Göze batan aydınlatmaları tamamen değiştirmek,
- Enerji tasarruflu kaynakların kullanılması sağlamak,

- Enerji israfını en aza indirmeye çalışmak,
- Kullanılmayan alanlarda hareket sensörlü aydınlatmalar kullanarak hem gökyüzü kirliliğinin engellemek hem de enerji tasarrufu sağlayabilmek.

Isobe (1998), meteorolojik uydu programları üzerine Japonya’ da çalışmalar yapmış ve savunmada kullanılacak bu programla, uzaya kaçan şehir ışıklarını incelemeye çalışmıştır. 1998 yılında bu programı ile denemeler yaparak programın ışık ölçümünde ne kadar iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. The Use Defense Meteorological Satellite Program (DMPS) artık görüntülerin fotoğraf baskıları şeklinde de kullanılmasına olanak sağlamıştır. Japonya’da denemeleri yapılan program üzerinde çalışmalar yapılarak geliştirilmiştir. 1998 yılında Japonya’da Astronomi Araştırma üssünde K. Kawakami ile aydınlatma lambalarının ışık şiddeti dağılımını gösteren tablolar üreterek, alınması gereken önlemlerin en önemlisinin armatür kalitesi olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmalar ülke tarafından incelenmiş, ışık kirliliğinin detaylı incelenmesi gündeme gelmiştir. Bu sırada çalışmalarına devam eden Isobe, 1999 yılında P. Cinzano ile birlikte ışık ölçümü ve modellenmesi yapmıştır. Bu çalışma DMPS programı kullanarak yapılmış ve dalga boylarına göre uzaya kaçan ışık miktarları grafiksel ifade edilerek ülke yetkilileriyle paylaşılmıştır. Akita, Shizuoka, Hiroshima, Tokushima ve Matsuyama şehirlerinde yapılan ölçümler sonrasında ülkenin enerjisinin %20-50 arasında bir kayıp yaşadığını belirterek gerekli önlemlerin alınması gerektiğini bildirmiştir. Kayıp enerji ülkeyi maddi olarak da zarara uğrattığından Japonya; yapılan çalışmalarını dikkatlice inceleyerek, iyi aydınlatma tüzüğü geliştirmiştir. Isobe yaptığı bu çalışmada, dünyada bir ilk olma özelliği taşıyan ve CIE tarafından hazırlanan “Işık Kirliliği için Rehber- Çevre İyi Nasıl Aydınlatılır?” tüzüğünün eksik kısımları tespit etmiştir (Demircioğlu ve Yılmaz 2005). Bu tüzükteki eksik yönleri de belirterek katkı sağlamıştır.

Di Sora (2001), İtalya’da ışık kirliliğini düzenleme açısından amatör astronomlar, aydınlatma mühendisler ve profesyonel gökbilimciler ile birlikte gerçekleştirilen etkinliklerin konuya odaklı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Di Sora bu konuların İtalya’da ışık kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir. İtalya’da kullanılan aydınlatmanın ülke genelinde ışık taşmalarına neden olduğunu ve karanlık gökyüzü olasılığını azalttığını ortaya çıkarmıştır. Di Sora İtalya genelinde yaptığı ışık kirliliği çalışmaları sonucu hem maddi açıdan hem de astronomi açısından ülkenin zararda olduğunu belirtmiştir. Işık kirliliği ve güç tüketiminde enerji kaybının %40 olduğu ve maddi açıdan zarara uğradıklarını belirterek İtalya/Frosinone’de gereksiz ve aşırı kullanılan aydınlatmayı önlemek için önerilerde bulunmuştur. Frosinone kentinde kabul edilen özel kuralların tamamen uygulanmasıyla bu

kaybın en aza indirileceğini belirtse de önceleri bu kurallar tamamen uygulanmamıştır. Işık kirliliği konusunda çalışanlarla hemen hemen aynı sorunlara işaret eden Di Sora, İtalya’da bulunan Astronomi Derneği’nin Işık kirliliği Komitesi üyeleriyle yaptığı çalışmaların geliştirilmesini önermiştir. Aydınlatma mühendisleri ve aydınlatma üreticileriyle tasarruflu aydınlatma için çalışmalar yapılmasını öneren Di Sora, İtalya’nın bu konuda çalışmaları İtalyan Ulusal Standartlar Enstitüsü’yle yürütmesini öngörmüştür.

Vandewalle vd (2001), Belçika’nın Flaman bölgesinde oluşan ışık kirliliğini ölçmek için uyguladıkları yöntemlerle tahmini ışık kirliliği değeri elde etmişlerdir. Belçika bölgesinde yıllık çevre raporları hazırlanmaktadır. Bu raporlara göre ülke kendi yıllık planlarını ortaya koymakta ve alınması gereken önlemleri gözden geçirmektedir. Vandewalle de bu raporlara katkı sağlamak adına arkadaşlarıyla Flaman bölgesinde ışık kirliliğini gözlemlemiş ve bu kirliliğini ölçmeye başlamıştır. Ayrıca ışık kirliliğinin sosyal etkinliklerine etkisini belirlemek için farklı parametreler belirtmiş ve bu değişkenleri ifade eden grafikler elde etmiştir. Yapılan hesaplamaları ışık kirliliği ile ilişkilendirmiş ve çevreye yayılan ışık miktarının değerini Flaman bölgesi için hesaplamıştır. Flaman bölgesinde gece kullanılan ışık miktarının %94 kadarı gökyüzünü aydınlattığını açıklamıştır. Bu bölgede gerekli olan aydınlatmanın şu an ki aydınlatmanın %10’unun kullanılarak sağlanabileceğini belirtilmiştir. Bu konunun ülke için önemli olduğunu belirten Vandewalle ve arkadaşları, bu bölgeye ait ışık kirliliği haritası hazırlayıp çevre raporlarına dahil etmişler. Belçika’nın yıllık çevre raporlarını hazırlayan MIRA’nın raporları dikkate alınarak çalışmalar ve karşılaştırmalar yapılmıştır. MIRA’ya sunulan belgelerde ışık kirliliğini önlemenin dış aydınlatmaları kontrol altına almakla olabileceğini belirtmişler. Yeryüzünün aydınlatılması sırasında ışık dağılımı gökyüzüne kaymaktadır. Bunun için aydınlatma mühendislerinin daha sağlıklı aydınlatma lambaları ve projeleri kullanmasını önermişler. Ülkede enerji kaybının da bu şekilde önüne geçilebileceğini belirten Vandewalle, ışık kirliliğinden dolayı oluşan maddi kaybın her yıl çok büyük rakamlara ulaştığını belirtmiştir.

Isobe ve Aslan (2001), “Türkiye’de Uzaya Kaçan Şehir Işıkları” çalışmalarında Türkiye için gerekli olan enerji miktarının hızlıca arttığını belirterek ve şehirlerden uzaya kaçan ışık enerjilerini hesaplamışlardır.

Avrupa ve diğer ülkelerde ve kurulan Ulusal Aydınlatma Komiteleri’nin bir benzeri Türkiye’de 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi öğretim üyelerince Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK) kurulmuştur. ATMK üyelerinin yoğun çalışmaları sonucu 2001 yılında “Ulusal Aydınlatma Komitesi” ve 2002 yılında “Balkan

Ülkeleri Aydınlatma Komiteleri” Türkiye’de düzenlenmiştir. Ülkemizde de bu konuda çokça çalışma yapılmış olup dikkati maddi kayıplara, doğal yaşama ve bilimsel çalışmalara olumsuz etkisine çekmeye çalışmışlardır.

Ülkemizde Gökyüzü Kalite Ölçümü şehir bazlı yapılsa da yapılan en kapsamlı çalışma “Türkiye’de Işık Kirliliğini Önleme Etkinlikleri” projesidir. Çalışmalarına aktif halde devam eden proje Temmuz 2010 tarihinde başlamış ve ilk sonuçları bildiride belirtilerek duyurulmuştur (Aslan vd 2011). Bu projede belirli bir şehir ya da bölge seçilmeden Türkiye geneli bütün illerdeki ışık kirliliği ölçülmesi amaçlanmıştır. Şu anda aktif halde bulunan bir web sitesi olan www.ıskkirliligi.org ile bilgileri paylaşan proje, ölçümleri belirli aralıklarla yenileyerek Türkiye haritası üzerinde ışık kirliliği değerlerini şehirler baz alınarak yayımlamaktadır. Gökyüzü Kalite Ölçümü; üniversite yerleşkeleri, gözlemevleri, milli parklar ve karanlık yerler, şehir ve kasaba merkezlerinde yapılan ölçümlerle oluşturulmuştur. Projeye öncelikle Ankara, İstanbul, Adana, Antalya, Aydın, Bursa, Balıkesir, Denizli, Düzce, Eskişehir, Gaziantep, İzmir, Kocaeli, Konya, Malatya, Mardin ve Nevşehir illerinde belirlenen noktalarda yapılan ölçümlerde alınan değerlerin parlaklık birimi olan kadire dönüşümü hesaplanarak ışık kirliliği değerleri bulunmuştur. SQM aleti kullanılarak yapılan ölçümler, zenit doğrultusunda bulutsuz ve ayın olmadığı gecelerde astronomik tanın bitiminin hemen ardından yapılmıştır. Bu ölçümler yaz kış mevsimi olarak en az yılda iki kez tekrarlanarak hata oranının azalacağı planlanmaktadır (Aslan vd 2011).

Eskişehir Anadolu Üniversitesi de “Türkiye’de Işık Kirliliğini Önleme Etkinlikleri” projesine destek olarak bu projede Eskişehir ilinde gökyüzü kalite ölçümünü gerçekleştirmiştir. Eskişehir ilindeki Işık kirliliği ölçümü için yapılan çalışmayı Bülent ASLAN ve arkadaşları yürütmüştür. SQM aletiyle il genelinde belirlenen koordinatlar dahilinde gökyüzü parlaklık değerleri ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda sayısal harita elde edilerek verilerin kıyaslanabilmesi sağlanmıştır (Aslan 2013).

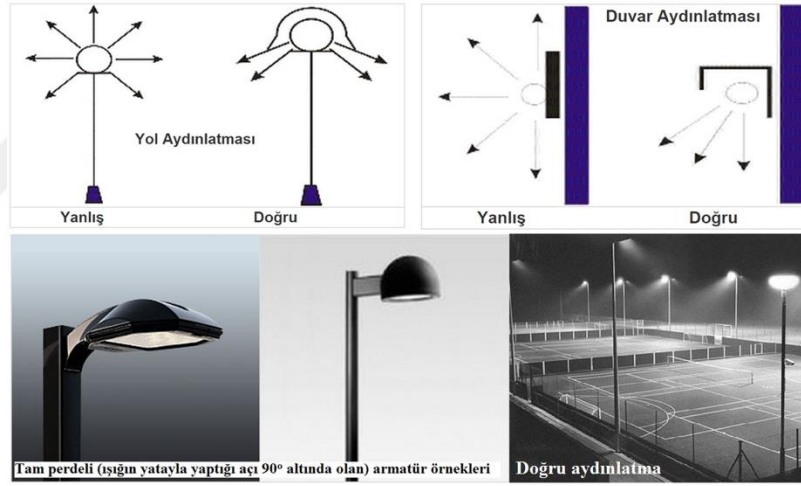
Ekmekçi ve Efendi (2001), öncelikle ışık kirliliğinin neden olduğu, dünyada kullanılan teleskoplara olan etkileri üzerinde durulan bir çalışma yapmışlardır. Işık kirliliğinin oluşma nedenleri detaylı olarak açıklanan çalışmada, aydınlatma çeşitlerinin ışık kirliliği üzerine etkilerine önem verilmiştir. Işık kirliliğini anlamanın en kolay yolunun aydınlatma yapılan alanlarda kimsenin bulunmaması halinde dahi ışıklandırmanın yapılmakta olduğunu belirtmişlerdi. Geceleri yollarda, spor sahalarında, sanayi sitelerinde, park alanlarında gereksiz aydınlatmaların hem enerji israfına hem de maddi kayıplara neden olduğu belirtilmiştir. Işık kirliliğinin bileşenlerini de açıklamış şöyle ifade etmişlerdir;

- Gök parlaması: Bir şehre uzaktan baktığımızda şehrin üzerinde yer alan ve yıldızları görmemizi engelleyen kubbe biçimli ışıktır.
- Işık ihlali: Komşu evlerden, karayollarından, reklam panoları veya levhalardan kaynaklanıp izniniz olmadan evimizin veya işyerimizin üzerine vuran ışıktır.
- Parlama: Görmeyi engelleyen, genellikle görsel sıkıntıya neden olan aşırı ve göz kamaştırıcı ışık kirliliği türüdür.
- Aşırı aydınlatma: Bir yapıyı veya yeri kasıtlı olarak aşırı aydınlatmaktır.
- Enerji israfı: Dışarı ya da yukarı yönelen ışık israfa yola açar. Yeri aydınlatmayan enerji boşa gitmiş demektir.

Işık kirliliğinin bileşenlerini azaltmak için öncelikle armatür çeşitlerini incelemek en doğru aydınlatmayı kullanmanın ilk adımlar arasında yer aldığı belirtilmiştir. Birçok armatür çeşitlerinden söz etmişler ve bunları enerji kaybı bakımından karşılaştırılmasını sağlamışlardır. Bunlardan bazıları şöyle belirtilmiş; yüksek basınçlı sodyum, cıva buharlı lamba, metal halojen lamba, düşük basınçlı sodyum lamba. En düşük maliyetli lambalar tercih edildiğinden ışık yayılımı göz önüne alınmadığı da vurgulanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada ışık kirliliğinin astronomideki etkileri baz alınarak teleskopların ışık kirliliğine ne denli maruz kaldıkları açıklanmıştır. Şehirlerde yaşayanların hiç Samanyolunu görmemiş olmamaları düşünülürse ışık kirliliği oluşumuna verdikleri önemi anlamak çok kolay olacaktır. Astronomide yapılan çalışmalarda bir cismin görüntüsünü almanın bilim için önem arz ettiğini anlamak için halkın da bu konularda bilinçlenmesinin gereğine değinmişlerdir. Bu şekilde hazırlanan çalışmada ışık kirliliğinin ülkelerde hem bilimsel hem maddi hem de enerji kaybı açısından önemli olduğu vurgulanmış, alınabilecek önemler hakkında bilgi verilmiştir (Ekmekçi ve Efendi 2001).

Atatürk Üniversitesi Gökyüzü Kalite Ölçümü, Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü'nün Bilimsel Araştırma Projesi (BAP 2013/066) kapsamında Dr. Öğr. Üyesi İlham NASIROĞLU tarafından 2014 yılında gerçekleştirilmiştir. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ve ATA50 Teleskop çevresinde yapılan ölçümlerde SQM aleti kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmalar ile Üniversite yerleşkesinde ve şehir merkezinde yanlış kullanılan ışık kaynaklarının, ATA50 Teleskobu'nun yakın çevresinde meydana getirdiği ışık kirliliğinin etkisi ölçülmüş ve ATA50 Teleskobu ile yapılacak astronomik gözlemleri ne derecede etkilediği bildirilmiştir (Nasıroğlu 2015).

Nasıroğlu (2015), günlük hayatta kullanılan armatür ve lambaların yanlış seçimi, yanlış yönelimi ve gereğinden fazla sayıda kullanımı ile gökyüzüne gönderilen ışıklarla oluşan ışık kirliliği hem fazla enerji tüketimine neden olmakta, hem de bilimsel araştırmaları (astronomi gözlemlerini engelleyen) ve doğal hayatı kötü yönde etkilemekte olduğunu belirtmiştir. Işık kirliliğinin oluşmasına neden olan önemli diğer sebepler ise ışık kirliliği konusuna yeterince önem verilmemesi ve bu konudaki bilgi eksikliğidir. Aydınlatma hedefinden sapmış olan lambalar uzaya doğru istenmeyen ışık yayılımına neden olmaktadır. Bu tür sorunlar, ışık kirliliği hakkında verilmesi gereken doğru bilgiler, gereksiz yere ışık kullanımından kaçınma, doğru lamba/armatür kullanımı, doğru montaj yüksekliği ve açısı ayarı olarak nitelendirilmiş kullanım şekli ile giderilebilmektedir (Şekil 6). Böylece gökyüzüne yayılan yapay ışıktan kurtularak daha berrak bir gökyüzü ve daha sağlıklı gözlemler elde edilmiş olunacaktır.



Şekil 6. Doğru ve yanlış aydınlatma şekilleri (Anonim 2022e).

1.3. Işık Kirliliğinin Astronomiye Etkileri

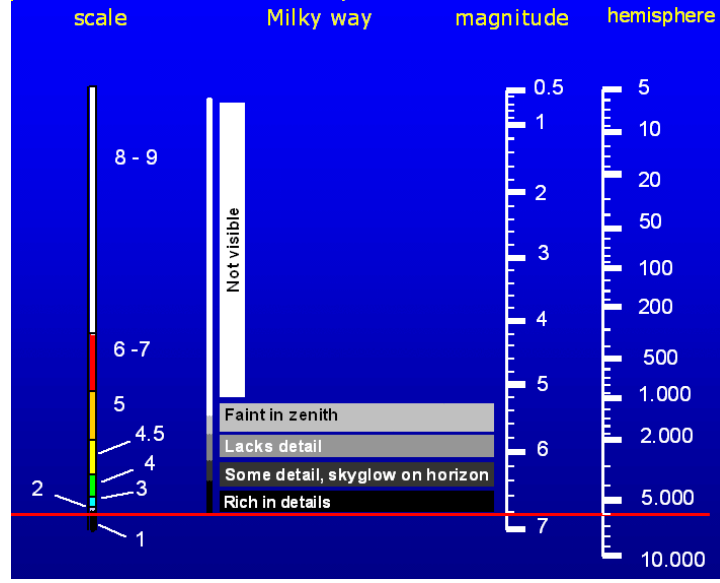
Astronomik açıdan ışık kirliliği; gökyüzü parlaması ve parlak gece gökyüzü nedeniyle gök cisimlerini gözleme yeteneğinin kaybolması olarak tanımlanabilir (Elvidge vd 2001; Longcore ve Rich 2004). Gökyüzü parlaltısının doğal bileşeninin beş kaynağı vardır: Ay ve dünyadan yansıyan güneş ışığı, üst atmosferde zayıf hava parlaması (kalıcı, düşük dereceli bir Aurora), gezegenler arası tozdan yansıyan güneş ışığı (Zodyak ışığı), atmosfere saçılan yıldız ışığı ve soluk, çözülmemiş yıldızlardan ve bulutlardan (göksel cisimler veya puslu ışık

lekeleri gibi görünen yıldızlararası toz ve gazın dağılık kütleleri) arka plan ışığı (Teikari 2007).

Amatör gökbilimciler genellikle çıplak gözle görülebilen en sönük yıldızın büyüklüğünü not ederek gökyüzünü değerlendirmişlerdir. Bununla birlikte, çıplak gözle büyüklüğü sınırlama subjektif bir eylemdir. Bu, bir kişinin görme keskinliğine, olası en sönük yıldızları görmek için harcanan zamana ve gösterilen çabaya çok fazla bağlıdır (Teikari 2007). Amatör gökbilimcilerin gece gökyüzünün parlaklığını objektif olarak tahmin etmelerinin olası bir yolu, belirli yüzey parlaklığına sahip gök cisimlerinin gözlemine dayanan dokuz seviyeli bir ölçek olan Bortle (2001)'in karanlık gökyüzü ölçeğini kullanmaktır (Tablo 1, Şekil 7). Profesyonel gökbilimciler gece gökyüzünü gözlemlerken, yıldız sinyallerini karşılaştırmak için kullanabilecekleri bir arka plan değerine sahip olmak için genellikle astronomik ekipmanlarıyla gökyüzünün karanlık kısmını ölçerler. Profesyonel gökbilimciler bu ölçümleri yapmak için fotoelektrik fotometre adı verilen bir alet kullanırlar. Tipik olarak bu tür ölçümler gökyüzündeki en yüksek nokta olan zenit yönünde yapılmaktadır (Teikari 2007).

Tablo 1. Gökyüzü parlaklığının büyüklüğü ve doğal ışımının artışına göre Bortle'm karanlık gökyüzü sınıflarının ölçeği (Bortle 2001).

Renk Kadiri	Bortle Sınıfı	Gök Parlaklığı (mag/arcsec)
7.6 - 8.0	1	> 21.90
7.1 - 7.5	2	21.90 - 21.50
6.6 - 7.0	3	21.50 - 21.30
6.3 - 6.5	4	21.30 - 20.80
6.1 - 6.3	4.5	20.80 - 20.10
5.6 - 6.0	5	21.10 - 19.10
5.0 - 5.5	6,7	19.10- 18.00
< 4.5	8,9	< 18.00



Şekil 7. Bortle ölçeğine göre çıplak gözle gözlenebilecek en sönük yıldız parlaklığı ve sayısı (Anonim 2022f).

Işık kirliliği yalnızca bir teleskobun kontrast büyüklüğünü azaltarak astronomik gözlemi etkilemekle kalmaz, aynı zamanda sönük nesnelerin (genellikle daha uzakta olan) gözlemine sınırlandırır. Ayrıca, yapay gökyüzü parıltılarının spektral dağılımı bazı dalga boylarında daha alakalı olduğundan, farklı dalga boylarında astronomik araştırmaları doğrudan etkiler. Bu spektral seçicilik etkisi, gözlem koşulları ışık kirliliği tarafından bozulduğunda, verilen astrofiziksel olayların (dolayısıyla belirli araştırma alanlarının) önemli ölçüde tehlikeye girebileceğini ima eder (Martínez-Ledesma ve Falchi 2019).

İlgili bir örnek, bu yeni teknolojinin maliyet düşürmesi sayesinde eski aydınlatmaları beyaz LED teknolojisiyle değiştirme eğilimidir. Beyaz LED, 550 nm'den daha düşük dalga boylarında yapay gökyüzü parıltısında önemli bir artış sağlayarak, hayati öneme sahip bazı astrofiziksel alanları oldukça etkiler. 550 nm'den daha düşük spektral bant, yeni Büyük Taramalı Sinoptik Teleskop (LSST) gibi teleskopların tüm gözlem kapasitesinin üçüncü bir kısmına karşılık gelir. LSST tarafından kullanılan filtreler açısından, Sloan fotometrik filtre sistemi 6 filtreden ('u', 'g', 'r', 'i', 'y' ve 'z' bantlı) oluşur. Bu filtrelerden ikisi ('u' ve 'g' bantları) 550 nm'den daha düşük dalga boylarındadır. Bu nedenle 550 nm'den daha düşük gözlem bandında doğal mavi fotonların sinyal kaybından etkilenebilecek araştırma alanlarının temsili bir listesi, güneş dışı gezegenlerin araştırılması ve karakterize edilmesinden evrenin büyük ölçekli bir yapıya kadar uzanan alanlarını kapsamaktadır (Martínez-Ledesma vd 2019)

1.4. Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG)

Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) Projesi 2011 yılında etüt, 2012 yılında ise esas proje olarak (2011K120230) Kalkınma Bakanlığı'nca kabul edilmiş ve sonrasında bu proje için Erzurum, Konaklı / Karakaya Tepeleri (DAG Mevkii; 39° 47' K- 41°14' D) ve çevresindeki yaklaşık 2500 dönüm arazi tahsis edilmiştir. DAG, konumu sayesinde Dünya üzerinde büyük bir gözlem boşluğunu dolduracak olup yerleşkenin alt yapısı 2013-2018 yılları arasında eksiksiz olarak tamamlanmıştır. Bu altyapılar, arazi kazısı, yol iyileştirme, sismik ve jeolojik analizler, atmosferik araştırmalar, elektrik ve güç, fiber optik, su, jeneratör, güvenlik, araçlar, binalar vb. çalışmaları içermektedir (Yeşilyaprak ve Keskin 2018).

2007 – 2010 yıllarında yürütülmüş olan Atatürk Üniversitesi – Fizik Bölümü, BAP Projeleri kapsamında gözlemlenen atmosferik ve astronomik veriler ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan bölgenin önceki ve güncel atmosferik verileri incelendiğinde; Palandöken Dağı (3175 m rakımlı) ve çevresindeki Karakaya Tepeleri'nin (3170 m rakımlı) astronomik açıdan büyük bir potansiyeli olduğu ve Dünya'nın sayılı zirvelerinden birisi olduğu tespit edilmiştir. Karakaya Tepeleri'nin hem Erzurum şehir merkezine hem de Erzurum Havalimanı'na olan uzaklığı ortalama 20 km olup, Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi'ne uzaklığı ise yaklaşık 10 km'dir. Konaklı Kayak Tesisleri'nden ulaşım sağlanabilmesi adına 4'er kişilik teleferik hattı da çalışır durumdadır. Bu yerleşke Erzurum şehir merkezini doğrudan görmediği ve şehir ile arasında yaklaşık yüksekliği 2500 m olan tepeler bulunduğundan şimdilik ışık kirliliğinden etkilenmemektedir ve şehrin gelişim yönüne de ters yönde bir konumda bulunmaktadır. Karakaya Tepeleri ve çevresinin özellikle düşük nem oranı ve rüzgâr hızı, rüzgâr yönündeki kararlılığı ve açık gün/gece sayısı da dikkate alındığı zaman; bölgenin astronomik açıdan ne kadar değerli olduğu görülmektedir. Gözlemevi yerleşkesi olarak seçilen bu tepeler, coğrafik-topoğrafik özelliklerinden ötürü büyük çaplı birden fazla teleskobu barındırabilecek potansiyeli vardır. Büyük bir gözlemevi kurulabilmesi için yöresel ve kurumsal desteğe de sahip bu bölgenin değerlendirilerek, ulusal ve uluslararası yapılacak projeler sayesinde gökbilim araştırmacılarına ve bilim dünyasına tanıtılması, ülkemizin uluslararası bilim dünyasında adının duyurulmasında büyük katkı sağlayacaktır. Bu bölge özellikle atmosferik ve yapısal özellikleri sayesinde, Dünya'da sayılı konumda yapılabilen kızılötesi bölgesindeki gözlemlere çok müsaittir. Bu özelliklere sahip bir coğrafya, 4 m çaplı bir teleskopla (Şekil 9) ve özellikle de kızılötesine duyarlı alıcılara sahip, modern ve uluslararası seviyede bir gözlemevi ile değerlendirilmektedir (Anonim 2022g).



Şekil 8. Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) (Anonim 2022h).

DAG Projesi'nin bilimsel, ekonomik ve toplumsal açıdan hedefleri ve kazanımları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Dünya'nın önemli bilimsel araştırma merkezlerinden birinin açılması ve astronomik çalışmalarda uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi,
- Türkiye'nin uzay bilimleri ve teknolojileri konusunda gelişmesini sağlayacak insan gücünün yetiştirilmesi,
- Türkiye'nin bilimsel açıdan çıkarılan yayın sayısının artırılması ve daha saygın bir yere getirilmesi,
- Tam anlamıyla ülkemizin bilim insanlarına ait ilk ve en büyük ölçekli teleskopa sahip olunması,
- Bölgenin turizm olanaklarının artırılması ve sportif alanlarda bilinirliğinin artırılması,
- Doğu Anadolu Bölgesi için yapılacak alternatif çalışmalar yardımıyla ekonomiye katkı sağlanması,

- Bölgede yaşayan genç nüfusun eğitim düzeyinin artırılması ve toplumun bütün fertlerini özellikle de gençlerin bilim ve teknolojiye olan ilgisinin artırılması,
- Gözlemevini ziyaret edecek dünyaca ünlü yerli/yabancı bilim insanları sayesinde Türkiye'nin uluslararası bilim camiasında tanınırlığının daha da artırılması,
- Erzurum'un tarihi kongreler dışında bilimsel alanda da bir kongre merkezi haline getirilmesi,
- Astronomi biliminin toplumdaki bireyler tarafından bilinirliğinin artırılması,
- Palandöken ve Konaklı Kayak Merkezleri'nin kış turizmine katkısının artırılması, olarak sıralanabilir (Anonim 2022g).



Şekil 9. Doğu Anadolu Gözlemevi Teleskobu (Anonim 2022i).

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. SQM Cihazı

Gökyüzü kalitesi ölçümü için farklı aletler ve teknikler bulunmaktadır. Bunlardan en güncel ve kullanışlı olanı Unihedron firmasının SQM (Sky Quality Meter) olarak bilinen “Gökyüzü Kalite Ölçer” cihazıdır (Şekil 10). Bu cihaz yardımıyla istenen yöndeki aydınlanma etkisi tespit edilerek astronomik açıdan sönük hangi parlaklıktaki yıldızların gözlenebilirliği incelenebilmektedir. SQM cihazı ile ölçümler bir taşıt kullanılarak belirlenen bu noktalara aynı gece içinde farklı zamanlarda taşınarak yapılmaktadır. SQM cihazı, yaklaşık 10 derecelik yarı-yüksekliğin-tam-genişliği (FWHM; Full Width at Half Maximum) değeri ile, gördüğü katı açıdaki parlaklığı hesaplayabilen bir cihazdır. Bu cihaz seri port üzerinden okunur. Cihaz ortam sıcaklığını ve yönlendirildiği doğrultudaki parlaklığını sonuç olarak verebilmektedir. Cihazı okuyabilmek için python yazılım dilinde PySerial modülü kullanıldı. Yine python’un Astropy paketi kullanılarak zaman hesabı yapıldı. Bu yazılım ile cihazdan alınan sıcaklık ve aletsel parlaklığın (BMPAS; Brightness in Magnitude per square Arsecond, produced by the SQM) yanı sıra, çıplak gözün (insan gözünün herhangi bir dürbün, teleskop vb. bir alet kullanmadan gökyüzüne bakması) görebileceği sınır değerleri olan NELM ve flux değeri de hesaplandı. Sonuç olarak SQM cihazı ve proje kapsamında geliştirilen yazılım ile sıcaklık ve parlaklık ölçümleri kullanılarak BMPAS, flux ve zaman gibi çıktılara ulaşılabildi.

SQM’den alınan çıktı dosyası aşağıdaki gibidir:

jd, raw_mag., temp., new_mag., flux

- jd: zaman
- raw_mag : Okunan parlaklık (Mpsas)
- temp.: Sıcaklık
- new_mag: Hesaplanan parlaklık (NELM)
- flux: Candela per square meter

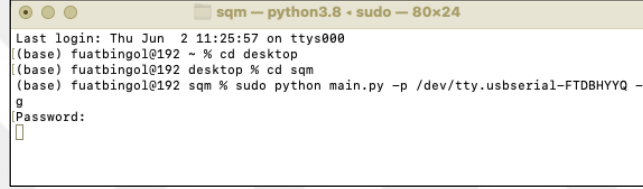
PySerial paketi kullanılarak cihazdan tek satır veri alabilirken, n adet (bu çalışmada n=100) veri alıp ortalama değerler de hesaplanabilmektedir. Eğer n adet verinin ortalaması cihazdan alınırsa, yazılım ek olarak NoS (Number of Samples) yani n değerini ve VD (Valid Data) n denemenin başarılı okuma oranını (VD=100, n adet değer başarılı bir şekilde okunmuştur) da vermektedir.

SQM cihazının ölçtüğü aletsel değer olan BMPAS değerlerini çıplak gözün görebileceği sınır değerler olan NELM (Kadir)'ye dönüşümü aşağıdaki eşitlik kullanılarak yapılmaktadır (Hiscocks 2010).

$$NELM = 7.93 - 5 * [\log (10^{4.316 - (BMPAS / 5)} + 1)]$$

2.2.Kullanılan Programlar

SQM-LU cihazını yapılandırmak ve okumaları kaydetmek için PC'ye USB ile bağlanması gerekir. Komut dosyasında hazırlanan program sonrası ölçümler Şekil 12 ve 13'deki ara yüzlerden yararlanılarak kaydedilmektedir.



```
sqm -- python3.8 - sudo -- 80x24
Last login: Thu Jun  2 11:25:57 on ttys000
(base) fuatbingol@192 ~ % cd desktop
(base) fuatbingol@192 desktop % cd sqm
(base) fuatbingol@192 sqm % sudo python main.py -p /dev/tty.usbserial-FTDBHYQ -
g
Password:
█
```

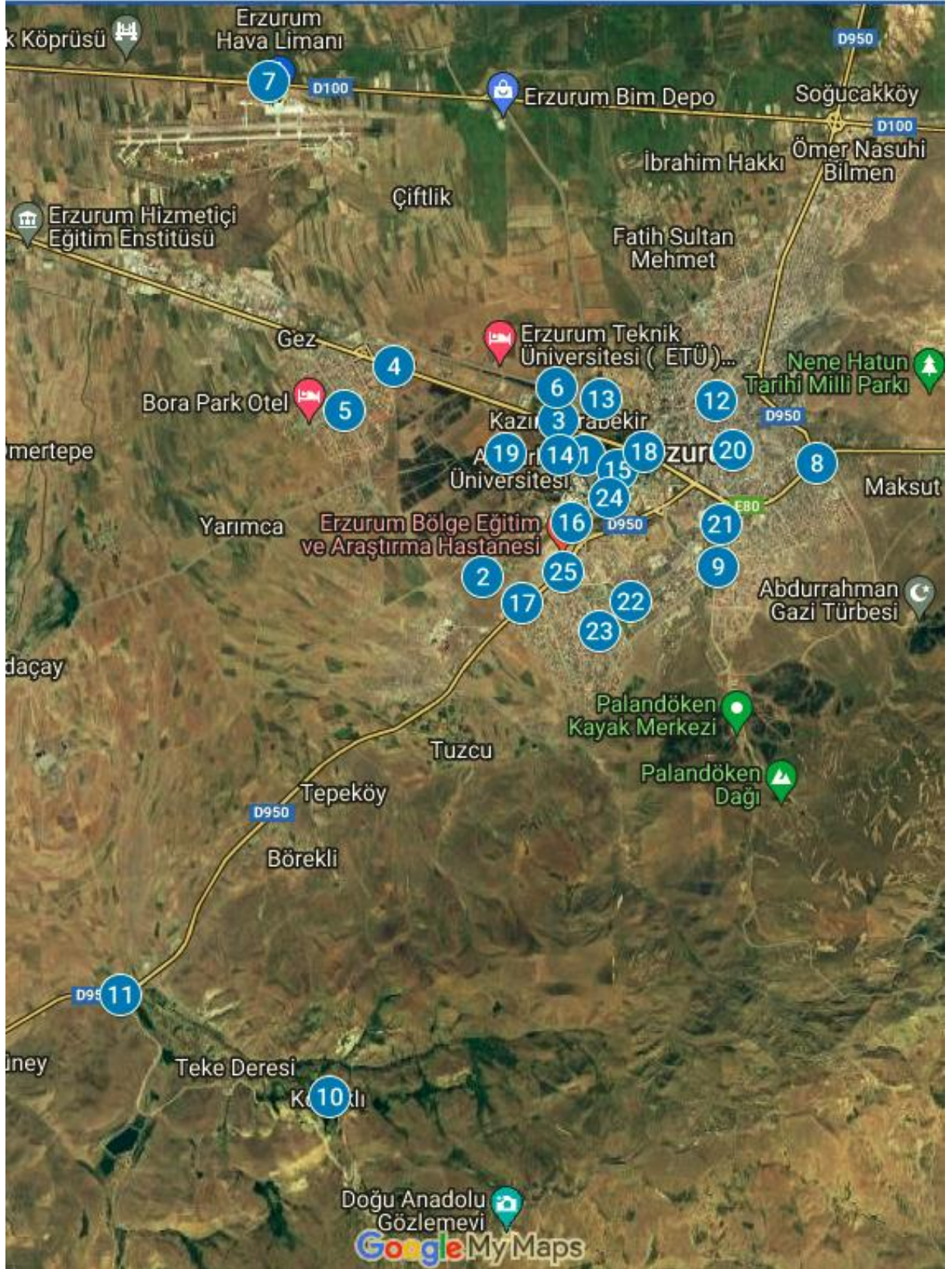
Şekil 12. Komut dosyası arayüzü.



Şekil 13. SQM ölçüm arayüzü.

2.3. Planlama ve Veri Toplama

Uygulama kapsamında, çalışma alanı Erzurum il Merkezi ve Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi olarak belirlenmiştir. Sistemik ve kontrollü veri toplayabilme amacı ile bölgede farklı noktalar belirlenmiştir. Erzurum il merkezi ve üniversite yerleşkesinde gökyüzü kalite ölçümü yapılması planlanan noktalar Şekil 14'teki haritada işaretlenmiş ve bu noktaların konumları Tablo 2 'de verilmiştir.



Şekil 14. Erzurum ili şehir merkezinde gökyüzü kalite ölçümü yapılması planlanan noktalar.

Tablo 2. Erzurum ili merkezinde Gökyüzü kalite ölçümü yapılması planlanan noktalar.

Sıra	Konum
1	ATA50 Önü
2	Bilkent
3	Cemal Gürsel
4	Dadaşkent Giriş Işıklar
5	Dadaşkent Tema
6	ETÜ
7	Havalimanı
8	İtfaiye
9	Kayakyolu Kavşağı
10	Konaklı
11	Konaklı Kavşak
12	Migros Kavşağı
13	Olimpiyat
14	Piknik Alanı
15	Rektörlük Kavşağı
16	Teknokent
17	Toki Kavşağı
18	Üniversite Kavşağı
19	Veterinerlik
20	Yakutiye Kaymakamlığı
21	Yenişehir Kavşağı
22	Yenişehir Son Durak
23	Yıldızkent 10 Katlılar
24	Yıldızkent Kavşağı
25	Yurtlar Girişi

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMALAR

Gözlem sırasında, SQM cihazı ile belirlenen noktalarda 4 farklı yönde (kuzey, güney, doğu ve batı) ufuktan 45 derece yükseklikte ve “Zenit” (90 derece yükseklikte) doğrultusuna yönlendirilerek ölçümler yapılmıştır.

Ölçümler yapılırken dikkat edilen noktalar aşağıdaki şekilde sıralanmıŐtır:

- Gözlemler yeniay evresinde (Ay’ın gökyüzünde görünmediği zaman) gerçekleştirilmiŐtır
- Şehir aydınlatmasındaki etkilerin minimum seviyede tutulabilmesi için, ölçümler 21:00-02:00 saat aralığıyla sınırlandırılmıŐtır.
- Gözlem yapılacak günlerde; yağıŐ, sis ve bulutluluk oranı dikkate alınmıŐtır.
- Her ölçüm noktasının orta koordinatına ulaŐılabilir en yakın koordinat, ölçüm noktası olarak seçilmeye çalıŐılmıŐtır.
- Aydınlatmaların doğrudan gözlem verilerine etkisinden olabildiğince uzak noktalarda ölçüm alınırken, otomobil, yanıp sönen ışıklar, bozuk aydınlatmalar gibi sürekliliği olmayan geçici aydınlanmaların olmadığı zamanlarda ölçüm alınmaya dikkat edilmiŐtır.

Yapılan ölçümler sonucunda zenit yönündeki verilerin ortalaması alınmış olup **Tablo 3**’de paylaşılmıştır.

Ölçüm sonrası elde edilen verilerin detayları **EK 2.**’de, bazı ölçüm noktalarında alınan görüntüler ise **EK 3.**’de paylaşılmıştır.

Tablo 3. Ölçüm yapılan noktaların ortalama BMPAS ve NELM değerleri.

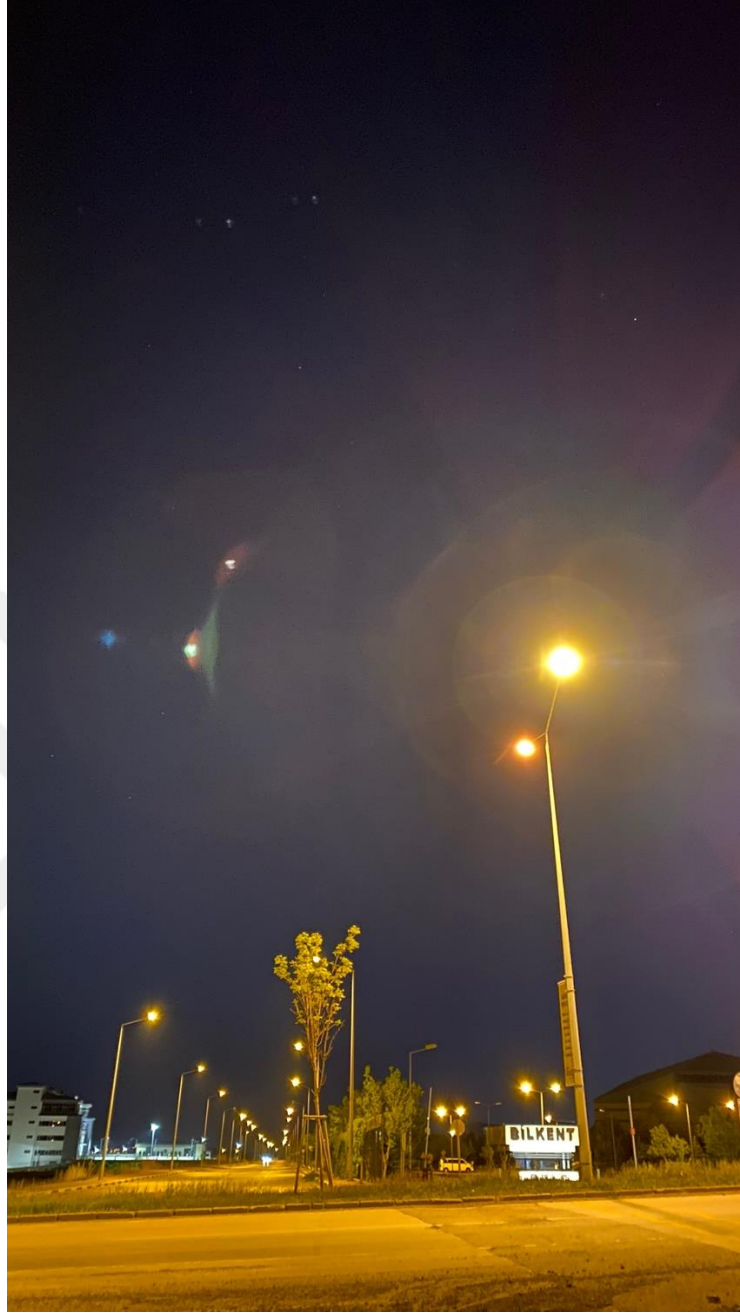
Sıra	Konum	BMPAS Ort.	NELM Ort.
1	ATA50 Önü	16,42	2,53
2	Bilkent	17,48	3,48
3	Cemal Gürsel	17,3	3,36
4	Dadaşkent Giriş Işıklar	14,91	1,14
5	Dadaşkent Tema	14,29	0,56
6	ETÜ	15,41	1,63
7	Havalimanı	18,27	4,17
8	İtfaiye	16,58	2,72
9	Kayakolu Kavşacı	15,33	1,56
10	Konaklı	18,73	4,47
11	Konaklı Kavşak	20,17	5,57
12	Migros Kavşacı	14,34	0,6
13	Olimpiyat	16,02	2,19
14	Piknik Alanı	16,16	2,32
15	Rektörlük Kavşacı	15,77	1,95
16	Teknokent	15,05	1,29
17	Toki Kavşacı	14,8	1,05
18	Üniversite Kavşacı	15,29	1,52
19	Veterinerlik	17,15	3,23
20	Yakutiye Kaymakamlığı	15,11	1,34
21	Yenişehir Kavşacı	16,42	2,56
22	Yenişehir Son Durak	14,49	0,76
23	Yıldızkent 10 Katlılar	14,28	0,55
24	Yıldızkent Kavşacı	15,98	2,16
25	Yurtlar Giriş	14,02	0,3

Ölçüm yapılan noktaların görselleri ve bu noktalar hakkındaki yorumlar aşağıdaki gibidir. Fotoğraflar telefon kamerası ile gece modunda çekilmiş olup ışık yansımaları sebebiyle gökyüzünde yıldızlar gözlemlenemediğı halde yıldız gibi görünmektedir (Konaklı mevkiinde alınan fotoğraflar hariç.)



Şekil 15. ATA50 Girişi

ATA50 noktasında NELM değeri 2,53 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 15.'de de görüldüğü üzere yol kenarındaki aydınlatmaların yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



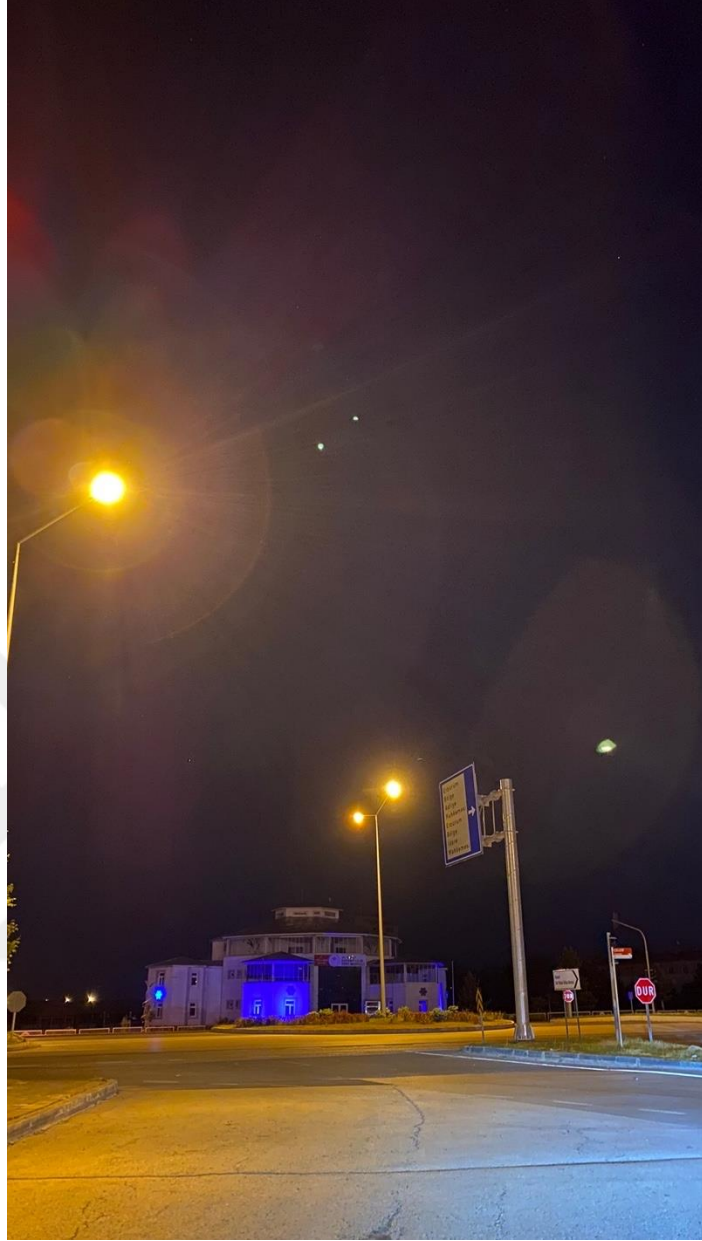
Şekil 16. Bilkent Karşısı

Bilkent noktasında NELM değeri 3,48 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 16.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 17. Cemal Gürsel Karşısı

Cemal Gürsel noktasında NELM değeri 3,36 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 17.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 18. Dadaşkent Giriş Işıklar

Dadaşkent Giriş Işıklar noktasında NELM değeri 1,14 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 18.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



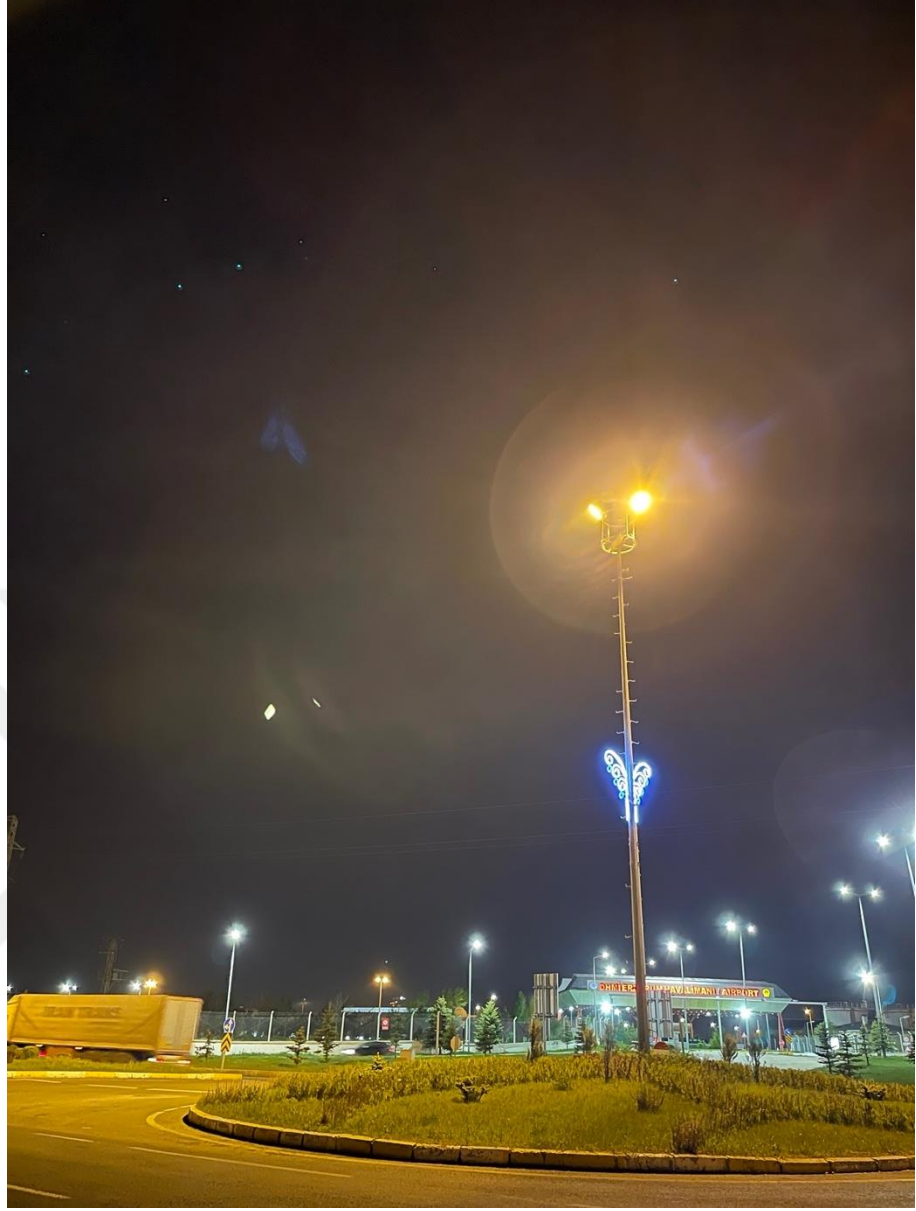
Şekil 19. Dadaşkent Tema Önü

Dadaşkent Tema noktasında NELM değeri 0,56 kadir olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktalardan ışık kirliliği en yüksek çıkan bölgelerden biridir. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 19.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve cadde üzerindeki bina ışıklandırmaları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



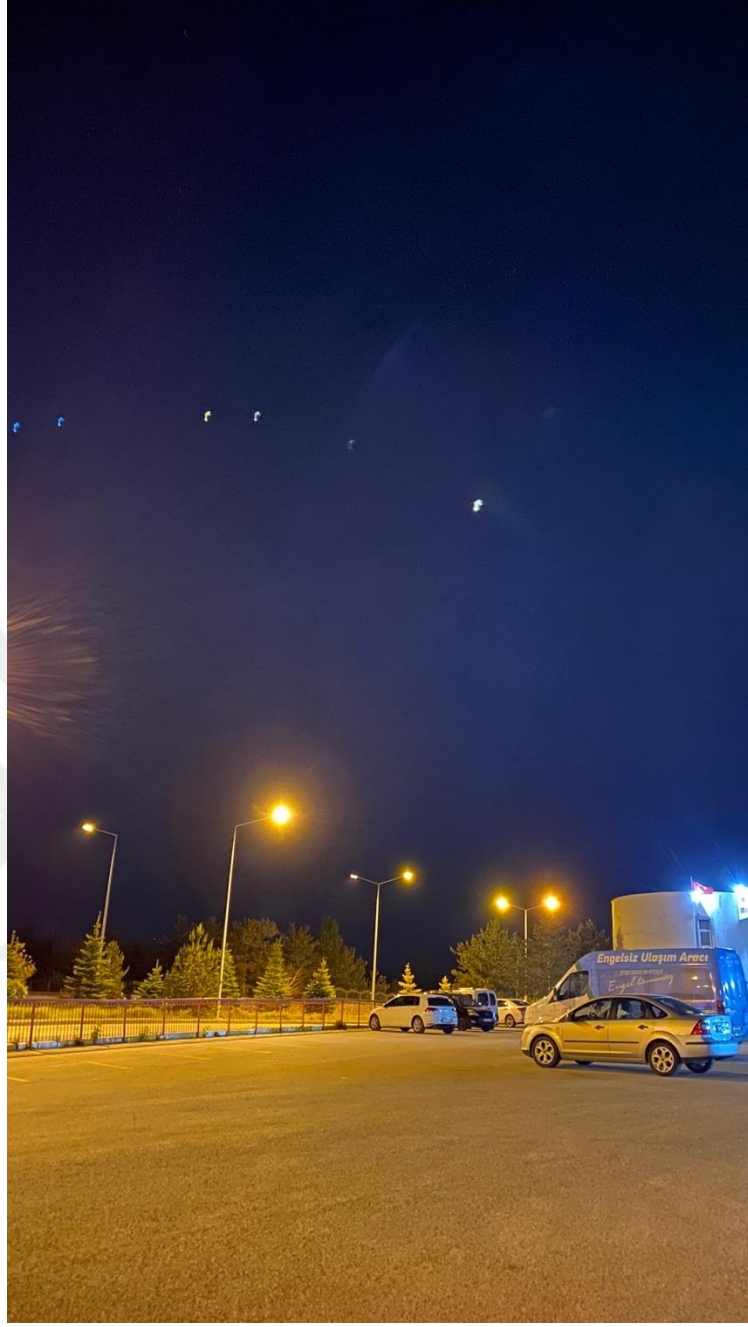
Şekil 20. ETÜ Girişi

Etü noktasında NELM değeri 1,63 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Şekil 20.'de de görüldüğü üzere üniversite yazısının ışıklandırması, önündeki fazla sayıda aydınlatma (ölçüm yapılan tarihlerde fotoğrafta kapalı olarak görülen aydınlatmalar açık olduğu için NELM değeri daha düşük çıkmıştır.) ve sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 21. Havalimanı Kavşağı

Havalimanı noktasında NELM değeri 4,17 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 8. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 21.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarının fazla sayıda olması ve yerleşim şekli sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir. Teleskopla bile çok parlak gök cisimleri gözlemlenebilir.



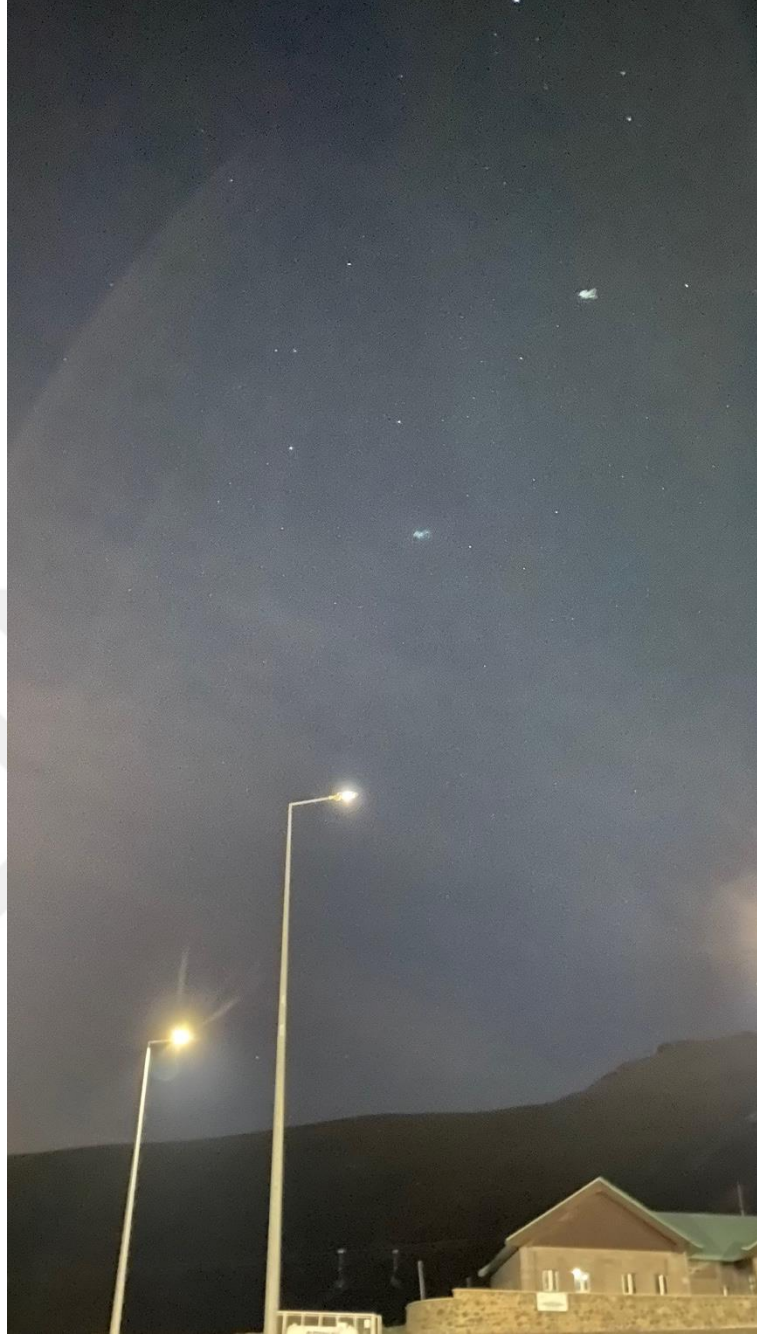
Şekil 22. İtfaiye Önü

İtfaiye noktasında NELM değeri 2,72 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 22.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve fazladan eklenen aydınlatma elemanları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 23. Kayakyolu Kavşağı

Kayakyolu Kavşağı noktasında NELM değeri 1,56 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 23.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve fazladan eklenen aydınlatma elemanları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 24. Konaklı Kayak Tesisleri

Konaklı noktasında NELM değeri 4,47 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 8. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 24.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarının fazla sayıda olması ve yerleşim şekli sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle zorlukla gözlemlenebilmektedir. Fotoğrafta yıldız gibi görünen bazı noktalar ışık yansıması sebebiyle oluşmuştur.



Şekil 25. Konaklı Kavşağı

Konaklı Kavşağı noktasında NELM değeri 5,57 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 6. seviyede yer almaktadır. Ölçümler sırasında NELM değeri en yüksek çıkan ve diğer bölgelere nazaran ışık kirliliğinin en az olduğu bölgelerden biridir. Şekil 25.'de de görüldüğü üzere yıldızlar çıplak gözle daha rahat gözlemlenmektedir. Bunun yanında Samanyolu da gözlemlenebilmektedir.



Şekil 26. Migros Kavşağı

Migros Kavşağı noktasında NELM değeri 0,60 kadir olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktalardan ışık kirliliği en yüksek çıkan bölgelerden biridir. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Şekil 26.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve cadde üzerindeki bina ışıklandırmaları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 27. Olimpiyat Parkı Giriş

Olimpiyat noktasında NELM değeri 2,19 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 27.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 28. Piknik Alanı

Piknik Alanı noktasında NELM değeri 2,32 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 28.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 29. Rektörlük Kavşağı

Rektörlük Kavşağı noktasında NELM değeri 1,95 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 29.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



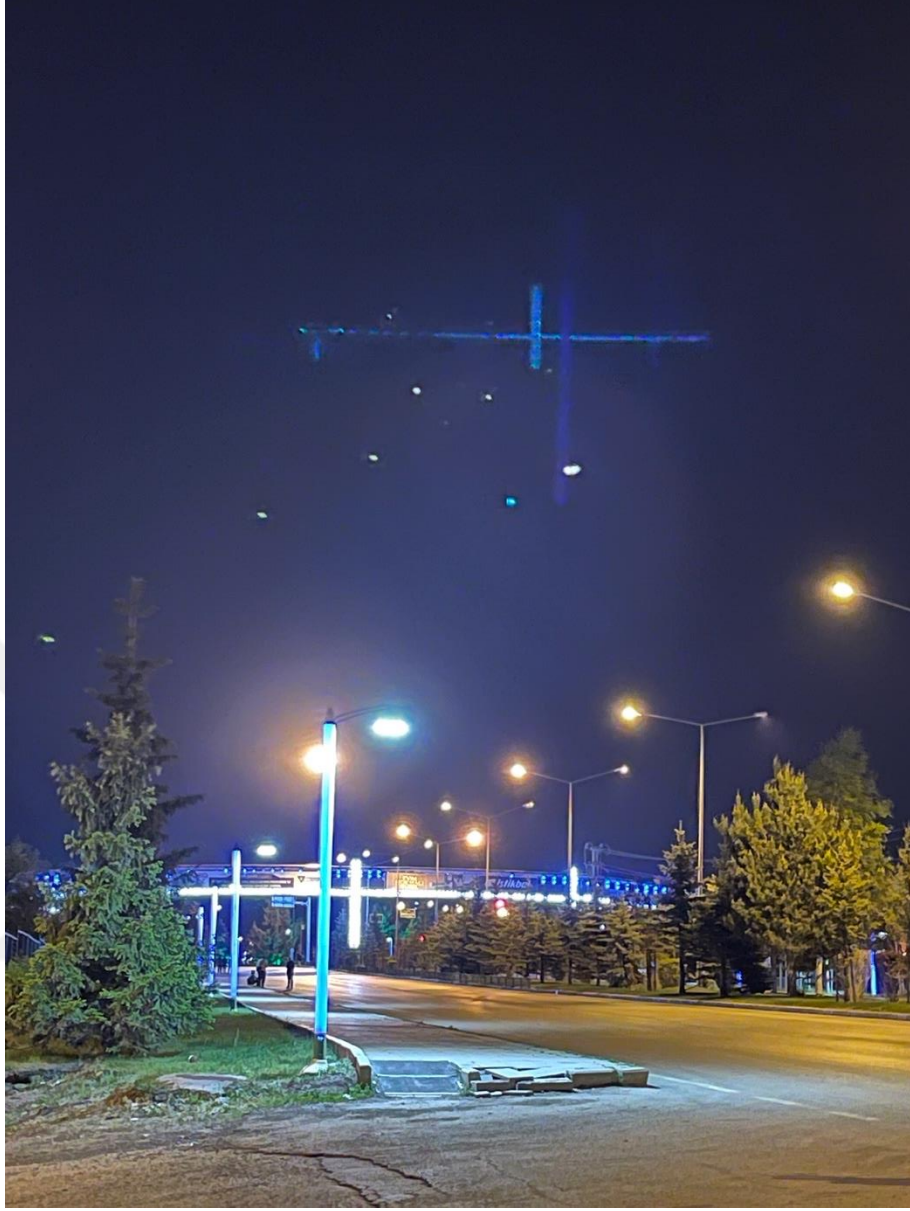
Şekil 30. Teknokent Kavşağı

Teknokent noktasında NELM değeri 1,29 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 30.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve çok sayıda aydınlatma elemanı olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 31. Toki Kavşağı

Toki Kavşağı noktasında NELM değeri 1,05 kadar olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 31.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve çok sayıda aydınlatma elemanı olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 32. Üniversite Kavşağı

Üniversite Kavşağı noktasında NELM değeri 1,52 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 32.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve çok sayıda aydınlatma elemanı olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



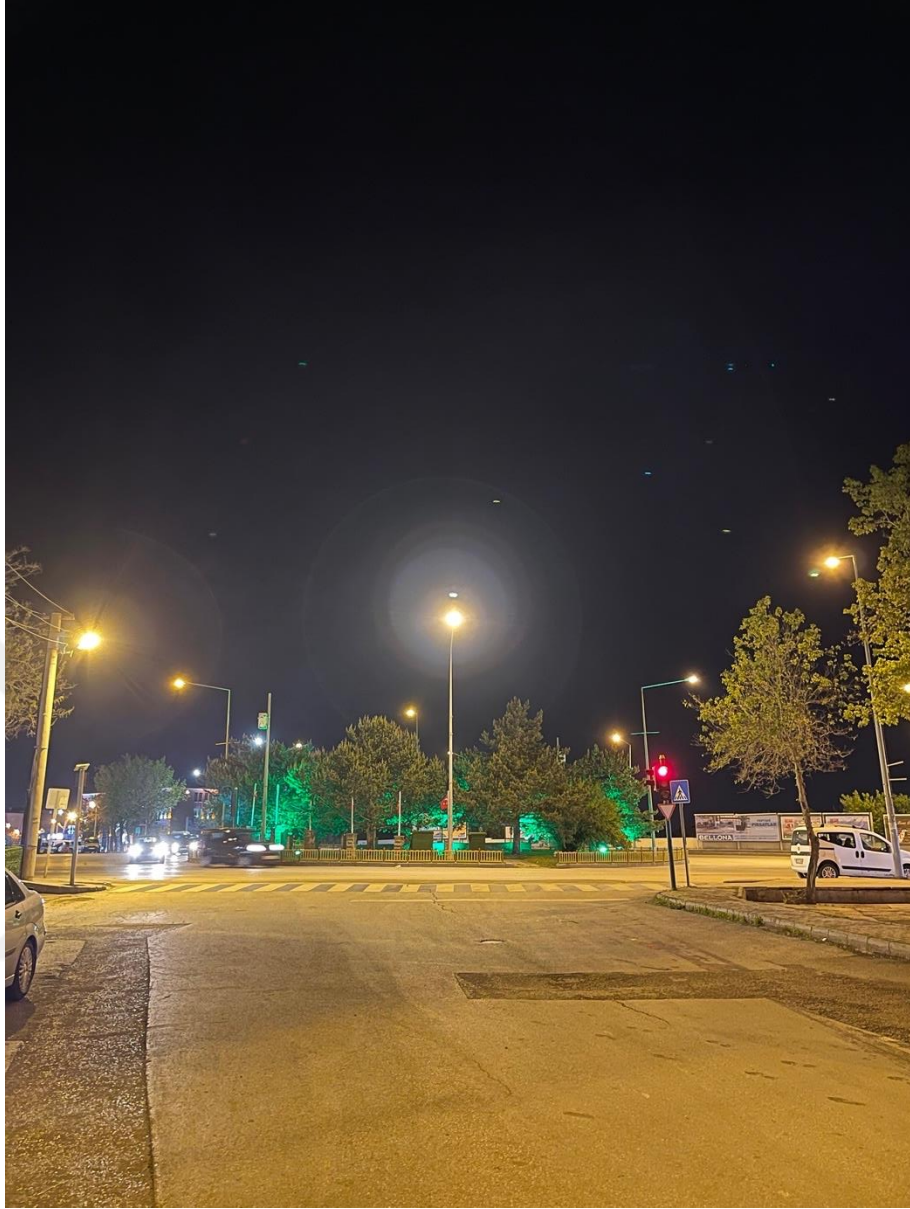
Şekil 33. Veterinerlik Karşısı

Veterinerlik noktasında NELM değeri 3.23 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 33.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 34. Yakutiye Kaymakamlığı Karşısı

Yakutiye Kaymakamlığı noktasında NELM değeri 1,34 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 34.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve cadde üzerindeki bina ışıklandırmaları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 35. Yenişehir Kavşağı

Yenişehir Kavşağı noktasında NELM değeri 2,56 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 35.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve çok sayıda aydınlatma elemanı olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



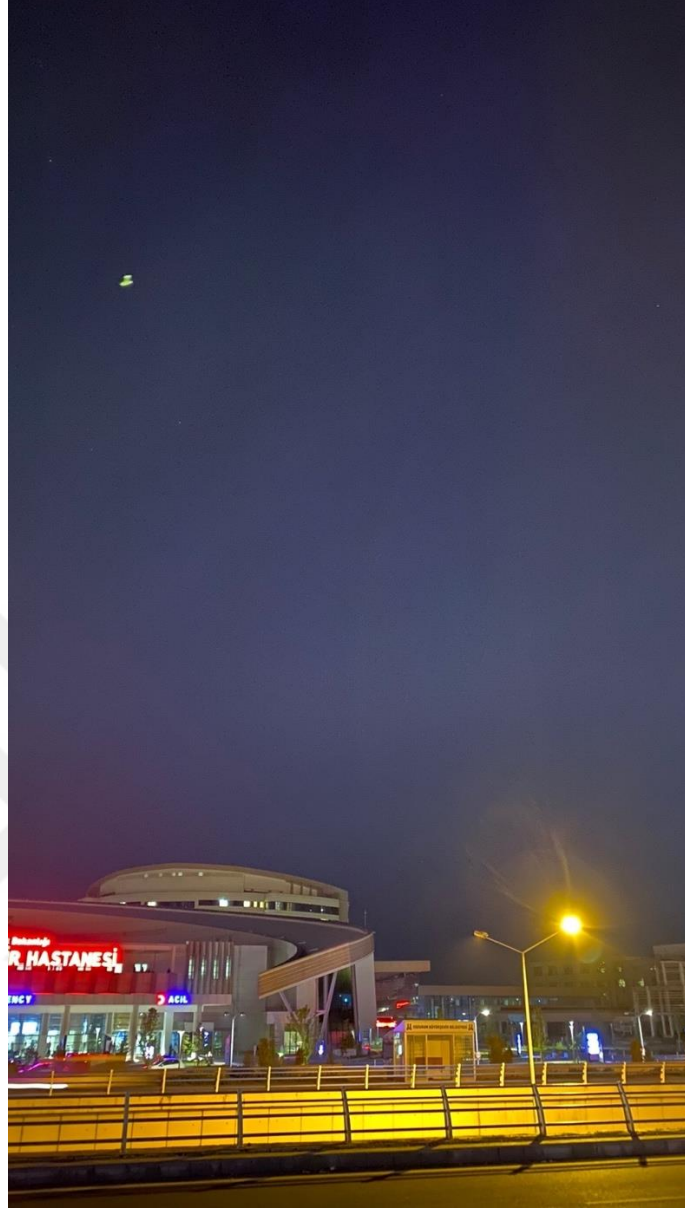
Şekil 36. Yenişehir Son Durak

Yenişehir Son Durak noktasında NELM değeri 0,76 kadir olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktalardan ışık kirliliği en yüksek çıkan bölgelerden biridir. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 36.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve cadde üzerindeki bina ışıklandırmaları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 37. Yıldızkent 10 Katlılar

Yıldızkent 10 Katlılar noktasında NELM değeri 0,55 kadir olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktalardan ışık kirliliği en yüksek çıkan bölgelerden biridir. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Şekil 37.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve cadde üzerindeki bina ışıklandırmaları sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.



Şekil 38. Yıldızkent Kavşağı

Yıldızkent Kavşağı noktasında NELM değeri 2,16 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 38.'de de görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve çok sayıda aydınlatma elemanı olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir. Ölçüm yapıldığı tarihlerde hastanenin üzerinde bulunan ışıkların yanıyor olması da gözlem verilerini etkilemiştir.



Şekil 39. Yurtlar Girişi

Yurtlar Giriş noktasında NELM değeri 0,30 kadir olarak ölçülmüştür. Bu bölge Bortle ölçeğine göre 9. seviyede yer almaktadır. Bu seviye ölçüm yapılan bölgedeki ışık kirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 39.'da da görüldüğü üzere sokak lambalarına yukarıya doğru eğim verilmesi ve sayıca fazla olması sebebiyle gökyüzü açık olmasına rağmen yıldızlar çıplak gözle gözlemlenememektedir.

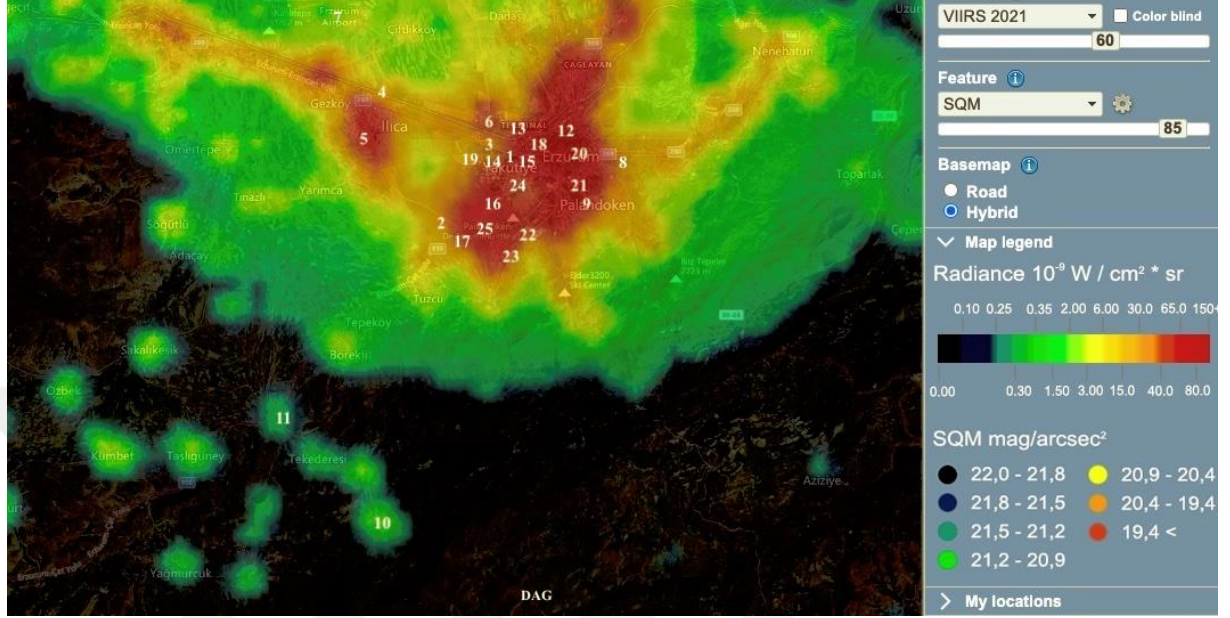
SONUÇ

Erzurum merkez ilçelerinde artan nüfus ile birlikte aydınlatmaya duyulan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle dış mekân aydınlatmaları, spor ve park alanları aydınlatmaları, reklam panoları aydınlatmaları, sokak lambaları ve araç ışıklarının artmasıyla küresel bir sorun haline gelen ışık kirliliği Erzurum ilinde de gün geçtikçe artmaktadır.

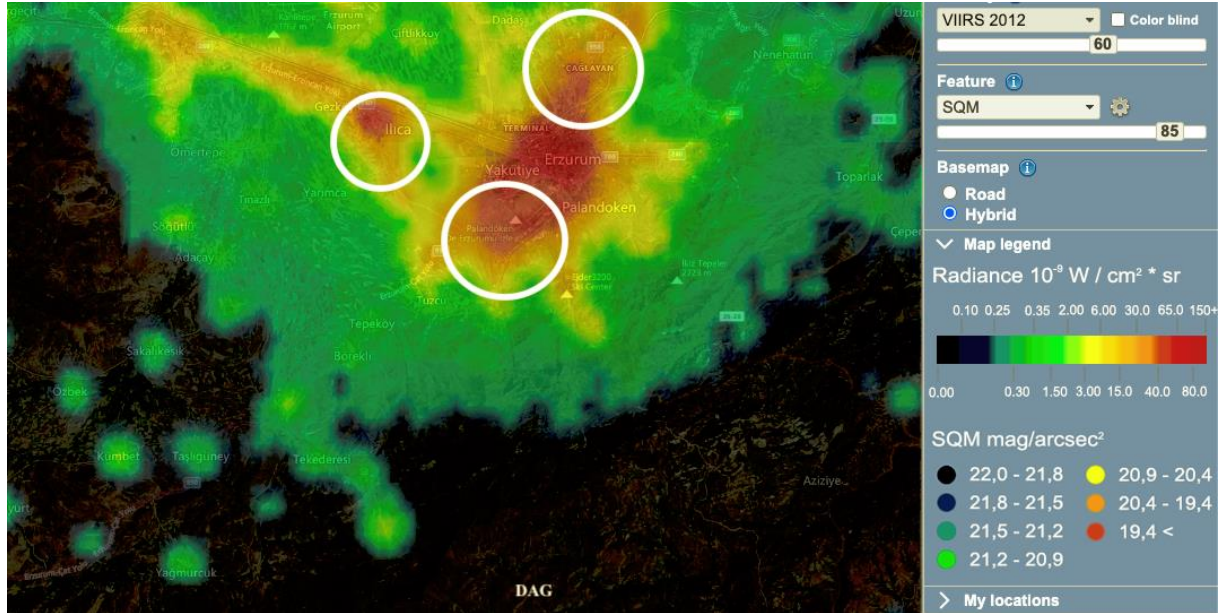
Işık kirliliğinin astronomik çalışmalara, ekolojik dengeye, doğal yasama ve insan sağlığına olumsuz etkileri olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Erzurum ilinde yapmış olduğumuz bu çalışmanın amacı; ışık kirliliğinin seviyesini ölçümlemek ve önemini vurgulayarak farkındalık yaratmaktır. Yaptığımız gözlemler ve incelediğimiz ölçüm sonuçları ışık kirliliğinin ne boyutta olduğunu ortaya koymaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre:

- Ocak 2021- Ocak 2022 tarihleri arasında toplam 25 noktadan ölçüm alınmış ve veriler kaydedilmiştir.
- 25 farklı noktadan alınan veriler Şekil 40'da yer alan ışık kirliliği haritasıyla kıyaslanmış olup ölçümlerdeki verilerin haritadaki verilerle uyduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak il merkezinde ışık kirliliğinin bir hayli yüksek olduğu görülmüştür.
- 2021 yılındaki veriler ile Şekil 41'deki 2012 yılına ait olan ışık kirliliği haritası kıyaslandığında, harita üzerinde işaretlenmiş olan şehrin gelişim yönüne bağlı olarak kirliliğin 9 yılda ne denli arttığı rahatça gözlemlenebilmektedir.
- Işık kirliliğini daha makul seviyelere düşürebilmek için aydınlatmada kullanılan lamba ve armatürlerin ışık kirliliği oluşturmayacak şekilde ve sayıda seçilmesi gerekmektedir.
- Belediyelerde şehir aydınlatmaları planlaması yapılırken, mutlaka üniversitelerden destek alınmalıdır. Enerji tasarrufu ve ışık verimliliği için hangi türde lambaların kullanılması gerektiği Elektrik-Elektronik Mühendisliklerine, ışık kalitesi ve lamba tasarımı için Mimarlık bölümlerine ve hangi tür ışık elemanları kullanılmasının daha uygun olacağı, ışık kirliliğinin çevreye etkilerini araştıran ilgili bölümlere danışılması gerekmektedir.
- Atatürk Üniversitesi kampüsünde yer alan ATA50 Teleskobu'nun ve şehrin gelişimine büyük katkı sağlayacak, birçok bilimsel çalışmada kullanılacak olan DAG Teleskobu'nun bu ışık kirliliğinden daha az etkilenmesi ve daha verimli gözlemler yapılabilmesi için yetkili kurumların bu duruma müdahale etmesi gerekmektedir.

- Bireysel olarak binalarda, bina önlerinde ve evlerde aydınlatma için seçilen aydınlatma elemanlarının doğru seçimine ve sadece ihtiyaç olan saatlerde ihtiyaç duyulacak miktar ve şiddette aydınlatma kullanılması gerekmektedir.



Şekil 40. Erzurum İli 2021 Yılı Işık Kirliliği Haritası (Anonim 2022k).



Şekil 41. Erzurum İli 2012 Yılı Işık Kirliliği Haritası (Anonim 2022k).

KAYNAKLAR

- Abdullahi, M.G., Kamarudin, M.K.A., Umar ,R., Endut ,A., Khalit, S.I. and Juahir, H., 2017. Night sky brightness assessment in Nigeria using environmetric and GIS technique Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol, 7, 28-34.
- Anonim, 2022a. <https://www.darksky.org/>
- Anonim,2022b.<https://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightpollution/lightPollution.asp>
- Anonim, 2022c. https://www.yearbook.gov.hk/2009/photogallery/en/green_popup_05.html
- Anonim,2022d.<https://thateconstutor.com/2018/02/20/light-pollution-singapore-public-lighting-boon-bane/>
- Anonim, 2022e. <http://www.isikkirliligi.org/index.php/dogru-aydinlatma>
- Anonim, 2022f. www.darkskiesawareness.org
- Anonim, 2022g. <http://www.dag-tr.org/>
- Anonim, 2022h. <https://atasam.atauni.edu.tr/30-2/>
- Anonim, 2022i. https://atasam.atauni.edu.tr/teleskop_galeri/
- Anonim, 2022j. http://unihedron.com/projects/sqm-lu/sqmlu_closeup.jpg
- Anonim,2022k.<https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=10.52&lat=39.8728&lon=41.2577&layers=B0TFFFFFFFFFFFFFFTTTTFFF>
- Aslan, B., 2013. Işık Kirliliğinin Hava Kirliliğine Olumsuz Etkisi. 5. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 18-20 Eylül 2013, Eskişehir, Bildiriler Kitabı, 673-679.
- Aslan, Z., 1998. Yerleşim yerlerinde ışıklandırma ve yıldızlı gökyüzü, Işık Kirliliği. TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi, (362), 66-69.
- Aslan, Z., Onaygil, S., 1999. Işık Kirliliği Ve Enerji Tasarrufu. 18. Enerji Tasarrufu Haftası Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, 3-5 Şubat, Ankara, 54-60.
- Aslan, Z., Gölbaşı, O., Koçer, D., Tunca, Z., Işık, E., Yelkenci, A., Bağdaş, D., Devlen, A., Özdemir, T., Yelkenci, K., Demirciler, T., İkizler, U., Karamahmutoğlu, A., Koçer, M., Mutlu, M., Özyar, Ü., ve İpek, H., 2011. Türkiye’de gece gökyüzü parlaklığının ölçülmesi. 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 14-15 Nisan, Bildiri Kitabı, 69-74.
- Biggs,J.D., Fouche , T., Bilki, F. and Zadnik, M.G., 2012. Measuring and mapping the night sky brightness of Perth, Western Australia Mon. Not. R. Astron. Soc, 421, 1450-1464.
- Bortle, J.E., 2001. Introducing the Bortle Dark-Sky Scale.Sky and Telescope (February),126-129.
- Botha, L.M., Jones, T.M. and Hopkins, G.R., 2017. Effect of lifetime exposure to artificial light at night on cricket (*Teleogryllus commodus*) courtship and mating behaviour Anim. Behav, 129, 181-188.
- Cinzano, P., Falchi, F., Elvidge C.D. 2001. The first World Atlas of the artificial night sky brightness Monthly Notices of the Royal Astronomical Socieity, Vol 328, s.689.
- Cinzano, P. and Falchi, F., 2014. Quantifying light pollution J. Quant. Spectrosc. Radiant. Transf, 139, 13-20.
- Chepesiuk, R., 2009. Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution. Environ Health Perspect, 117(1), 20-27.
- Crawford D. L., 2000. Light pollution, an environmental problem for astronomy and for mankind. Memorie della Società Astronomia Italiana, Vol. 7 (1), p.11.
- Crawford, D. L., 2001. Light Pollution Changing the Situation to Everyone’s Advantage. Preserving The Astronimical Sky, IUA Symposia, 196, 33-38.
- Demircioglu, N., ve Yilmaz, H., 2005. Işık Kirliliği, Ortaya Çıkardığı Sorunlar ve Çözüm

- Önerileri, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 36 (1), 117-123.
- DiLaura, D., 2008. A brief history of lighting Opt. Photon. News, 23-28.
- Di Sora, M., (2001). Plan Of The Modification Of Public Lighthing İn Frosinone İn Accordance With The Rule For The Limitation Of Light Pollution And PowerConsumption ,Preserving The Astronomical Sky, I U A Symposia, 196,126-129.
- Efendi, M. ve Ekmekçi, F., 2001. Işık kirliliği, s. 2.
- Elvidge, C.D., Imhoff, M.L., Baugh, K.E., vd, 2001. Nighttime lights of the world: 1994–95. ISPRS J Photogramm Rem, 56, 81-99.
- Faid, M.S., Shariff, N.N.M., Hamidi, Z.S., Sabri, S.N.U., Husein, N.Ali.M.O. and Zainol, N.H., 2016. Monitoring the level of light pollution and its impact on astronomical bodies naked-eye visibility range in selected areas in Malaysia using the Sky Quality Meter Int. Conf. Ind. Eng. Mngmt. Sci. App, 1-6.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C.D., Keith, D.M. and Haim, A., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility J. Environ. Mngmt., 92, 2714-2722.
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C.C.M., Elvidge, C.D., Baugh, K., Portnov, B.A., Rybnikova, N.A. and Furgoni, R., 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness Sci. Adv., 2, 1- 25.
- Green, D., 1997. Some Additional Thoughts On Light Pollution, Observatory, 117 (1139), 229-231.
- Hanel, A., 2001. The Situation of Light Pollution in Germany, Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, 196, 142-146.
- Hanel, A., Posch, T., Ribas, S.J., Aube, M., Duriscoe, D., Jechow, A., Kollath, Z., Lolkema, D.E., Moore, C., Schmidt, N., Spoelstra, H., Wuchter, G. and Kyba, C.C.M., 2018. Measuring night sky brightness: methods and challenges J. Quant. Spectrosc. Radiant. Transf, 205.278-90.
- Hermann, C., 2001. The International Commission on İllumination- CIE: What It İs And How It Works, Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, 196, 60-68.
- Hicosks, P. H., 2010. A Sky Quality Meter Display Royal Astronomical Society, Toronto Centre, Canada.
- Isobe, S. and Hamamura, S., 1998. Ejected city light of Japan observed by a defense meteorological satellite program, Astron.Soc.Pacific Conf.Ser., 139, 191-199.
- Isobe, S., 2001. Japanese Government Official Guideline for Reduction of Light Pollution Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, 196, 117-119.
- Isobe, S., Aslan, Z., 2001. Türkiye’den Uzaya Kaçan Şehir Işıkları, Ulusal Işık Komitesi, <https://tug.tubitak.gov.tr/sites/images/tug/uzayakacansehirisiklari.html> (02.06.2022).
- Kamrowski, R.L., Limpus, C., Pendoley, K. and Hamann, M., 2014. Influence of industrial light pollution on the sea-finding behaviour of flatback turtle hatchlings Widl. Res., 41, 421-434.
- Karol, D.S., Walls, G.F., Variamova, M.I. and Ng, M., 2010. The effects of light pollution in Hong Kong Intr. Qua. Proj., 1-184.
- Katz, Y. and Levin, N., 2016. Quantifying urban light pollution- A comparison between field measurement and EROS-B imagery Remote Sens. Envi., 177, 65-77.
- Kyba, C.C.M., Tong, K.P., Bennie, J., Birriel, I., Birriel, J.J. vd, 2015. Worldwide variations in artificial skyglow Nat. Sci. Reports, 8409, 1-6.
- Kyba, C.C.M., 2018. Is light pollution getting better or worse Nat. Astron., 1-3.
- Longcore, T., and Rich, C., 2004. Ecological Light Pollution. Frontiers in Ecology and the

- Environment, 2, 191-198.
- Lyytimaki, J., 2015. Avoiding overly bright future: The system intelligence perspective on the management of light pollution Environ. Dev., 1-11.
- Martínez-Ledesma, M. and Falchi, F., 2019. Spectral and Zonal Restriction Justification - Review Process of DS043/2012 MMA (Ministry of Environment), 8-9.
- Miguel, A.S.D., Aube, M., Zamorano, J., Kocifaj, M., Roby, J., Tapia, C., 2017. Sky quality meter measurement in a colour-changing world Mon. Not. R. Astron. Soc., 467, 2966-2979.
- Murdin, P., 1997. Control of Light Pollution: Measurements, Standards, And Practice, Observatory, 117(1136), 10-10.
- Murdin, P., 2001. Environmental Challenges in Astronomy, in Encyclo pedia of Astronomy Astrophysics Bristol London. Institute of Physics Nature Publishing Group, <https://www.eolss.net/sample-chapters/c01/E6-119-28.pdf> (02.06.2022).
- Nasıroğlu, İ., Güney, Y., Kılıç, Y., Shameoni Niaei, M. Ve Tozoğlu, B., 2015. Atatürk Üniversitesi Kampüsünün Gökyüzü Kalite Ölçümü (Işık Kirliliği). Ulusal Astronomi Kongresi: UAK 2015, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1(1), 431-432.
- Onaygil, S., 2001. Antalyada' daki Dış Aydınlatma Konusunda Rapor, Ulusal Işık Komitesi, https://tug.tubitak.gov.tr/sites/images/tug/antalyadaki_disaydinlatma_konusunda_rapor.html (02.06.2022).
- Patterson, W., 2015. Electricity VS Fire: The Fight for Our Future (Amersham: Walt Patterson).
- Percy, J. R., 1996. Preserving The Astronomical Windows By Educaton And Culture, Partners in Astronomy Symposium Summary, Photoelectric Photometry News Letter Volume 19, 2.
- Percy, J.R., 2001. Light Pollution: Education of Students, Teachers, And The Public, Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia ,196, 353-358.
- Pun, C.S.J., So, C.W., Leung, W.Y. and Wong, C.F., 2014. Contribution of artificial lighting sources on light pollution in Hong Kong measured through a night sky brightness monitoring network J. Quant. Spectrosc. Radiant. Transf., 139, 90-108.
- Remande, C., 2001. Light Pollution : How High- Performance Luminaires Can Reduce It Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, (196), 49-59.
- Smith, M.G., 2001. Controlling Light Pollution in Chile: A Status Report, Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, (196), 39-48.
- Teikari, P., 2007. Light Pollution : Definition, legislation, measurement, modeling and environmental effects, 19-20.
- Vandewalle, J., Knapen, D., Polfliet, T. and Dejonghe, H., 2001.Methods And Results Of Estimating Light Pollution in The Flemish Region Of Belgium, Preserving The Astronomical Sky, IUA Symposia, (196), 87-94.
- Walker, M.F., 1977. The effect of urban lighting on the brightness of the night sky Publ. Astron. Soc. Pacific, (89), 405-409.
- Yeşilyaprak, C., Keskin, O., 2018. Eastern Anatolia Observatory (DAG): recent developments 2017. SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Austin, Texas, United States.
- Zamorano, J., Miguel, S.D., Ocana, F., Pila-Diez, B., Castano, G., Pascual, S., Tapia, C., Gallego, J., Fernandez, A. and Nievas, M., 2016. Testing sky brightness models against radial dependency: A two dimensional survey around the city of Madrid, Spain Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, (181), 52-66.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Fuat BİNGÖL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	
Araştırmalar	
Sertifikalar	