

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKYÜZÜ PARLAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE IŞIK KİRLİLİĞİ
HARİTALAMASI: Malatya Örnek Uygulaması

DOKTORA TEZİ
Abdolvahap YILMAZ

FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR

HAZİRAN 2022

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKYÜZÜ PARLAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE IŞIK KİRLİLİĞİ
HARİTALAMASI: Malatya Örnek Uygulaması

DOKTORA TEZİ
Abdolvahap YILMAZ
(23614120602)

FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR

HAZİRAN 2022

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması süresince çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Ayrıca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme ve çalışmalarında emeği geçenlere içtenlikle,

teşekkür ederim.



ONUR SÖZÜ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Gökyüzü Parlaklığı Ölçümü ve Işık Kirliliği Haritalaması: Malatya Örnek Uygulaması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Abdulvahap YILMAZ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. IŞIK KİRLİLİĞİNİ TANIMLAMA.....	3
2.1 Işık Kirliliğinin Tanımlanması.....	3
2.2 Işık ve Görme Olayı.....	4
2.3 Işık Kirliliği: Kaynakları ve Çeşitleri	5
2.4 Işık Karmaşası.....	7
2.4.1 Düzensiz ışık yığını.....	7
2.4.2 Dikine ışık	7
2.4.3 Yanıp sönen gösterişli ışık	7
2.4.4 Işık Tecavüzü (Işığın Yanlış Yönlendirilmesi)	7
2.5 Göz Kamaşması	8
2.6 Gök Parlaması	9
2.7 Aydınlatma Durumları ve Işık Saçılması.....	10
3. TEMEL KAVRAMLAR.....	13
3.1 Kara Cisim Işıması.....	13
3.2 Renk Sıcaklığı ve Işık Kaynaklarının Spektrumu (Lamba Renkleri)	15
3.3 Işık Saçılması (Light Scattering)	18
3.4 Radyometri ve Fotometrik Büyüklükler	19
3.5 Katı Açısı.....	22
3.6 Kandela	22
3.7 Işık Etkinliği ve Verimliliği	23
3.8 Nemin Atmosferdeki Işık Saçılmasına Etkisi	23
3.8.1 Aerosol parçacıkları ve nem.....	24
3.8.2 Aerosol parçacıkları ve saçılma	25
3.8.3 Görüş ve nem	26
3.8.4 Işık kirliliğine nemin etkisi	26
4. IŞIK KİRLİLİĞİNİN ÖNEMİ VE OLUMSUZ ETKİLERİ	28
4.1 Işık Kirliliğinin Zararları ve Doğal Hayata Etkileri.....	28
4.1.1 Işık kirliliğinin insan yaşamı üzerindeki etkisi	28
4.1.2 Işık kirliliğinin doğal yaşam üzerindeki etkisi	29
4.1.2.1 Kuşlar	29
4.1.2.2 Böcekler.....	31
4.1.2.3 Amfibiler	32
4.1.3 Deniz yaşamı ve balıklar	33
4.1.3.1 Balıklar	33
4.1.3.2 Mercanlar.....	34
4.1.4 Memeliler- Sürüngenler	35
4.1.4.1 Deniz kaplumbağaları.....	35

4.1.4.2 Uçan omurgasızlar	35
4.2 Bitkiler	36
4.3 Astronomi	36
4.4 Enerji.....	37
4.5 Hava Kirliliği	38
4.6 Işık Kirliliğine Karşı Alınacak Önlemler.....	38
4.7 Işık Kirliliği Ölçüm Yöntemleri.....	39
4.7.1 Gece gökyüzü parlaklığı ölçüm yöntemleri	39
4.7.1.1 Ölçüm cihazı gök niteliği ölçeri – SQM.....	40
5. PROJE ÇALIŞMALARI	42
5.1 Yöntem.....	42
5.2 Ölçümler ve Haritalama.....	44
5.3 Açık Bağımlı Ölçümler.....	48
5.4 Kaybolan Işık Miktarı	52
5.4.1 Tahmini Mali Kayıp	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1: Aydınlatmada kullanılan armatür çeşitleri ve özellikler.....	17
Çizelge 3.2: Radyometrik büyüklükler	21
Çizelge 3.3: Lamba cinsleri ve verimlilikleri.....	23
Çizelge 4.1: SQM cihazından okunan değerlerin karşılık geldiği yerleşim yerleri şu şekildedir:	41
Çizelge 5.1: Açı değişiminin etkisini belirlemek için veri toplanan koordinatlar.	48
Çizelge 5.2: Yön / Konum ve hesaplanan k değerleri	55
Çizelge 5.3: Okunan değerlere göre sınıflandırılmış k katsayıları ve ışık akısı.....	56
Çizelge 5.4: Lamba cinsleri ve verimlilikleri.....	58
Çizelge 6.1: Doğu yönünde saha okumaları	87
Çizelge 6.2: Doğu yönü parlaklık ölçümleri	88
Çizelge 6.3: Doğu yönünde aydınlanma değerleri.....	89
Çizelge 6.4: Batı yönünde saha okumaları.....	90
Çizelge 6.5: Batı yönü parlaklık ölçümleri	91
Çizelge 6.6: Batı yönünde aydınlanma değerleri	92
Çizelge 6.7: Kuzey yönünde saha okumaları.....	93
Çizelge 6.8: Kuzey yönü parlaklık değerleri.....	94
Çizelge 6.9: Kuzey yönünde aydınlanma değerleri	95
Çizelge 6.10: Güney yönünde saha okumaları.....	96
Çizelge 6.11: Güney yönünde parlaklık değerleri.....	97
Çizelge 6.12: Güney yönünde aydınlanma değerleri	98
Çizelge 6.13: Başucu doğrultusunda alınan ölçümler ve hesaplamalar.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Işınım Spektrumu.....	5
Şekil 2.2: Işığın aydınlatılacak bölge dışına yayılmasına örnek, Ataköy, İstanbul	8
Şekil 2.3: Sürücülerde ye yayalarda göz kamaşmasına neden olan aydınlanmaya örnekler.....	8
Şekil 2.4: Gök parlamasına bir örnek.....	10
Şekil 2.5: Aydınlanma sınırı ve Işık kirliliğine sebebiyet veren ışık türleri	10
Şekil 2.6: Doğru veya yanlış aydınlatmaların derecelendirilmesi	11
Şekil 2.7: Aydınlatma armatürlerinin doğru ve yanlış uygulamaları	11
Şekil 2.8: Tam perdeli armatür çeşitlerine örnekler.....	11
Şekil 2.9: Tam perdeli armatürler ve doğru uygulamalarına örnek	11
Şekil 3.1: Birkaç farklı sıcaklıkta kara cisim ışıma eğrileri	13
Şekil 3.2: Wien kayması ve görünür bölge ilişkisi eğrisi.....	15
Şekil 3.3: Planck'ın geometrik çizelgesi	16
Şekil 3.4: Led aydınlatma ve Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba aydınlatmasına örnek.	18
Şekil 3.5: Saçılma çeşitleri.....	19
Şekil 3.6: Küresel koordinat sisteminde açı tanımlamaları ve katı açı	22
Şekil 3.7: Nem ve SQM Okumaları Arasındaki İlişki.	26
Şekil 4.1: Yüksek binalar çevresinde dolaşan göçmen kuşlar	30
Şekil 4.2: Kuşlar gece dallar arasından süzülen ışık kümesini, hanelerden yayılan ışığa benzetir	31
Şekil 4.3: Okumaların yapıldığı Gök Niteliği Ölçer (SQM) aleti.....	40
Şekil 5.1: Malatya ili ve çalışma alanındaki 2x2 km ² 'lik kare alanlar, ölçüm yapılarak veri elde edilmek istenen her karesel bölgenin orta noktaları (mor noktalar). ...	43
Şekil 5.2: Okuma yapılan noktalar mavi renkle işaretlenmiştir. Her karesel bölgenin orta noktası yeşil damlalar ile gösterilmiştir.....	44
Şekil 5.3: Işık kirliliği ölçümü alınan noktalar ve kaydedilen SQM ölçümleri. Okunan en küçük değer (aydınlık) okuma değeri 16,53 kadir/açısanıye ² , en yüksek (karanlık) ölçüm ise 20,68 kadir/açısanıye ²	46
Şekil 5.4: Okunan ölçümlerden faydalanılarak çizilmiş eş parlaklık eğrileri. Okunan en küçük (aydınlık) ölçüm 16,53 kadir/açısanıye ² ve en yüksek (karanlık) ölçüm 20,68 kadir/açısanıye ² aralığı 10 ⁻¹ basamak değerlerine bölünerek renklendirme uygulanmıştır.....	46
Şekil 5.5: Malatya il merkezi ve çevresi ışık kirliliği ölçümü eş parlaklık eğrileri. Ölçüm konumları işaretlenmiş ve ölçüm noktalarının daha net gözlemlenebilmesi için ışık kirliliği dağılım haritası %30 saydamlık ile görüntülenmiştir.	47
Şekil 5.6: Açı bağımlı ölçüm verilerinin alındığı koordinatlar.	49
Şekil 5.7: Gece gökyüzü parlaklığının kuzey, güney, doğu, batı yönlerinde başucu-ufuk arasındaki açı ilişkisini gösteren grafikler.	51
Şekil 5.8: Küresel koordinatlarda katı açı ve açıların tanımlanması.....	53
Şekil 5.9: Gök parlaklığı ölçümü yapılan alanlar için hesaplamalarda kullanılan katı açı şeması	55
Şekil 6.1: Malatya Atatürk Caddesi ağaç ışıklandırılması.	65
Şekil 6.2: Malatya merkez Yeni Cami (Hacı Yusuf Taş Cami).....	65
Şekil 6.3: Malatya Atatürk Caddesi Ptt önü.....	66
Şekil 6.4: Malatya Park.....	66

Şekil 6.5: Malatya Battalgazi (Roma) Surları	67
Şekil 6.6: Malatya Merkez aşırı aydınlatma kullanılmış bina	67
Şekil 6.7: İnönü Üniversitesi Pembe Yol	68
Şekil 6.8: Malatya Fahri Kayahan Caddesi	68
Şekil 6.9: Tecde Mahallesi İsmet Paşa Caddesi	69
Şekil 6.10: Tecde Mahallesi İsmet Paşa Caddesi Gökyüzü fotoğraflanması	69
Şekil 6.11: Yeşilyurt Gedik Mahallesi Hasan Çalık Devlet Hastanesi Gökyüzü fotoğrafı	70
Şekil 6.12: Yeşilyurt Gedik Mahallesi Hasan Çalık Devlet Hastanesi	70
Şekil 6.13: Yeşilyurt Tecde Mahallesi Heybetli Sokak	71
Şekil 6.14: Yeşilyurt Tecde Mahallesi Heybetli Sokak Gökyüzü Fotoğrafı	71
Şekil 6.15: Fahri Kayıhan Bulvarı İsmet Paşa Caddesi Kesişimi	72
Şekil 6.16: Fahri Kayıhan Bulvarı İsmet Paşa Caddesi Kesişimi Gökyüzü Fotoğrafı	72
Şekil 6.17: Fahri Kayıhan Nikah Dairesi Arkası	73
Şekil 6.18: Fahri Kayıhan Nikah Dairesi Arkası Gökyüzü Fotoğrafı	73
Şekil 6.19: Çilesiz Mahallesi Mıhlı Dut Sokak	74
Şekil 6.20: Çilesiz Mahallesi Mıhlı Dut Sokak Gökyüzü Fotoğrafı	74
Şekil 6.21: Yüz Akı Bulvarı	75
Şekil 6.22: Yüz Akı Bulvarı Gökyüzü Fotoğraf Çekimi	75
Şekil 6.23: Eskimalatya Ulu Cami	76
Şekil 6.24: Eskimalatya Ulu Cami Gökyüzü Fotoğrafı	76
Şekil 6.25: Battalgazi Hanımın Çiftliği	77
Şekil 6.26: Battalgazi Hanımın Çiftliği Gökyüzü Fotoğrafı	77
Şekil 6.27: Battalgazi Hanımın Çiftliği İstiklal Sokak	78
Şekil 6.28: Battalgazi Hanımın Çiftliği İstiklal Sokak Gökyüzü Fotoğrafı	78
Şekil 6.29: Çat Yol Hanımın Çiftliği	79
Şekil 6.30: Çat Yol Hanımın Çiftliği Gök Yüzü Fotoğrafı	79
Şekil 6.31: Fahri Kayıhan Nikah Sarayı	80
Şekil 6.32: Fahri Kayıhan Nikah Sarayı Gök Yüzü Fotoğrafı	80
Şekil 6.33: Çöşnük TOKİ Sağlık Sen Konutları	81
Şekil 6.34: Çöşnük TOKİ Sağlık Sen Konutları Gök Yüzü Fotoğrafı	81
Şekil 6.35: Eski Devlet Hastanesi	82
Şekil 6.36: Eski Devlet Hastanesi Gök Yüzü Fotoğrafı	82
Şekil 6.37: Kernek Meydanı	83
Şekil 6.38: Kernek Meydanı Gök Yüzü Fotoğrafı	83
Şekil 6.39: Belediye Kapalı Otoparkı Cezmi Kartay Caddesi	84
Şekil 6.40: Belediye Kapalı Otoparkı Cezmi Kartay Caddesi Gök Yüzü Fotoğrafı	84
Şekil 6.41: Yeni Cami Yanı	85
Şekil 6.43: Halep Caddesi	86
Şekil 6.44: Halep Caddesi Gök Yüzü Fotoğrafı	86

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

λ	:Işığın dalga boyu
γ	:Elektromanyetik dalganın frekansı
x	:Atmosferdeki molekül boyutları
IR	:Rayleigh Saçılma Şiddeti
SQM	:Sky Quality Meter
Lm	:Lümen
Φ	:Işık Akısı
Cd	:Candela
I	:Işık şiddeti
Lx	:Lüx
E	:Aydınlanma
L	:Parlaklık
W	:Watt
J	:Joule
CCD	:Görüntü algılayıcı
m	:SQM cihazının ölçtüğü gökyüzü parlaklığı (kadir/açısanıye ²)
Ω	:SQM cihazının görüş konisine karşılık gelen açı
k	:Atmosferdeki parlaklığın yöne bağlı değişim katsayısı
3D	:3 Boyutlu
UTC	:Eş güdümlü evrensel zaman
IDA	:Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği
ICE	:Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

ÖZET

Doktora Tezi

GÖKYÜZÜ PARLAKLIĞI ÖLÇÜMÜ VE IŞIK KİRLİLİĞİ HARİTALAMASI: Malatya
Örnek Uygulaması

ABDULVAHAP YILMAZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı
104 + x sayfa
2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuncay Özdemir

Işığın yanlış yerde, yanlış miktarda, yanlış yönde ve yanlış zamanda kullanılması Işık Kirliliği (IK) olarak tanımlanır [3]. Özellikle sokak aydınlatmalarında tercih edilen armatürlerin, aydınlatılmak istenilen bölgenin dışına taşması hem ışık tecavüzüne sebebiyet verecek hem de israf edilen enerji anlamına gelecektir.

Bu tez çalışmasında, Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerini de kapsayan 301,1 km² alanda gece gökyüzü parlaklığı ölçümleri yapılmış Malatya il merkezi, Yeşilyurt ve Battalgazi merkez ilçeleri sınırları içerisinde belirlenen alanda kareleme yöntemi kullanılarak ışık kirliliği haritası ve hatalı aydınlatma sebebi ile meydana gelen enerji israfı hesaplanmıştır. Enerji kaybının hesaplanabilmesi için gerekli olan açı bağımlı ölçümler (başucu-ufuk arası) 7 (yedi) farklı konumda doğu, batı, kuzey, güney yönlerinin her biri için ayrı ayrı ölçümler alınmıştır. Tüm ölçümler, bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programına girilerek eş parlaklık eğrileri çizilmiştir. Malatya ilindeki hatalı aydınlatma sebebi ile boşa harcanan enerji miktarı 122,7 Mlm olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gök Parlaması, Işık Kirliliği, Enerji Kaybı, Sokak Aydınlatmaları, Nem.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

SKY BRIGHTNESS MEASUREMENT AND LIGHT POLLUTION MAPPING: A case study in Malatya

ABDULVAHAP YILMAZ

Inonu University
Institute of Science
104+ x pages

2022

ADVISOR: Ass. Prof. Dr. Tuncay ÖZDEMİR

The use of light in the wrong place, in the wrong amount, in the wrong direction and at the wrong time is defined as Light Pollution (IK) [3]. If the luminaires, which are especially preferred for street lighting, go beyond the area to be illuminated, it will both cause light encroachment and mean wasted energy.

In this thesis, night sky brightness measurements were made in an area of 301.1 km², including Malatya city center, Battalgazi and Yeşilyurt central districts, using the square method in the area determined within the borders of Malatya city center, Yeşilyurt and Battalgazi central districts, and the light pollution map and the occurrence of faulty lighting caused by the wrong lighting. energy wastage was calculated. The angle dependent measurements (between the zenith and the horizon) required for the calculation of the energy loss were taken separately for each of the east, west, north and south directions at 7 (seven) different locations. All measurements were entered into a Geographic Information Systems (GIS) program and isotherm curves were drawn. The amount of energy wasted due to faulty lighting in Malatya was calculated as 122.7 Mlm.

Keywords: Sky Glow, Light Pollution, Loss of Energy, Street Lighting, Humidity.

1. GİRİŞ

Işık kirliliği dünyanın en hızlı büyüyen ve en hızlı yayılan kirlilik çeşitlerinden biridir [2]. Işığın yanlış yerde, miktarda, yönde ve zamanda kullanılması Işık Kirliliği (IK) olarak tanımlanır [3]. Özellikle gece aydınlatmalarında kullanılan armatürlerin, aydınlatılmak istenilen bölgenin dışına taşması hem rahatsızlık verici ışık hem de israf edilen enerji anlamına gelir. Gözün hassasiyet seviyesinin üzerindeki ışık, gözün görme yeteneğinin azalmasına, cisimlerin görünebilirliğinin yok olmasına ve gece araç kullananlar için kamaşmaya neden olup can kayıplarının artmasına sebep olur. Yanlış aydınlatma armatürlerinin tercih edilmesi ile üst yarı uzay doğrultusunda yayılan suni ışık, atmosferi oluşturan moleküllerden ve partiküllerden her doğrultuda yayılarak gökyüzünün fon parlaklığının artmasına sebep olur. Bu durum, gökyüzünün doğal fon parlaklığının artmasına, gök cisimlerinin görünürlüğünün azalmasına neden olur [3]. Son yıllarda, kentleşme ve orantılı olarak aydınlatma sistemlerinin artması nedeniyle kentleşme etrafında yaşayan insanlar geceleri gök cisimlerinin birçoğunu görememektedirler. İnsan ırkının var oluşundan sonra ışığa ihtiyacı tartışılmaz. İnsanlar ateşi bularak ısınmanın yanı sıra aydınlatma ihtiyacını da karşılamıştır. Teknolojik gelişmeler aydınlatma sistemlerinin de gelişmesini sağlamış, güçlü aydınlatma sistemlerinin bilinçsizce kullanılması ışık kirliliği açısından olumsuz sonuçlar meydana getirmiştir [4]. Kentlerdeki doğal fon parlaklığının artması astronomi ile ilgilenen insanlar için önemli bir sorundur. Çevreyi ve astronomik çalışmaları etkileyen gök parlaklığının arttıran ışıklılığa ışık kirliliği denilmektedir. Geceleri görme olayının gerçekleşmesi, insanların güvenliğinin artması için aydınlatmaların artması bir diğer taraftan israf edilen ışık, enerjinin boşa harcanması yani ülkelerin bütçelerinin büyük kısmını boşa harcaması ve canlıların ihtiyaç duyduğu ışık miktarına etki anlamına gelmektedir. Işık kirliliğinin azaltılması kullanıcıların bilinçlendirilmesi ile mümkündür ve en önemli sorun bu konuda bilincin olmamasıdır. Alınabilecek önlemler arasında, ışığın gerekli alana yeteri miktarda uygulanması, göğe doğru yönelen ışık miktarının azaltılması için doğru armatürlerin tercih edilmesi, renksel geri verim özelliği çok önemli olmayacaksa dış aydınlatma armatürleri tercih edilirken alçak basınçlı sodyum buharlı armatürlerin tercih edilmesi gerekir [3].

Bu tez çalışmasında, Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerinde gece gökyüzü parlaklığı ölçümlerinin yapılması, Malatya il merkezi, Yeşilyurt ve Battalgazi

merkez ilçeleri sınırları içerisinde belirlenen alanların ışık kirliliği haritası ve hatalı aydınlatma kaynaklı enerji israfı hesaplanması amaçlanmaktadır.



2. IŞIK KİRLİLİĞİNİ TANIYALIM

2.1 Işık Kirliliğinin Tanımlanması

Aydınlatmada, ışığın aydınlatılması istenen alanın sınırlarını aşarak, sebebiyet verdiği rahatsız edici hissiyata “ışık kirliliği” adı verilmektedir. ‘Yanlış yerde, yanlış miktarda, yanlış yönde ve zamanda’ tercih edilen aydınlanma sistemleri, ışık kirliliğinin en önemli nedenini oluşturmaktadır. Işık kirliliği, önemli miktarda enerji kayıpları ve karşılığında büyük maddi kayıplara ve görsel kirliliğe sebebiyet vermektedir. Günümüzde kullanılan aydınlatma sistemlerinde, aydınlatılmak istenilen bölgenin dışına taşmayan, ihtiyaç duyulduğu kadar ışık şiddetine sahip, en önemlisi gök parlamasına katkıda bulunmayan aydınlatma sistemlerine rastlanması oldukça zordur. Bilinçsiz ve gelişmiş güzel yapılan aydınlatmalar ile hem ekolojik denge yara almakta hem de ışık kirliliğine sebebiyet verilmektedir [5]. Görme olayının gerçekleşmesi için aydınlatılmış ortam olmazsa olmazdır. Görme olayı canlılara güvende hissettirmekte ve hayatı her anlamda kolaylaştırmaktadır. Canlılar aydınlatmanın az olduğu bölgelerde kendilerini güvende hissedemediği ve rahat hareket edemedikleri gibi, aşırı aydınlatma daha fazla güvenlik ve daha iyi görüş anlamına da gelmemekte ve aşırı aydınlatma geçici veya kalıcı olarak görme yetisinin bozulmasına sebep olabilmektedir [5].

Üst yarı uzaya doğru yayınlanan bilinçsiz kullanılan aydınlatmalar ve yansıtıcı yüzeylere çarparak geri dönen ışıklar atmosferi meydana getiren molekül ve partiküller ile etkileşimi sonucu saçılarak gökyüzünün doğal fon parlaklığını arttırmakta, astronomik gözlemleri sekteye uğratacak seviyelere ulaşmaktadır. Gökbilimciler için gök cisimlerinden gelen minimum düzeyde ışık bile çok önemli iken, gökyüzünün doğal fon parlaklığının artması (karanlığın kaybedilmesi) çok önemli bir tehdittir. Şehir merkezlerindeki ışık kirliliğini besleyen önemli etkenler; yol, cadde ve sokak, park ve bahçe, bina dış cephelerinin aydınlatılmasında kullanılan aydınlatma armatürlerinin yanlış seçimi ve yönlendirilmesi ile üst yarı uzaya gönderilen direkt ışınlarla, aydınlatılan yüzeylerden yansıyan dolaylı (endirekt) ışınlardır [45]. Doğru olmayan ve yanlış tiplerde armatürler tercih edildiği için

direkt gökyüzüne gönderilen ışık akısı büyük enerji harcamalarına neden olmaktadır. Işık kirliliği astronomik gözlemlere olumsuz etki yaptığı gibi insanların ve hayvanların 24 saatlik doğal süreçlerini, gece gündüz ile canlılar arasındaki doğal ilişkiyi de olumsuz etkiler. Ülkelerin zenginleşmesi ile birlikte artan kentleşme dış mekân aydınlatılması talebini arttırmış, artık ışık kirliliği kent merkezleri dışına banliyö ve kırsala kadar yayılmıştır. Işık kirliliğinin bilinçsiz bir şekilde hızlı artışı canlıların sağlığı, devletlerin ekonomisi ve astronomik çalışmalar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır.

2.2 Işık ve Görme Olayı

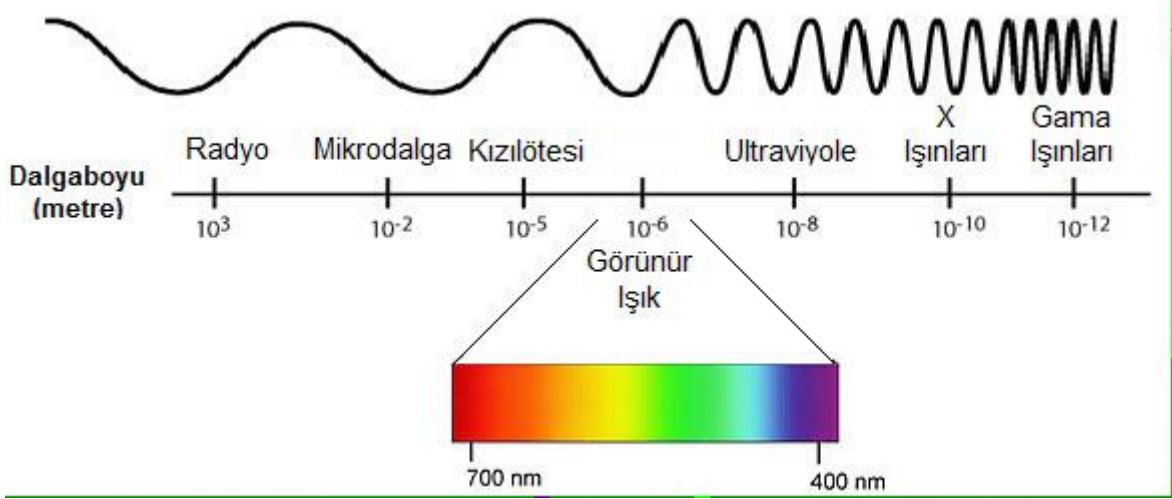
Işık doğal veya yapay kaynaklardan elde ettiğimiz görme eyleminin gerçekleşmesi için gerekli olan bir enerji formudur. Karanlık ortamlarda görme olayı gerçekleşmez. Cisimleri görebilmemiz için cisimlerin aydınlatılması ve aydınlatan kaynaktan çıkan ışınların cisimlerden yansıyarak gözümüze ulaşması gerekmektedir. Görmek istediğimiz cismin yeterince aydınlık olması gerekmektedir. Fazla aydınlatılması da görmeyi zorlaştırabilir.

Işık yaklaşık olarak saniyede 300 bin kilometre hız ile yayılmaktadır. Işığın yayılırken hem parçacık hem de dalga özelliğini gösterdiği Louis De Broglie'nin 1923 yılında doktora çalışmasında ortaya çıkmış ve bu tez Nobel ödülü ile sonuçlanmıştır. Louis De Broglie ışığın dalga ve parçacık özelliğini aynı cümle içinde; "Hareket eden her parçacığa bir dalga eşlik eder, bu dalganın dalga boyuna De Broglie dalga boyu denir." sözleri ile ifade etmiştir.

$$\lambda_{De\ Broglie} = \frac{h}{p} \quad (2.1)$$

Denklem (2.1)'de h Planck sabiti, P momentum, λ dalga boyunu tanımlamaktadır.

Frekans ile enerjinin değişmesi ışık yani elektromanyetik dalganın farklı frekansta farklı enerjiye sahip olması anlamına gelmekte ve aynı özelliği taşıyan farklı enerjiye sahip fotonlar olarak gruplandırılmasına olanak vermektedir ($E=h.f$)



Şekil 2.1: Işınım Spektrumu [6].

Şekil (2.1)'de ışıınım spektrumunda görüldüğü gibi sağlıklı bir insan gözü yaklaşık 380 ila 800 nm aralığını yani görünür bölge diye tanımladığımız bölgeyi algılayabilmektedir. Göz reseptörlerinin en çok mavi mor (en yüksek enerjili renk) ve kırmızı tonları (en düşük enerjili) renkleri algılaması ambulans, itfaiye, polis araçlarındaki uyarıcı lambalarda bu renklerin kullanılmasının nedeni olarak açıklanabilir.

2.3 Işık Kirliliği: Kaynakları ve Çeşitleri

Yaşam alanlarının gece yaşanılabilir olması, görsel konfor ve estetiğe sahip olması fizyolojik ve psikolojik gereksinimlere cevap verebilmesi ve güvenlik sebebi ile aydınlanma insan hayatının önemli bir parçasıdır [7]. Çevre aydınlatılmasında ana amaç gündüz yapılanların gece de yapılabilmesidir.

Yukarıda bahsettiğimiz nedenlerden dolayı aydınlatma kaçınılmaz bir ihtiyaçtır. Aydınlatılmak istenen bölgeye yeteri miktarda, doğru tercih edilmiş aydınlatma kaynakları yönlendirilmelidir. Aydınlatılacak bölgenin ihtiyaçtan daha fazla aydınlatılması, aydınlanma ihtiyacı olmayan bölgelere ışık düşmesi veya ihtiyaç duyulan zaman dışında aydınlatma yapılması enerjinin boşa harcanması anlamına gelmektedir.

Aydınlatma sistemlerinin yeterli miktarda aydınlatılmak istenen alanın dışına taşırmadan aydınlatma yapması amaçlanmalıdır. Yanlış yerde, yanlış miktarda, yanlış yönde ve zamanda kullanılan aydınlatma sistemleri ışık kirliliğinin en önemli nedenidir. Kaliteli aydınlatma sistemlerinin kullanılmaması üst yarı uzaya yönelen ışık miktarını artırır, ışık kirliliğine çok büyük katkı verir ve gökyüzünün doğal fon parlaklığını bozar. Işık kirliliği karanlığı kirletir ve bu kirliliğin sonucu olarak tüm canlılar etkilenir.

Dünyada nüfusun artması ile orantılı olarak yerleşim merkezlerinin, eğlence merkezlerinin, yol aydınlatmalarının artması özellikle gelişmiş ülkelerde güçlü aydınlatmaların bilinçsiz kullanımı ışık kirliliğinin her geçen gün artmasına sebep olmuştur.

Dış aydınlatmalar dekorasyon, eğlence ve güvenlik amacı ile özellikle gelişmiş ülkelerde daha fazla kullanılmaktadır. Nüfusun yoğun olduğu büyük şehirlerde ışık kirliliği kırsal kesimlere göre çok fazladır. Bu sorunlar dış aydınlatmaların doğru yapılandırılması ile azaltılabilir.

Armatürlerin ve lambaların yanlış tercihi ve yanlış yönde ışık yayması ışık kirliliğinin ana sebebidir ve beraberinde birçok sorun getirir. Bu sorunların başlıcaları;

Aşırı Aydınlatma; Bu ışık kirliliği türü en fazla rastlanan ışık kirliliği türüdür. Gerekli miktardan daha fazla ışık kullanılmasına denir. Aşırı aydınlatma iyi aydınlatma anlamına gelmemektedir. Birden fazla ışık kaynağından gelen ışığın düzensiz bir şekilde birleşmesi ile rahatsız edici olan düzensiz ışık yığını diye adlandırdığımız aydınlatma çeşidini de aşırı aydınlatma sınıfına dahil edebiliriz. Özellikle karayolu etrafında yapılan aşırı aydınlatma kaza riskini arttırmaktadır.

Dikine yayılan ışık diye adlandırdığımız insanların göz hizası doğrultusunda yayılan ışıktaki aşırı şekilde rahatsız edici ve görme kısıtlamasına sebebiyet vermektedir. Üst yarı uzay doğrultusunda oluşan dikine ışık ise ışık kirliliğine sebep olan en etkili ışık kirliliği türüdür.

Işık kirliliğinin esas kaynakları:

- ☐ Yol, cadde ve sokak aydınlatmaları
- ☐ Park, bahçe ve spor sahalarında doğru tercih edilmeyen yüksek şiddetli aydınlatmalar
- ☐ Turistik tesislerin, binaların dış cephe aydınlatmaları
- ☐ Reklam panolarının aydınlatmaları
- ☐ İç mekân, vitrin aydınlatmaları
- ☐ Armatürlerin doğru seçilmemesi ve yönlerinin doğru seçilmemesi ile üst yarı uzaya dik doğrultuda yayılan ışıklar
- ☐ Güvenlik şüphesi ile yapılan aşırı aydınlatmalar
- ☐ Evlerden, binalardan dışarı yayılan ışıklar. [8]

2.4 Işık Karmaşası

2.4.1 Düzensiz ışık yığını

Birden fazla ışığın bir araya gelerek gereğinden fazla aydınlatma yaratması sonucu insanların dikkatlerini dağıtan ışık çeşididir. Bu ışıklar sokak armatürlerinin bilinçsiz seçilmesi ve reklam panolarının çevresinin gereksiz olarak aydınlatılmasından kaynaklanmaktadır. Gösterişli ve bilinçsiz yapılan aydınlatmalar araç kullanan insanların dikkatlerini dağıtarak kazalara sebebiyet vermektedir.

2.4.2 Dikine ışık

Kırıcılık indisleri farklı ortamlarda yayılan ışıklar bir istisnai durum dışında kırılmaya uğramaktadırlar, o istisnai durum ise ışığın farklı ortama gelme açısının doksan derece olması yani dik gelmesidir. Atmosfere dik yayılan ışık kırılmaya uğramadan üst yarı uzaya yayılarak ışık kirliliğine en büyük katkıyı sunmaktadır. Üst yarı uzaya dikine yayılan bu ışık türü bilinçli aydınlatmaya hiçbir katkısı olmayan tamamı ile israf olan ışık demetidir. Dikine yayılan ışık demeti atmosferi oluşturan öğelerden saçılarak doğal fon parlaklığının değişmesine önemli katkı sunmakta ve astronomların görmek istemedikleri bir görüntüye sebebiyet vermektedirler.

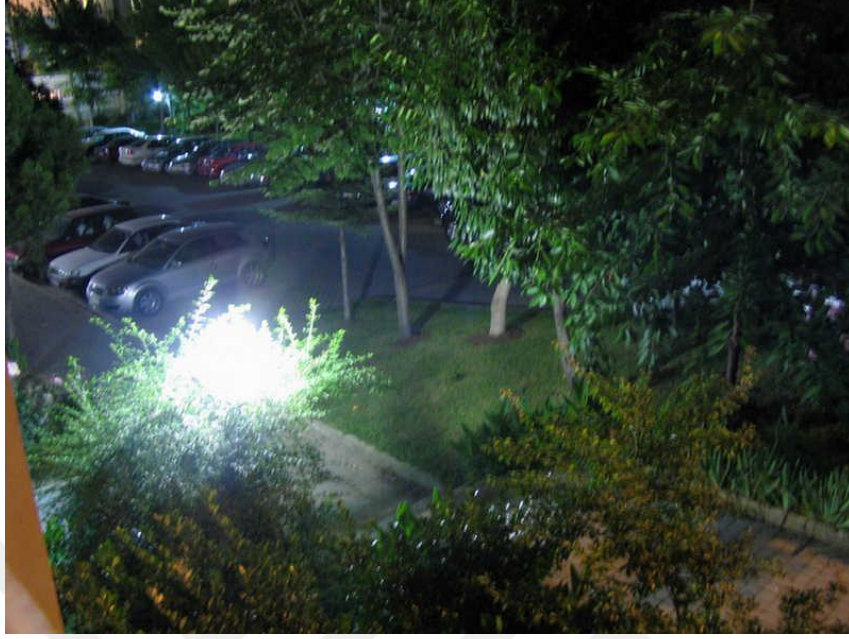
2.4.3 Yanıp sönen gösterişli ışık

Genelde hava limanlarında, yüksek binaların tepelerinde, yol kenarlarında ve son zamanlarda dikkat çekilmek istenen her yerde kullanılan periyodik olarak yanıp sönerik ışık saçan gösterişli aydınlatma çeşididir. Hava limanlarında kullanılması kuşların ilgisini çekip hava limanlarına yönelmelerine ve birçok kuşun hayatının sonlanmasına sebebiyet vermektedir. Yanıp sönen ışığın insan sağlığı üzerine birçok olumsuz etkisi olduğu bilinmektedir. Bunlardan birkaçı; geçici görme bozukluğu, gözbebeğinin büyümesi, stres seviyesinin artması ve migreni tetikleyerek baş ağrısına sebebiyet vermesidir [9].

2.4.4 Işık Tecavüzü (Işığın Yanlış Yönlendirilmesi)

Işığın aydınlatılmak istenilen bölgelerin dışına taşmasına ışık ihlali (tecavüzü) denir. Özellikle sokak aydınlatmalarının hanelerin içerisine taşması (özellikle yatak odalarına) günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Yatak odalarına taşan ışık insanların periyodik gece gündüz döngüsünü etkiler, gece salgılanan melatonin hormonunun azalmasına neden olur ve bu hormonun azalmasının sonucu olarak insan sağlığı üzerine olumsuz sonuçlar

doğurması kaçınılmazdır. Aydınlatılmak istenmeyen bir bölgenin aydınlatılması fazladan aydınlatma yani boşa tüketilen enerji anlamına da gelmektedir.



Şekil 2.2: Işığın aydınlatılacak bölge dışına yayılmasına örnek, Ataköy, İstanbul [4].

2.5 Göz Kamaşması

Göz alıştığı ışık seviyesinin üzerindeki ışığa maruz kalır ise retina bölgesine düşen ışık miktarı azalır. Göz bebeği daralır. Göz bebeği normal boyutuna ulaşınca kadar bu durum devam eder. Bu süreç kamaşma olarak adlandırılır.

Göze alıştığı ışık seviyesinin üzerinde ışık gelmesi, gözün yüksek şiddetli aydınlatma kaynağı dışındaki nesneleri görme yetisinde kısıtlamaya hatta ışık şiddetinin seviyesine bağlı olarak geçici körlüğe bile sebebiyet verebilmektedir. Kamaşma konforsuzluk kamaşması, yetersizlik kamaşması, köreltici kamaşma gibi seviyelerine göre gruplandırılabilir [10].



Şekil 2.3: Sürücülerde ve yayalarda göz kamaşmasına neden olan aydınlanmaya örnekler [11].

- Konforsuzluk Kamaşması: Gözün görme yetisini etkilemeyen insanda rahatsızlık uyandıran kamaşma çeşididir.
- Yetersizlik Kamaşması: Gözün görme yetisini azaltan çevredeki ayrıntıları seçmesini engelleyen kamaşma türüdür.
- Köreltici Kamaşma: Kısa süreli görme kaybı yaşatan kamaşma türüdür [12].

2.6 Gök Parlaması

Doğal veya yapay aydınlatmalardan yayılan ışığın toz parçacıkları, gaz molekülleri ve bulutlardan saçılarak yeryüzüne geri yansımaları sonucu oluşan gökyüzündeki parlaklığa denir.

Gece gök parlaması doğal veya yapay kaynaklardan yayılan ışık sonucunda meydana gelir.

Doğal kaynaklar:

- Ay ve yeryüzünden yansıyan güneş ışığı,
- Atmosferin üst tabakalarındaki alçak seviyeli hava parlaklığı (geçici düşük dereceli aurora),
- Gezegenler arasındaki toz bulutundan yansıyan güneş ışığı,
- Atmosferde yayılan yıldız ışığı
- Silik, henüz oluşmamış yıldızlar ve Nebulanın oluşturduğu fon ışığıdır. Nebula, belli belirsiz ışık lekeleri şeklinde görülen uzay objeleri veya yaygın kozmik toz kütleleri ve gazdır [4].

Aydınlatma armatürlerinden gökyüzüne direkt yayılan ve yeryüzündeki yansıtıcı yüzeylerden atmosfere yansıyan veya saçılan ışık tarafından bir fon meydana gelir ve bu etki yapay fon doğal fon parlaklığını artırır. Gök parlamasının büyüklüğü; hava şartları atmosferdeki toz ve gaz miktarı, gökyüzüne yönelen ışık akısı ve görüş açısına göre değişebilir özellikle kötü hava şartlarında gök parlaması daha net gözlenebilir.

Doğal fon parlaklığının artmasının yani gök parlamasının en önemli olumsuz etkisi astronomi çalışmaları üzerindedir. Gök parlamasının şiddetine göre gözlenebilen yıldız sayısı azalmaktadır. Özellikle şehir merkezlerinde gök parlaklığı doğal fon parlaklığından 25 ila 50 kat daha parlak olabilmekte ve bu bölgelerde astronomi çalışmaları yürüten

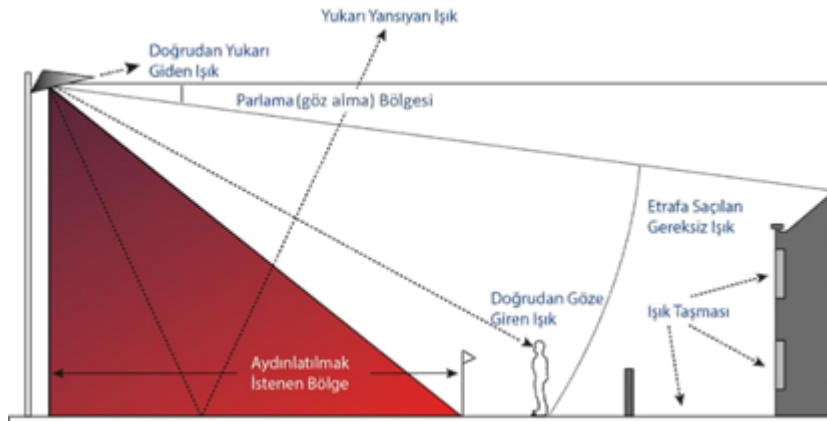
amatör veya profesyonel astronomların çalışmalarını neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Gök parlaması değerleri dünya genelinde hızla artmaktadır.



Şekil 2.4: Gök parlamasına bir örnek [13]

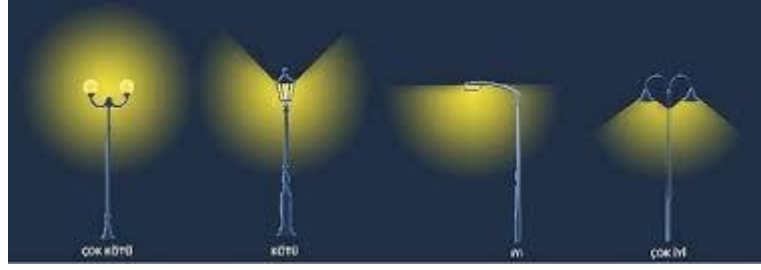
2.7 Aydınlatma Durumları ve Işık Saçılması

Sokak aydınlatmalarında aydınlatacak armatürlerin aydınlatma açısı, aydınlatma direğinin boyu, armatürden yayılan ışığın cinsi aydınlatılmak istenen bölgeye göre seçilmelidir. Aydınlatılacak bölgenin dışına çıkan ışık genel olarak ışık kirliliği diye adlandırdığımız dikine ışık, ışık ihlali, parlama, kamaşma gibi etkilerden birine veya birkaçına neden olacaktır. Bu etkilerin sonlandırılması veya azaltılması için aydınlatmanın gerekli olduğu kadar, gerekli bölgeyi, yeteri miktarda, sürede, gerekli şiddette aydınlatması ve bu amaçlara uygun tam perdeli armatürler kullanılması önemlidir.

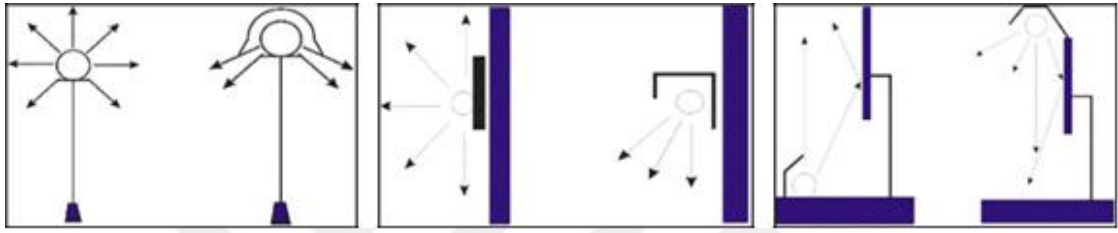


Şekil 2.5: Aydınlanma sınırı ve Işık kirliliğine sebebiyet veren ışık türleri [1].

Aşağıdaki şemada dış alanlarda tercih edilmesi ve edilmemesi gereken aydınlatma şekilleri resimler ile örneklenmiştir.



Şekil 2.6: Doğru veya yanlış aydınlatmaların derecelendirilmesi [3].



Şekil 2.7: Aydınlatma armatürlerinin doğru ve yanlış uygulamaları [1].



Şekil 2.8: Tam perdeli armatür çeşitlerine örnekler [1].



Şekil 2.9: Tam perdeli armatürler ve doğru uygulamalarına örnek [3].

Dış aydınlatmalarda tam perdeli armatürlerin kullanılmasının yanı sıra armatür çeşidi de önemlidir. Yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, yüksek ve düşük basınçlı sodyum buharlı lambalar, akkor lambalar, floresan lambalar, Led lambalar gibi birçok ışık kaynağı çeşidi bulunmaktadır [3]. Bu çeşitlerden düşük basınçlı sodyum lamba türlerinin ışık kirliliğine minimum katkı sağladığı bilinmektedir. Ekonomik açıdan avantajlı ama saçılan dalga

boylarının maksimum olduğu yani ışık kirliliğine çok katkı sunan Led aydınlatmalar tercih edilmemelidir. Nitelikli aydınlatma, uygun armatür ve lambaların seçimi ile gerçekleştirilebilir. Önlemler alınarak görüş, estetik görünüm daha kaliteli hale getirilebilir ve enerji tasarrufu sağlanabilir.

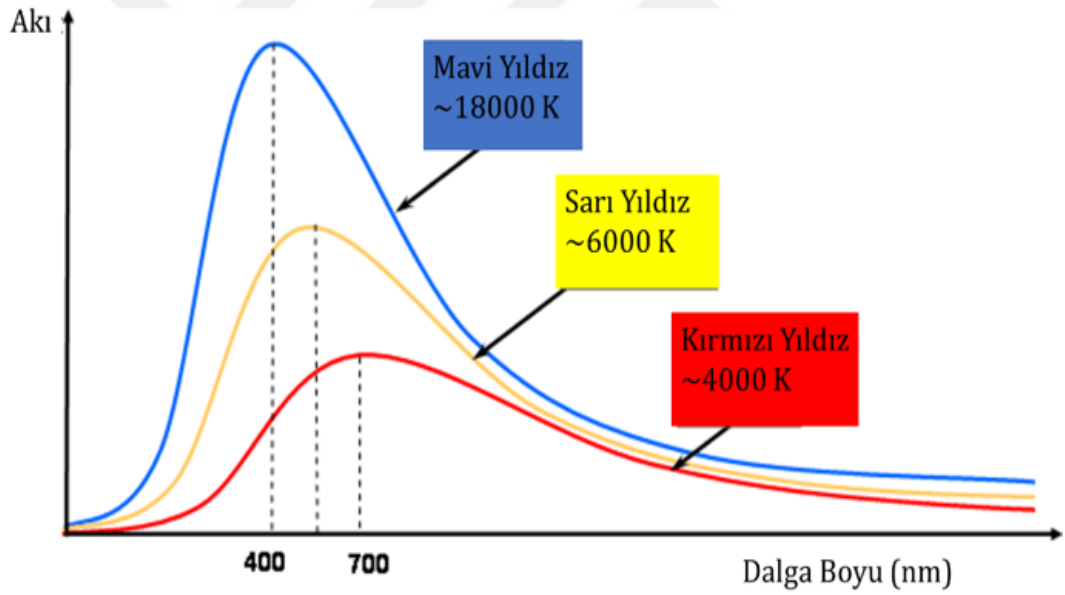
İnsan sağlığı ve çevre koşulları üzerine birçok olumsuzluk barındıran mavi dalga boyu bakımından zengin olan LED'ler yerine doğa dostu LED'ler oluşturmak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucu düşük basınçlı sodyum buharlı lambalar ile birçok ortak noktası bulunan doğaya, insan sağlığına ve astronomik gözlemlere daha az olumsuz katkı sunan tam kehribar LED diye adlandırılan LED lambalar üretildi. Ancak bu tür kehribar LED'lerin verimi düşük olduğu için henüz ideal bir ticari ürün değiller. Fosfor dönüşümlü (PC) kehribar LED'ler yeni teknolojik gelişmelerden biridir. Tam kehribar LED'lere kıyasla fosfor dönüşümlü LED'ler daha yüksek verim ile çalışmakta bununla birlikte ekolojik denge açısından etkisi artmaktadır [14].

Mavi dalga boyu bakımından zengin 4000K° beyaz LED'ler yerine fosfor dönüşümlü kehribar LED'lerin kullanılması yapılan çalışmalarda beyaz LED'lerin sebep olduğu gök parıltısını yaklaşık %90'lara varan oranlarda azalttığını ve beyaz LED'lerin sebebiyet verdiği melatonin hormonu baskılamasını yaklaşık %5'e varacak oranlarda azalttığını gözlemlenmiştir. LED'lerin daha kullanılabilir hale getirilmesi için beyaz renk kullanımı yerine kehribar renkler kullanılmalı ve beyaz olanların dönüşümü gerçekleştirilmelidir [15].

3. TEMEL KAVRAMLAR

3.1 Kara Cisim Işıması

Mutlak sıcaklık üzerinde sıcaklık değerine sahip olan her cisim elektromanyetik ışıma yapar. Kara cisimler, üzerine düşen her dalga boyundaki enerjiyi absorbe ettiği ve absorbe ettiği enerjiyi sıcaklığı ile doğru orantılı olarak yaydığı teorik olarak kabul edilen cisimlerdir. Bir kara cismin yaydığı enerji spektrumu sadece sıcaklığa bağlıdır.



Şekil 3.1: Birkaç farklı sıcaklıkta kara cisim ışıma eğrileri [16].

Kara cisim modern fizik yasaları ile tanımlanmıştır. Kara cismin sıcaklığı arttığında ışıının dalga boyunun tepe değeri azalır. (Wien yasası)

$$\lambda_{max} \cdot T = a \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'de λ_{max} ; ışıının maksimum dalga boyu, T; sıcaklık (Kelvin derece cinsinden), a; Wien sabiti ($a=2.898 \times 10^{-3} \text{ m.K}$)

Bir cismin birim yüzeyinden yayılan ışık akısı sıcaklığa bağlı olarak Planck kanununa göre hesaplanabilir.

$$L(\lambda, T)d\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5(e^{hc/\lambda kT} - 1)} \quad (3.2)$$

Denklem (3.2)'de $L(\lambda, T)$; spektral parlaklık, T; sıcaklık, λ ; dalga boyu, k; Boltzman sabiti, h; Planck sabiti ve c, ışık hızıdır.

Stefan-Boltzman'a göre ise ısı ışıyan yapan bir cisim için ısı ışıyan şiddetinin sıcaklığın dördüncü kuvveti ile doğru orantılı olduğu bilinmektedir. Yani siyah cismin birim yüzeyinden, birim zamanda yaydığı toplam ışıyan enerjisi, siyah cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile doğru orantılıdır.

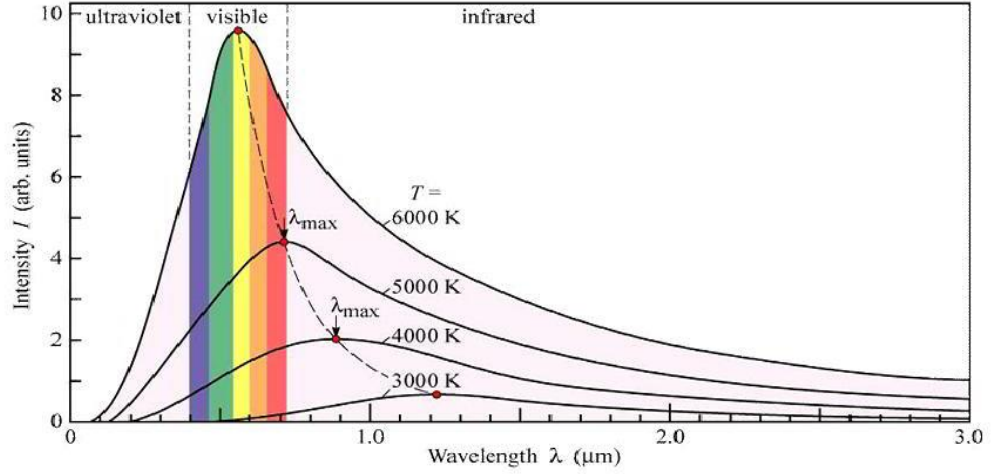
$$E = \sigma T^4 \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)' de E; Enerji, σ ; Boltzman sabiti, T; Sıcaklık. Stefan-Boltzman Yasası kara cismin cinsine bağlı olmadan sıcaklığına bağlı olarak kara cismin yaydığı enerjinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Astrofizikçiler yıldızları ideal bir kara cisim olarak kabul etmektedir. Yıldızın sıcaklığı yaydığı radyasyonun dalga boyundan hesaplanabilmektedir. Soğuk yıldızlar Şekil (3.1)'de görüldüğü gibi (max dalga boyu) kırmızı görünür iken sıcak yıldızlar (min dalga boyu) mavi-beyaz görünürler.

Aydınlatma armatürlerinin de kara cisimler gibi düşünülmesi yaydıkları ışıyanların verimi açısından bilinçlenmemizi sağlar. Yayılabilme katsayısı (e) bir yüzeyin salınım gücünü tanımlar. Bir yüzeyin yayıcılığı aynı sıcaklıkta kara cisim tarafından yayılan ışıyanın yüzey tarafından yayılan ışıyanı oranlanması ile tespit edilir. e değeri 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Kara cisimler için e değeri 1 kabul edilmektedir. Yani kara cisimler ideal yayıcılar olarak kabul edilmektedir.

Armatürlerin verimli olması için yaydıkları salınımların görünür bölgede olması önemlidir.

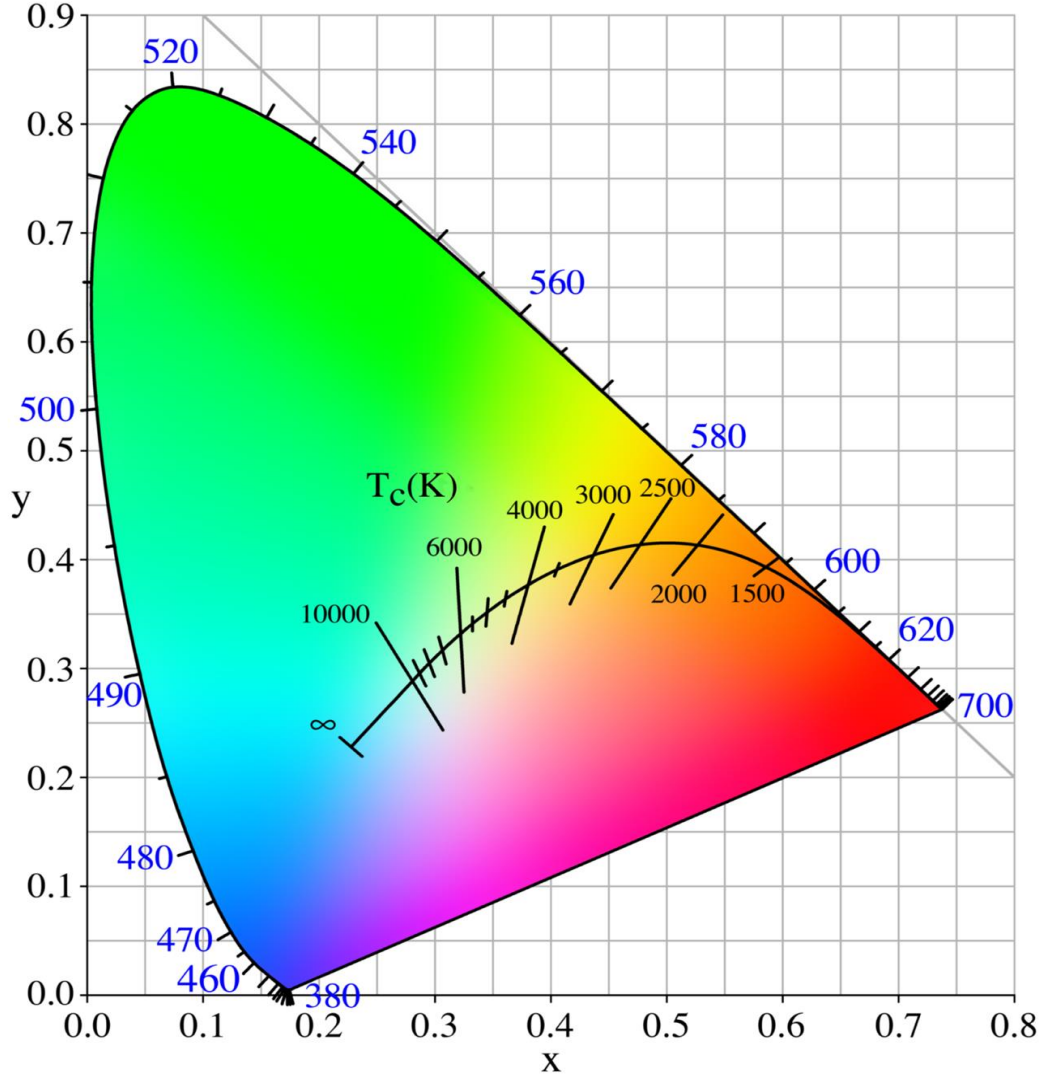


Şekil 3.2: Wien kayması ve görünür bölge ilişkisi eğrisi [17].

3.2 Renk Sıcaklığı ve Işık Kaynaklarının Spektrumu (Lamba Renkleri)

Dış alanların aydınlatılmasının etkili ve verimli yapılabilmesi için tercih edilen armatürler kadar içerisinde bulunan lambanın türü de önemlidir.

Etkinlik faktörü: Bir ışık kaynağının birim güç başına yaydığı ışık akısıdır. Renk sıcaklığında ters bir orantı bulunur. Bir ışık kaynağının yaydığı ışığın rengi Kelvin derece olarak sıcaktan soğuğa maviden beyaza doğru değişmektedir. Cismin sıcaklığı arttığında mavi rengin tayf içerisindeki miktarı artarken kırmızı oranı azalacaktır. Cismin sıcaklığı ile yaydığı ışığın tayfı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bir ışık kaynağının renginin sıcaklığı yaydığı ışığın renk sıcaklığı ile kıyaslandığında, renklerin yakınlığı ne kadar fazla ise o kadar ideal bir kara cisim gibi davranabilir. Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı Planck'ın geometrik çizelgesi ile gösterilir.



Şekil 3.3: Planck'ın geometrik çizelgesi [18].

Dış alanların aydınlatılmasında tercih edebilecek lambalar; yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar, yüksek ve düşük basınçlı sodyum buharlı lambalar, akkor lambalar, flüoresans lambalar, metal tuzu lambalar ve diyot (LED) lambalar olarak sayabiliriz. Çizelge (3.1)'de birçok özelliğine göre bu lambaların karşılaştırmalarını görebilmekteyiz.

Çizelge 3.1: Aydınlatmada kullanılan armatür çeşitleri ve özellikler [19].

	ENKANDESAN LAMBALAR	HALOJEN LAMBALAR	FLUORESAN LAMBALAR	METAL HALİDE LAMBALAR	Y. B. CİVA BUHARLI LAMBALAR	Y.B. SODYUM BUHARLI LAMBALAR	A.B. SODYUM BUHARLI LAMBALAR
Ra, Renksel Geriverim İndeksi	Çok iyi	Çok iyi	İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü
Ortalama Ömür	1000 Saat	1000-4000 Saat	5000-16000 Saat	6000-12000 Saat	15000-25000 Saat	16000-32000 Saat	16000 Saat
Etkinlik Faktörü	6-16 Lm/W	12-25 Lm/W	60-104 Lm/W	72-110 Lm/W	40-59 Lm/W	88-130 Lm/W	100-192 Lm/W
Avantajları	Kurulumu ucuz Küçük ebatlar, Açma kapama ömrü yok	Kurulumu ucuz, Küçük ebatlar, Açma kapama ömrü yok	Çok iyi ışıksal verim	Çok iyi ışıksal verim	Uzun ömür	Çok iyi ışıksal verim, Uzun Ömür	Çok çok iyi ışıksal verim, Uzun Ömür
Dezavantajları	Enerji sarfiyatı fazla, Ömrü çok kısa	Enerji sarfiyatı fazla, Ömrü kısa	Açma kapamanın ömür üzerine negatif etkisi var	Düşük Ateşleme Frekansı	Düşük renksel geriverim	Düşük renksel geriverim	Büyük Lamba ebadı, Çok kötü renksel geriverim
Kullanım Alanları	Apartman boşlukları, Holler, WC, Geçiş Yerleri	Müzelerde obje ve tablo Aydınlatmaları	Ofis, Ev, Endüstriyel Tesisler	Bina cephe aydınlatması, Mağaza içi ve Vitrin Aydınlatması	Yüksek Tavanlı depolar	Yol, Tünel ve Meydan Aydınlatma sı	Tünel, fabrika dış mekan Aydınlatması
Stroboskopik Etki	Yok	Yok	Var*	Var*	Var*	Var*	Var*

* : Elektronik balast kullanılması halinde bu etki görülmez

Dış mekân aydınlatmalarında tercih edilmesi gereken lamba çeşidine karar verilirken etkinlik faktörünün ideal cisme en yakın olması, ışık kirliliğine katkısı en az, renk bakımından insan gözünü yormayan, az saçılan ışık yayan ve canlılara en az zarar verme özellikleri ön planda tutulmalıdır. Saçılmayan ışın kaynak tarafından yöneltilen bölgeye doğru yayılmakta ve saçılmadığı için aynı doğrultuda daha fazla mesafe kat etmektedir. Yukarıda belirtilen lamba türlerinden bu özellikleri en çok barındıran lamba türü sarı-turuncu renkli sodyum buharlı lambalardır. Işık kirliliğine katkısı lamba türleri içerisinde en azdır. Sarı turuncu renklerinin çoğu renge kıyasla insan gözünü daha az yorduğu bilinmektedir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar tükettikleri enerji ve ürettikleri güç bakımından ışık verimlilikleri yüksek lambalar arasında yer almaktadır.



Şekil 3.4: Led aydınlatma ve Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba aydınlatmasına örnek.

Görsel, ekonomik ve verimlilik açısından diğer lamba türlerine kıyasla daha avantajlı olmaları beyaz renkli (LED) diyot lambaların son zamanlarda tercih edilmesinin nedenlerindendir. Beyaz renkli (LED) diyot lambaların sayıları hızla artmaktadır. Beyaz renkli (LED) diyot lambalar mavi renkçe zengin olan ışık üretirler. Mavi renk insan gözünü en çok yoran ve en çok saçılmaya uğrayan renklere dendir. LED diyot lambaların kullanılmasının en dezavantajlı yönü ise ışık kirliliğine en büyük katkıyı sunan lamba çeşidi olmasıdır.

3.3 Işık Saçılması (Light Scattering)

Işık taneciklerinin atmosferdeki moleküller ile etkileşimi sonucu herhangi bir yöne doğru hareket etmesine saçılma olayı denir. Saçılma ışığın etkileştiği molekülün büyüklüğü ile ışığın dalga boyu arasındaki ilişkiye bağlıdır. Saçılan ışınların ışık kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri olduğuna değinmiştik.

Boyutları dalga boyundan önemli ölçüde daha küçük olan molekül veya molekül toplulukları ile etkileşim sonucu oluşan saçılma çeşidine Rayleigh Saçılması adı verilir. Saçılmaya neden olan parçacıkların boyutu ve parçacıkların kutuplanabilme ölçüsünün karesine bağlıdır.

Reyleigh Saçılmasının gelen ışığın dalga boyunun dördüncü kuvveti ile ters orantılı olması küçük dalga boylarında saçılmanın daha fazla gerçekleşmesi sonucunu doğurmaktadır. Atmosfer içerisinde geçen gün ışığı da yapay ışıklar da gaz molekülleri ve toz parçacıkları tarafından saçılmaya uğratılır.

$$I_R \sim \lambda^{-4} (1 + \cos^2 \theta) \quad (3.4)$$

Işığın etkileştiği molekül boyutları büyüdüğünde Rayleigh Saçılması azalır. Daha büyük moleküller ile etkileşen ışık Mie Saçılması gerçekleştirir. Mie Saçılmasında dalga boyunca bağımlılık Rayleigh Saçılmasına göre daha azdır. Dalga boyunun eksi dördüncü kuvveti ile değil eksi birinci kuvveti ile orantılıdır. Mie Saçılmasında Rayleigh Saçılmasındaki gibi ışık her yöne saçılmaz. Daha çok ışığın geliş doğrultusunda saçılmalar meydana gelmektedir.

$$I_M \sim \lambda^{-1} \quad (3.5)$$



Şekil 3.5: Saçılma çeşitleri [20].

3.4 Radyometri ve Fotometrik Büyüklükler

1800'li yıllarda William Crookes tarafından geliştirilen radyometre radyasyon enerjisini ölçmekte kullanılmaktadır. Fotometre ise elektromanyetik tayfın görür bölgesinde gözümüzün algıladığı ışınım enerjisinin (Parlaklık) değeri cinsinden ölçülmesidir. Fotometrik ölçümler göz ile ışık arasındaki ilişkiye dayandığından, karanlık ortamlarda fotometrik ölçümlerin hata payının yüksek olması beklenir. Kaynaklarda veya yüzeyden yansıyarak göze ulaşan ışık baz

alındığında ışık kaynakları, teknolojik alet ekranları, araç sinyalleri vb. gibi hayatımızda birçok alanda kullanılan ışığın gözle ilişkisini incelemek için fotometri ve fotometrik büyüklükler önemlidir. Temel radyometrik büyüklükler Çizelge (3.2)'de verilmiştir.

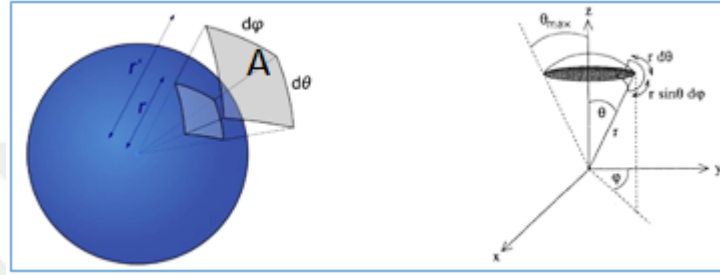


Çizelge 3.2: Radyometrik büyüklükler [3].

Büyüklük		Birim		Tanım	Birim Dönüşümü Radyometri-Fotometri
İsim	Sembol	İsim	Sembol		
Işık Akısı	Φ_v	lümen=cd.sr	lm	Birim zamanda iletilen ışık enerjisi	1W=683lm
Işık Şiddeti	I_v	kandela=lm/sr	cd	Nokta kaynaktan yayılan birim katı açığa düşen ışık akısı	1W/sr=683 cd
Parlaklık	L_v	metrekare başına düşen kandela	cd/m ²	Bir yüzeyin birim alanından birim katı açı içerisine düşen ışık aksı	1 W/sr. m ² = 683 cd/m ²
Aydınlanma	E_v	lüks=lm/m ²	lx	Bir yüzeye gelen ışık akısı (Toplam ışık akısı)	1 W/m ² = 683 lx
Işık Uyarıcılığı	M_v	lüks=lm/m ²	lx	Bir yüzeyden salınan ışık aksı	
Işık Etkinliği	η	watt başına düşen lümen	lm/W	Işık akısının harcanan güce oranı	
Işık Verimi	V	birimsiz (katsayı veya yüzde)	%	Işık etkinliğinin, maksimum değerine göre normalize edilmiş hali	
Işık Enerjisi	Q	lümen saniye	lm.s	Algılanan ışık enerjisi (ışık miktarı)	1J(joule)=683 lm.s

3.5 Katı Açı

Bir nesnenin 3 boyutta kapladığı alanı belirlemek için kullanılır. Gözlemciye göre uzaydaki gözlediği cismin boyutunun kıyaslanabilmesini sağlar. Güneş ve Ay arasında çok büyük boyut farkı olmasına rağmen uzayda kapladıkları alanlar yani gözümüze göre katı açı miktarı neredeyse eşittir. Katı açı küre yüzeyine dik bir noktada birleşen iki doğrunun küre yüzeyinde kapladığı alanın yarıçapının karesine oranı ile hesaplanmaktadır. Birimi steradyan'dır.



Şekil 3.6: Küresel koordinat sisteminde açı tanımlamaları ve katı açı [1].

Şekil (3.6)'de görüldüğü gibi yarıçapı r olan bir kürenin A kadar yüzeyinin alanı gören katı açı;

$$\Omega = s/r^2 \quad (3.6)$$

olarak tanımlanır. Küresel koordinatlarda A kadar yüzey alanını gören katı açının diferansiyeli;

$$d\Omega = \frac{ds}{r^2} = (rd\theta)(r \sin \theta d\varphi)/r^2 \quad (3.7)$$

ile tanımlanabilir. Bu ifadenin integrali alınırsa herhangi bir yüzeyi gören katı açı hesaplanabilir.

$$\Omega = \int \int \sin \theta d\theta d\varphi \quad (3.8)$$

Tam bir küreyi gösteren katı açı 4π steradyandır.

3.6 Kandela

Latince candela sözcüğünden İngilizceye candle, Türkçemize de kandil olarak geçen sözcük, bilim insanları tarafından dünya genelinde candela olarak kabul görmüştür. Yedi temel büyüklükten biri olan ışık şiddetinin birimidir. Candela 555 nm dalga boyunda monokromatik (tekrenkli) yayılımı yapan bir kaynaktan ışığın yayıldığı herhangi bir yönde

birim katı açılı başına yayılan 1/683 Wattlık (1/683 W/sr) yayılım şiddetine eşdeğer ışık şiddetidir. Radyometride kullanılan Watt, fotometride eş değeri olarak kullanılan lümen cinsinden ise şöyle tanımlanabilir; bir kandela şiddetinde yayılım yapan bir kaynak her yönde (eş yönlü yani izotropik) steradyan başına bir lümen ışık yayar [3].

3.7 Işık Etkinliği ve Verimliliği

Işık kaynağının harcadığı güç başına ürettiği görünür bölgede ışık miktarına oranı ışık kaynağının etkinliği olarak tanımlanır. (lm/W) ışık verimliliği ise denklem (3.9)' da verilmiştir.

$$\text{Işık verimliliği} = (\text{Işık etkinliği} / 683) \times 100 \quad (3.9)$$

Dış aydınlatma armatürlerinin etkinlikleri ve verimlilikleri Çizelge (3.3)' de görülmektedir.

Çizelge 3.3: Lamba cinsleri ve verimlilikleri

Lamba Cinsi	Işık Etkinliği (lm/W)	Işık Verimliliği (%)
Akkor	7-12	1-2
Tungsten Halojen	12-20	2-3
Floresan	45-100	6-15
LED	20-100-200	3-15-29
Metal Halide	90-135	13-20
TB Sodyum	85-150	12-22
DB Sodyum	100-200	15-29
İdeal Kaynak (555 nm)	683	100

3.8 Nemin Atmosferdeki Işık Saçılmasına Etkisi

Gökyüzüne baktığımızda aslında geçmişini görürüz. İncelediğimiz gök cismi bizden ne kadar uzaksa ışığı bize o kadar geç gelir ve ışık şiddeti uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalır. Bu zayıf ışıkları gözleyebilmek için karanlık, nemsiz ve hava kirliliği olmayan yerlere ihtiyacımız vardır [21].

Doğal veya yapay aydınlatmalardan yayılan ışığın toz parçacıkları, gaz molekülleri ve bulutlardan saçılarak yeryüzüne geri yansması sonucu oluşan gökyüzündeki parlaklığa gök parlaması denir. Çalışmamızda kullandığımız SQM cihazı ile ölçülen değerlerin, atmosferdeki moleküllerden saçılarak yeryüzüne doğru yönelen ışık miktarı olduğunun düşünürsek atmosferik saçılma ve atmosferik saçılmayı etkileyen önemli etkenlerden birisi olan nem faktörünün çalışmamıza etkisini incelemek önem arz etmektedir.

Nem dışında birçok faktör atmosferden gökyüzüne doğru saçılan ışık miktarını etkilemektedir. Çalışmamızda nem dışında saçılmayı etkileyen diğer faktörler ihmal edilerek farklı tarihlerde (farklı nem değerlerinde) aynı lokasyonda SQM cihazı ile yapılan gök parlaklık değerlerinin mukayese edilmesi ve sonuçların nem ile ilişkilendirilmesi yapılmıştır.

3.8.1 Aerosol parçacıkları ve nem

Aerosol, bir gazdaki katı veya sıvı parçacıkların bir süspansiyon sistemi olarak tanımlanır. Bir aerosol, hem partikülleri hem de havada asılı olan gazları absorbe ederek oluşur [22]. Atmosferik aerosoller, Dünya'nın radyasyon düzeyini hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkiler. Doğrudan etkide, aerosoller, Dünya-atmosfer sisteminin ışıyım dengesini değiştirerek güneş ışığını saçar ve absorbe eder. Aerosoller, mikrofiziksel ve ışıyım özelliklerinin yanı sıra su içeriğini ve bulutların ömrünü değiştirerek Dünya'nın radyasyon düzeyini dolaylı olarak etkiler. Bağlı nem (RH), aerosol parçacıklarının su içeriğini değiştirir. Atmosfer koşullarında, aerosol parçacıkları bağlı nem (RH) etkisinden dolayı higroskopik (bir maddenin içinde bulunduğu ortamdaki su moleküllerini difüzyon veya çeperinde yoğunlaştırma yöntemi ile azaltabilme yeteneği) büyüme yaşar [23].

Atmosferle temas halindeki tüm katılar, yüzey katmanlarındaki tatmin edici olmayan moleküler kuvvetler nedeniyle atmosferdeki gazların bir kısmını yüzeylerine çekerler. Yoğunlaşabilir gazlar en büyük miktarlarda adsorbe edilir, bu nedenle düşük bağlı nemlerde bile aerosol partiküllerinde bir miktar su buharı bulunur [44]. Çözünmüş gazların aerosol damlacıkları oluşturma olasılığı da yüksektir. Örneğin yüzey enerjisi 276 erg / cm olan sodyum klorür. Sodyum klorürün her molekülün kapladığı su buharına 25 ° C'de ve % 30 bağlı nemde, ortalama 1.42 molekül kalınlığında bir su tabakası ile kaplanacaktır. Bu nedenle, kuru iken 0.05 t ~ çapındaki tek bir NaCl partikülünün, adsorbe edilmiş su nedeniyle boyut olarak yaklaşık 0.001'u veya yaklaşık % 2 artacağı tahmin edilmektedir.

Artan neme maruz kalan higroskopik partiküllerin belirtilen davranışı, düşük nispi nemlerde birkaç moleküler katmana varan nemi adsorbe etmektir; nem arttıkça çözünmesi, doymuş damlacıklar haline gelmesi ve aynı zamanda ani bir boyut artışına uğraması nemin artışına devam etmesi durumunda molekülün hacmini arttırması ve yoğunluğunun azalması beklenir.

Islak aerosol parçacıkları kuru eşdeğerlerinden daha büyüktür. Aeorolün fiziksel özellikleri optik özelliklerinde değişimler meydana getirir. Optik özellikleri, özellikle aerosol ışık saçılımı - bu nedenle ortamın bağıl nemine (RH) büyük ölçüde bağlıdır. Moleküller ile etkileşen ışığın elektrik alanının etkisi ile polarizasyonunda salınım hareketleri meydana gelmesi sonucu moleküllerden yayılır. Frekans kaymaları, açılma dağılımı, saçılan ışığın şiddeti, polarizasyonu, saçıcı maddedeki molekül etkileşimleri, şekil ve büyüklük tarafından belirlenir [24]. Bağıl nem (RH), aerosol parçacıklarının su içeriğini etkiler ve bu nedenle parçacıkların görünür ışığı dağıtma yeteneği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Nem etkisi ile büyüyen aeorol parçacıkları daha fazla ışığı saçır veya absorbe eder. Uzun süreli gözlemlerin yerinde ışık saçılım ölçümleri genellikle kuru koşullar altında ($RH > \%30-40$) gerçekleştirilir [25].

3.8.2 Aerosol parçacıkları ve saçılma

Işık kaynağından çıkan dalga boylarının atmosferi oluşturan moleküller ile etkileşimi sonucu ilerleme doğrultularının değişmesi olayına saçılma denir. Saçılmanın atmosfer sıcaklığına bir etkisi yoktur çünkü saçılma boyunca enerji korunur. Havayı oluşturan bileşenler, toz zerrecikleri, su molekülleri, kirletici gazlar bu maddelerin süspansiyonu olarak tanımlanan aerosol parçacıkları saçılmaya neden olan öğelerdir. Saçıcı moleküller kısa dalga boylu ışıkları daha fazla saçılmaya uğrattıkları bilinmektedir (Gökyüzünün mavi renkte görünmesi).

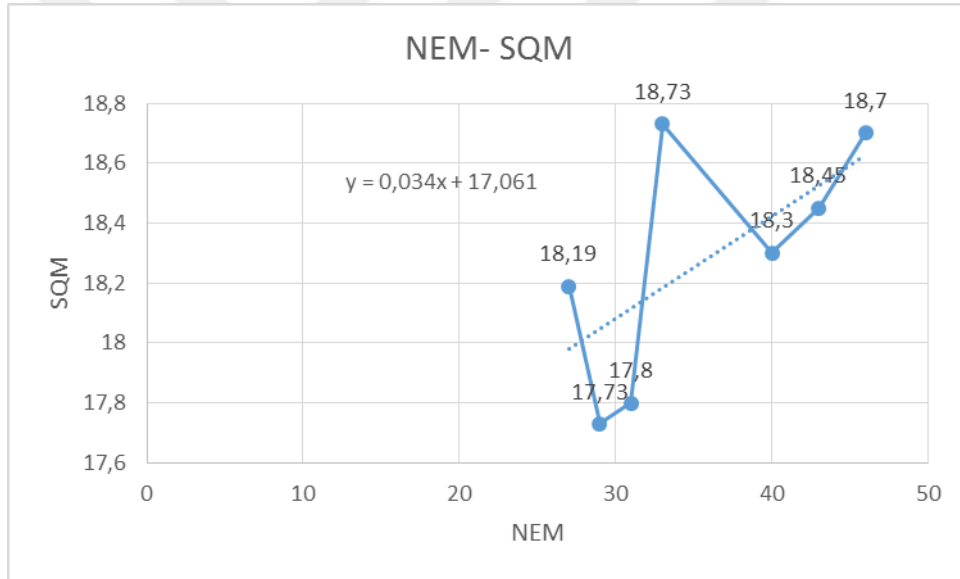
Saçılma olaylarında kısa dalga boylarının seçilmesi olayına Rayleigh saçılması denir. Atmosferde bulunan oksijen ve azot molekülleri seçici saçıcılar olarak bilinir. Atmosferde nemin yükselmesi çözünen parçacık sayısını arttıracaktır parçacıklar nemin etkisiyle zamanla hacmini arttıracaklardır. Nemin artması havada (çözünmüş madde miktarının) pusun artmasına sebebiyet verir. Gökyüzünün rengi saçılmanın bir sonucudur gökyüzünün beyaz görünmesi (pus) saçılmanın çok fazla gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Gökyüzünün rengine meydana gelen değişiklikler atmosferde asılı kalan parçacıkların

saçılma miktarını değiştirmesinden kaynaklanır. Bu nedenle gökyüzünün rengi atmosferde asılı kalan parçacık sayısı hakkında bilgi verir.

3.8.3 Görüş ve nem

Atmosferde, ışığın parçacıklar tarafından saçılması hem belirli bir nesneden alınan ışık miktarını azaltır hem de ışığı karanlık olacak alanlara yayarak arka plan kontrastını azaltır. (Sisli gece farlardan gelen ışık üzerindeki etkisi, saçılmanın kontrastları ve dolayısıyla görünürlüğü keskin bir şekilde azaltma durumuna iyi bir örnektir). Zayıf görüş ve yüksek nem arasındaki ilişki, insanlar tarafından çıplak gözle de tespit edilebilir. Işık saçılması, dolayısıyla görünürlük hem mevcut aerosol kirliliğinin miktarı hem de havanın bağıl nemi ile ilgilidir [26].

3.8.4 Işık kirliliğine nemin etkisi



Şekil 3.7: Nem ve SQM Okumaları Arasındaki İlişki.

- Aynı konumda, aynı saat aralığında farklı günlerde yapılan SQM okumaları ve Malatya Meteoroloji Müdürlüğünden alınan bağıl nem verileri ilişkilendirilerek şekil (3.7)'de görülen grafik elde edilmiştir. Farklı nem değerlerinde aynı konumdan okunan SQM değerleri karşılaştırıldığında;
- Grafikte kırılmalar (istisna veriler) gözlenirse de nem artışı ile gökyüzü parlaklığında artış gözlenmiştir.

- Nem ile gökyüzü parlaklığı doğru orantılı şekilde arttığı kabul edilir ise SQM okumaları ve nem değerleri arasında $y=0,034x + 17,061$ şeklinde lineer bir bağıntı elde edilir.
- Grafikten elde edilen eğim yaklaşık % 3 tür.
- Işık saçılımı ölçümleri veya görünürlük belirlemeleri yapılırken nem dikkate alınmalıdır.
- Doğal olarak oluşan aerosoller tarafından saçılan ışık, aerosole bağlı olarak %50 veya daha düşük bağıl nemlerde artmaya başlayabilir.
- Işık saçan parçacık sayılarında da nemden etkilenir ve farklı nemlerde higroskopik parçacıkları farklı sayılarda ve farklı boyuttadır.
- Bağıl nem (RH) değerinde saçılan ışığın oranı, o aerosolde bulunan suda çözünür bileşenler hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir [27].
- Işığın yeryüzüne doğru saçılmasını etkileyen birçok etken ihmal edilip, Malatya ili ve çevresinde nemin ışık kirliliğine etkisi yaklaşık %3 olarak hesaplanmıştır.
- SQM değerleri yeryüzüne doğru saçılan ışık miktarı olduğundan saçılmayı etkileyen önemli faktörlerden biri olan aerosol içeriğinin tespiti ve saçılmaya etkisi incelenmemiştir.

4. IŞIK KİRLİLİĞİNİN ÖNEMİ VE OLUMSUZ ETKİLERİ

4.1 Işık Kirliliğinin Zararları ve Doğal Hayata Etkileri

Nasıl ki hava kirliliği, su kirliliği doğal yaşamı ve canlıları olumsuz yönde etkiliyor ise, son zamanlarda Dünyada en hızlı büyüyen kirlilik çeşitlerinden biri olan ışık kirliliğinin de canlılar ve doğal yaşam üzerine birçok olumsuz etkisi bulunduğu ışık kirliliği farkındalığının artması ile birlikte yapılan bilimsel çalışmalarla ispatlanmakta ve bu etkilerin azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır.

4.1.1 Işık kirliliğinin insan yaşamı üzerindeki etkisi

İnsanlar yaratılışları gereği gece ve gündüze karşı farklı davranışlar göstermekte, bu davranışları ise hormonlar ile kontrol edilmektedir. Gece ve gündüz arasındaki en önemli fark ışık seviyesindeki değişimdir ve insan vücudu bu ışık seviyesindeki değişime melatonin hormonunun salgılanması ile tepki vermektedir. Melatonin hormonunun gece belirli saat aralıkların da (23.00-05.00) salgılandığı bilinmektedir. Işık seviyesi bu hormonun salgılanma miktarında doğrudan etkilidir. Bu hormonun insanlardaki en temel görevi, vücudun biyolojik zamanını ayarlaması ve yapı taşları olan hücrelerde koruyucu kalkan görevi görmesidir. Bu hormonun az salgılanması veya salgılanmaması, insanın biyolojik zamanlamasının bozulması sonucu uykusuzluğa, stres seviyesinin artmasına ve bunlara bağlı olarak birçok hastalığa açık hale gelmesine neden olmaktadır. Işık seviyesiyle ters orantılı olarak salgılanan melatonin hormonu seviyesindeki azalma, insan hücrelerini korumasız bir hale getirip bağışıklık sistemini zayıflatmaya ve hücre yapısında hasarlar meydana gelmesine yol açmaktadır. Hücrelerde meydana gelebilecek kalıcı hasarlar, birçok kanser çeşidine sebebiyet vermektedir. Işık seviyesinin fazla olduğu ortamlarda yaşayan bayanlarda göğüs, erkeklerde ise prostat kanseri miktarında hızlı bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda yalnızca kanser değil, ışık kirliliğinin artması stres seviyesinde artışa neden olur stres, vücudun sirkadiyen ritminin bozulması, cilt lekelerinde artış cilt kanserine kadar ilerleyen bir süreç, bağışıklık

seviyesinin azalması ve göz kusurlarını arttırma, diyabet, hiper tansiyon gibi hastalıkları arttırıcı etkisinin olduğu görülmektedir [28].

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda vücudun tamamının değil gözlerin gece ışık ile temas etmemesinin, yukarda bahsettiğimiz olumsuz etkilerden korunmada önemli ölçüde etkili olacağı bulunmuştur.

Gece aşırı ışığın olumsuz etkileri olduğu gibi, gündüz fazla Güneş ışığında kalmak da cilt üzerinde kansere varacak kadar büyük hasarlar bırakabilmektedir.

Işık kirliliğinin yayalar ve sürücüler üzerinde geçici görme kaybına varacak kadar birçok olumsuz etkisi olduğu bilinmektedir ve bu etkilerin azaltılması için otoyollarda gidiş ve dönüş yollarını ayıran refüjlerin ağaçlandırılması ve yansıtıcı yüzeylerin azaltılması önemlidir.

4.1.2 Işık kirliliğinin doğal yaşam üzerindeki etkisi

Ekolojik dengenin etkilenmesi doğa ve canlı varlığının sonunun gelmesine kadar uzanacak tehlikeli bir süreçtir. Doğal yaşama yapılan etki canlıların popülasyonları ve davranışları gibi birçok alanda tepki olarak dönüt verecektir.

4.1.2.1 Kuşlar

Kuzey yarımkürede, göç eden kuşların gökteki görüntüleri ve göç ederken çıkardıkları sesler, baharın gelişinin kesin bir işareti olarak kabul edilir. Sıcaklıkların artışı ve bitkilerin uyanışı doğaseverler ve açık hava meraklılarının mevsimlerin değiştiğini gözlemlmeleri açısından heyecan verici bir zamandır. Ancak kuşlar için göç, çoğu zaman ölümcül bir çabadır. Ölümünün en önemli sebebi, kışlama alanlarından yolculuğun sadece yorucu ve dinamik olması değil, aynı zamanda göç eden kuşlara habitat kaybı ve iklim değişikliği gibi birçok antropojenik tehditler ve insan yapımı yüksek binalar da çok önemli sebeplerindendir. Dünyada milyonlarca kuşun ölüm sebebi yüksek binalara çarpmalarıdır. Yüksek binaların geceleri ışıltılı görüntüleri, bir aydınlatma armatürü nasıl sinek vb. uçucuları kendine çekiyor ise, aynı şekilde kuşları çeker; bu da ölümcül çarpmalara neden olur.

Kuşların neden bu parlak ışıklı binalara ilgi duydukları üzerine araştırmalar devam etmektedir ve bilim adamlarının ışık kirliliğinin farklı türlerin spesifik biyolojisini ve ekolojisini nasıl etkilediği konusunda hala birçok sorusu bulunmaktadır. Bir araştırma ekibi yakın zamanda kuzeydoğu ABD'nin yüksek binalarının bulunduğu en parlak

bölgelerine yaklaştıkça kuş yoğunluğunun nasıl değiştiğini incelediler ve 200 kilometreye kadar bu şehirlere yaklaştıkça artan bir kuş yoğunluğu olduğu sonucuna ulaştılar. Bilimsel Raporlarda yakın zamanda yayınlanan bir başka çalışmada, ışık kirliliğinin 298 kuş türü üzerindeki farklı etkileri araştırıldı. Yazarlara göre, “Binalarla çarpışmalardan kaynaklanan kuş ölümlerinin binalardan gelen ışık emisyonları ile ilişkili olduğu iyi biliniyor, ancak bazı türlerin çarpışmaya diğerlerinden daha duyarlı olduğu sonucu görülmüştür; bu da ışık kirliliği ile kuşlar arasında türe özgü bir etki olduğunu göstermektedir. Göç güzergahında bulunan yerleşim merkezlerinde yaşayan halkın konu hakkında bilgilendirilmesi ve göç zamanları olan Mart'tan Mayıs'a ve Ağustos'tan Ekim'e kadar geçen süre zarfında ışıklarını 18:00 - 24:00 saatleri arasında gerektiği kadar kullanması ve ihtiyaç dışında kapalı tutması göçmen kuşların güzergahında bulunan yerleşimlerin bu konuya hassasiyet göstermesi, kuşların hayatını kurtarmak için önemli bir tedbirdir.



Şekil 4.1: Yüksek binalar çevresinde dolaşan göçmen kuşlar [29].

Işık kirliliği göçmen kuşlar için çok önemli bir tehdittir. Birçok yöntemden faydalanarak yönlerini bulan göçmen kuşlar için en etkili yöntem ışıktan faydalanmaktır. Göçmen kuşların göç esnasında yönlerini bulurken kullandıkları yöntemlerden en önemlisi, yeryüzünde belirli referansları tanımlarlarıdır. Göçmen kuşlar doğal ışık kaynakları olan Güneş, Ay, yıldızlardan gelen ışığı referans almaktadır. Gece gökyüzünün yapay aydınlatmalar ile aydınlatılması, göçmen kuşların yön bulurken kullandıkları referanslar açısından karmaşaya neden olmakta ve ulaşmak istedikleri lokasyona giderken kayıp

olmalarına sebebiyet vermektedir. Ayrıca uzak yerleşim merkezlerinin üzerindeki gök parlamaları göçmen kuşlar tarafından doğal ışık kaynağına benzetildiği için yanlış referans ile göç etmeye başladıklarından yönlerini kaybederler. Yapay aydınlatmaların kuşlar üzerindeki etkilerinden biri de geceleri bina camlarından yayılan ışınlar ve yakın binalardan gelen ışınların cam yüzeylerden yansyarak, kuşların zihninde ağaç dalları arasından geçen ışık hüzmelerinden yararlanarak yollarına devam etme hissi yaratması sonucu kuşların binalara çarparak yaralanmalarına veya ölmelerine sebebiyet vermektedir.



Şekil 4.2: Kuşlar gece dallar arasından süzülen ışık kümesini, hanelerden yayılan ışığa benzetir [30].

4.1.2.2 Böcekler

Böcekler sinir sistemine sahip olduklarından 24 saatlik gün çevrimine sahiptirler. Böcekler özellikle tarım arazileri, ormanlık alanlar, su birikintileri yakınlarında yaşamakta, bu alanlarda oluşan aydınlatmalar, yaşantısını devam ettirmek için karanlığa ihtiyaç duyan böcek türlerinin sayısında önemli ölçüde azalmaya veya nesillerinin yok olmasına sebebiyet verirken, diğer taraftan yaşantısını devam ettirmek için ışığa ihtiyaç duyan türlerin sayısında hızlı bir artışa neden olmaktadır. Böcekler, ışığa verdikleri tepkiye göre; gündüzcü, alaca karanlıkta faal, gececi türler olmak üzere 3'e ayrılırlar. Örneğin kurtçuklar gün batımından sonra bitkiler veya ağaç dallarındaki yaprakları tüketmeye başlarlar. Aşırı aydınlık ortamlarda avcılar tarafından seçilme ihtimalleri çok yüksektir ve açık av haline

gelmektedirler. Dişi ateş böcekleri yaydıkları ışık ile erkeklerini etkilemektedir. Aşırı aydınlanma olan bölgelerde yaydıkları ışıklar erkek ateş böcekleri tarafından algılanamayacağı için aydınlık bölgelerde üreme hızlarında büyük düşüşler görülmektedir. Işık, gelişim sürecinde olan böceklerin gelişimlerini de türlerine göre olumlu ya da olumsuz olarak etkilemektedir. [31]

4.1.2.3 Amfibiler

Amfibiler orman ve su ekosistemlerinin önemli bir parçasıdır ve çevresel değişikliklere karşı çok hassastırlar. Örneğin, derileri nedeniyle kimyasal kirleticilerden etkilenirler. Işık kirliliği, amfibilerin küresel olarak azalmasına önemli katkılar sağlamıştır, çünkü birçok amfibi gece aktiftir veya ışıkla düzenlenmiş biyolojik ritimlere sahiptir. Melatonin, fotoperiyotlar tarafından düzenlenen bir ana hormondur (sadece karanlık dönemlerde üretilir). Amfibiler üzerindeki ışık seviyelerini veya ışığın spektral özelliklerinin değiştirilmesinin kaplan semenderlerinde (*Ambystoma tigrinum*) plazma melatonin üzerindeki etkisini inceledi. Kaplan semenderlerinde sabit ışık altında melatonin üretimi azaldığı ve semenderin tiroid hormonlarını (metamorfozu sağlayan), gonad gelişimini, üreme davranışını, cilt rengini, termo regülasyonu ve karanlığa görsel olarak uyum sağlama yeteneğini etkilediği gözlenmiştir. Daha yakın tarihli bir laboratuvar araştırmasında Afrika pençeli kurbağa *Xenopus laevis* üzerinde çeşitli gece aydınlatmaları kullanıldı. Kurbağa yavrularının büyümesi ve başkalaşım üzerindeki etkisi incelendiğinde, artan karanlık seviyelerinin doğrudan daha fazla sayıda olgunlaşmış kurbağaya katkıda bulunduğu sonucuna ulaşıldı. Metamorfoz, sürekli ışıktaki olanlar için büyük ölçüde azalmıştır. Bu nedenle, gece düşük ışık seviyeleri (parlak Ay ışığı veya insan yapımı ışıklar gibi) bile başkalaşımı geciktirebilir. Araştırmacılar, doğal ortam aydınlatmasına (Ay ışığı veya Ay ışığı olmadan) bakılmaksızın, yapay ışıklı tedavide kontrollere kıyasla erkeklerin çağrı sayısının azaldığını ve erkeklerin hareketlerinin arttığını buldular. Erkekler tarafından yapılan çağrı sayısındaki azalma, dişilerin eşlerinin seçimini (eş seçimi) etkileyebilir. Uzun süreli ve yaygın bir etki, yapay gece aydınlatmasına maruz kalan kurbağaların nüfus dinamiklerinde değişikliklere neden olmaktadır.

Artık Dünyanın çok büyük bir bölümünde kaçınılmaz olan sürekli aydınlatma yüzünden araştırmacılar endişelidir. Sürekli aydınlatmanın, başka faktörlerle birlikte birçok amfibinin yok olmasına neden olabileceğini düşünüyorlar.

Son 20 yılda amfibiyanların yok olmaya başlamasıyla ilgili olarak bulgularımız, birbiriyle etkileşime giren stres faktörleri yani kimyasal kirlilik bir hayvanı hastalıklara daha açık hale getiriyor olabilir ve bu durumda popülasyonlarının azalmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Son zamanlarda yapılan çalışmaların sonuçlarına göre ışıklandırılmış sosyal alanlar civarında bulunan kurbağaların çiftleşme dönemini yaşamadıkları, Yapay ışık kara kurbağalarının davranışlarını tuhaflaştırdığı geceleri daha aktif hale getirdiği ve büyümelerinin yavaşladığı gözlemlenmiş, deneyin sonunda yaklaşık %15 daha küçük boyutta oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Aydınlığa maruz bırakılan karakurbağalarındaki yavaş büyüme, muhtemelen hiç dinlenmeye fırsat bulamadıkları 24 saatlik yaşam tarzının ve büyümek için gerekli enerjinin bu yaşam tarzına uyum sağlamak için harcanmasının bir sonucu olduğu düşünülebilir [32].

4.1.3 Deniz yaşamı ve balıklar

4.1.3.1 Balıklar

Işık kirliliğinin deniz canlıları üzerinde de birçok olumsuz etkisi görülmüştür. Balık çeşitlerinin ışık ile etkileşimi ışığın şiddetine, balığın cinsine göre değişmektedir. Max Planck İnsani Gelişme Enstitüsü araştırmacıları tarafından yürütülen davranışsal bir araştırmaya göre, geceleri yapay ışık etkisindeki balıklar gündüzleri daha cesur davranışlar sergilemektedir. Geceleri balıkları yapay ışığa maruz bırakmanın sonucunda hareketli ve cesur olan balıkların gece boyunca daha aktif hale geldiği, aynı zamanda saklanma yerlerinden daha hızlı ortaya çıkmaları sonucu yırtıcılara maruz kalma ihtimallerinin arttığı görülmüştür. Ancak, gece aydınlatması gün içinde yüzme hızlarını veya sosyal davranışlarını etkilememiştir. Çalışmanın başyazarı Ralf Kurvers, *"Gece ışığının balıklarda stres tepkisine neden olduğundan şüpheleniyoruz ve balık genellikle stres yaşarken risk alma ihtimali arttırıyor."* demektedir [33] [34]. Aşırı ışıpta fazla hareket eden balıklar üreme için harcayacakları enerjiyi hareket ederek harcadıklarından, popülasyonlarında azalma meydana gelmektedir. Balıkların türlerine göre ışığa verdiği tepkiler değişmektedir. Bazı su yüzeyleri aydınlatılarak balıkların bu bölgelere çekilip avlanmaları sağlanırken, ışık olan ortamdan uzaklaşan balıklarda ise aydınlatılan bölgenin zıt tarafına avlama mekanizmaları kurularak balık avlanmasında ışık etkili şekilde kullanılmaktadır. Özellikle somon balığının avlanmasında ışık etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

4.1.3.2 Mercanlar

Deniz mercanları üreme olasılıklarını arttırmak için yılda sadece bir kez ve bir gün üreme sürecine başlamaktadır. Bu süreçte eş zamanlı ve kitlesel olarak sperm ve yumurta salmaktadırlar. Kitlesel olarak aynı anda gerçekleşen bu olayı bünyelerinde bulundurdıkları G protein adını verdiğimiz proteinler sperm ve yumurta salma zamanlamasında belirleyici emri deniz mercanlarına vermektedir. Güneş ışığı, Ay ışığı gelgit olayları kitlesel olarak yapılan bu eylemde eş zamanlılığı belirleyici olmaktadır. Işık seviyesinden etkilenmesine göre G proteini salgılanmakta olan mercanların yılda bir kez kitlesel olarak meydana getirdikleri bu eylem, yapay aydınlatma olan yerlerde farklı zamanlarda sperm ve yumurta salınımını sağlayacak ve üreme olasılığını azaltacaktır [35]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda aşırı aydınlatmanın olduğu ve tamamen karanlık alanlarda bırakılan deniz mercanlarının çalışma süresi boyunca sperm ve yumurta salmadıkları gözlemlenmiştir. Işık kirliliğinin mercanlar ve buna benzer birçok deniz canlısının nesillerinin devamlılığını olumsuz etkilediği aşikârdır.

Gece yapay ışık kirliliği altındaki kızıl deniz mercanlarının oksidatif strese ve fotosentetik bozulmaya maruz kaldıkları bilinmektedir. Ayalon ve Levy bu etkiyi azaltmak için yaptıkları deneylerini sarı, mavi ve beyaz LED'ler kullanarak tekrarladığında, sarı ışığın etkilerinin daha az olduğunu buldular. Belki de sahil bölgelerinde daha mercan dostu ışıklar kullanılabilir. Daha da iyisi, insanlar mercanlara ihtiyaç duydukları karanlığı vermenin yollarını bulabilirler [36]. Mercan resifleri, gezegendeki en çeşitli deniz ekosistemini temsil ediyor, ancak artan küresel ve yerel stres faktörlerinin bir kombinasyonu nedeniyle benzeri görülmemiş bir düşüş yaşıyorlar. Bu stres faktörlerini araştıran çalışmaların zenginliğine rağmen, Geceleri Yapay Işık Kirliliğinin, davranışları bozma potansiyeline rağmen mercan resifleri bağlamında çok az ilgi gören yeni bir tehdidi temsil etmektedir. Skleractin mercanları, davranış, üreme ve fizyoloji gibi biyolojik ritimlerini senkronize etmek için Aydan gelen ışıktan faydalanır. Bununla birlikte, ışık kirliliği bu biyolojik ritimlerin sürecini maskeleyebilir ve senkronizasyonun bozulmasına yol açabilir. Işık kirliliğinin mercan fizyolojisini etkileyip etkilemediğini ortaya çıkarmak için, ışık kirliliğinin fazla olduğu Eilat / Akabe Körfezi'nden Akropora eurytoma ve Pocillopora damicornis adlı iki mercan türü incelenmiştir. Işık kirliliğine maruz kalan mercanların oksidatif bir stres durumu ile karşı karşıya kaldıklarını, elektron taşıma hızı (ETR) ile ölçülen daha düşük fotosentez performanslarının yanı sıra klorofil ve yosun yoğunluğu parametrelerindeki değişiklikleri gösterdiğini ortaya koydu. Mavi ve beyaz

renkli LED'ler sarı renklere oranla mercanlar üzerinde daha olumsuz sonuçlar doğurmuştur.

4.1.4 Memeliler- Sürüngenler

Işığın fazla ya da eksik olması hayvanların doğal dengesini ve gece gündüz döngüsünü etkilemektedir. Özellikle yapay aydınlatmalar gece ışığı kullanarak yön bulan hayvanlar için birçok olumsuz etkiye sahiptir.

4.1.4.1 Deniz kaplumbağaları

Yapay aydınlatma sistemlerinin varlığı nedeni ile oluşan ışık kirliliği çoğu deniz canlısının yumurtlama davranışlarında sorunlar meydana getirmektedir. Çoğu deniz canlısı gibi deniz kaplumbağalarının da yapay aydınlatmalardan olumsuz etkilendikleri ve deniz kaplumbağalarının yumurtlamak için karanlık ortama ihtiyaç duydukları bilinmektedir. Yapay aydınlatmanın fazla olduğu sahillerde yumurta bırakacak alan bulamamaktadırlar. Yapay aydınlatmanın etkisinde olan bölgelerde yumurtalardan çıkan yavru kaplumbağalar, denize ulaşmak için yön tayininde bulunurken karanlıkta kara ile deniz arasındaki aydınlık farkından yararlanmaktadırlar. Sahile yakın yerleşim merkezlerinde yapılan aşırı aydınlatma sebebi ile kaplumbağalar deniz yerine aydınlatma cihazı yönünde hareket etmeye başlamakta, denizden uzaklaştıkları için tekrar denize insanlar tarafından götürülmediği sürece yabani hayvanlara açık hedef olacaklarından ölümleri kaçınılmaz son olacaktır [37].

4.1.4.2 Uçan omurgasızlar

Uçan omurgasızlar olarak bilinen sinek türleri, kelebek, güve gibi hayvanları ışığın cezbedtiğini gece açık havada aydınlatma kaynaklarının etrafında toplanmalarından ve ışık kaynağının etrafında sürekli dolaşmalarından bilmekteyiz. Uçan omurgasızların sürekli aydınlatma kaynağının etrafında amaçsızca dönmesi yani üreme, göç etme gibi eylemler için harcamaları gereken enerjiyi heba etmesi, enerjisiz kalmaları ve kolay av olmalarını sağlamakta ve sayıları hızla azalmaktadır.

Besin zincirinin en altında bulunan bu canlıların sayılarının azalması besin zincirinin ikinci sırasında bulunan ve uçan omurgasızlar ile beslenen canlı sayısının da azalmasına sebep olacak, beslenme zincirinin tüm basamaklarının birbirini etkilemesini sağlayacaktır.

Bir diğerk taraftan uçan omurgasızlar gece bitkilerde tozlaşmayı sağlayan canlılardır. Yapay aydınlatma sebebi ile uçan omurgasızların sayısının azalması nedeni ile taşınamayan polen miktarını gündüz polen taşıyıcıları tarafından kapatılmayacak kadar büyüktür.

4.2 Bitkiler

Bitkiler ışığa en çok ihtiyaç duyan canlılardandır. Yapay ışığın doğru şiddette, doğru açıda, doğru renkte ve zamanda ayarlandığında bitkiler için Güneş ışığına yakın verimde faydalanıldığı bilinmektedir. Işık bitkilerde fotosentez olayının gerçekleşmesinde olmazsa olmazdır. Bitkilerin büyüme, yönelme ve birçok fizyolojik sürecinde ışığın etkisi çok büyüktür. Üzerine düşen ışık miktarı farklılıklar gösteren bitkide eşit bir gelişim gözlenmemekte, ışık şiddetinin fazla olduğu bölgede yeni oluşan sürgünlerin artışı ve bitki gövdesinin ışık şiddetinin fazla olduğu tarafa yönlendiğı gözlemlenmiştir. [31]'a göre; ‘*Fazla ışık olan yerlerde yetişen bitkiler morfolojik (bitki sapında kalınlaşma, internod (boğum arası) kısalması, dallanmada artış, kütikula ve hücre çeperinde kalınlaşma, köklerde uzama vb. ve fizyolojik klorofil miktarında azalma, respirasyon (solunum) artışı, transpirasyon artışı, tuz oranı ve osmatik basınçta artış, erken çiçeklenme vb.) özelliklerinde değişiklikler göstermelerine sebep olmuştur*’. Bitkiler besin zincirinde önemli yer tuttıkları, bitkilerde polen taşınması olamaz ise hayatın sonunun geleceğı aşikârdır. Işık kirliliğı sadece polen taşıma görevini yerine getiren canlı sayısını azaltarak bitki çeşitliliğinin azalması gibi dolaylı bir yoldan bitkileri etkilemez.

Gece sürekli şekilde ışık etkisinde kalan bitkilerin mevsiminden önce çiçek açması sonucu meyve vermemesi gibi sorunlar meydana gelmektedir. Işık etkisinde kalan ağaçlarda yaprak dökme süresinde uzama görölmüştür [3].

4.3 Astronomi

Birçok insan için astronomi ile ilgili en büyük sevinç, karanlık bir gökyüzü altında göklere hayret ile bakmaktır. Son yapılan çalışmalara göre Dünyanın büyük kısmı Samanyolu Galaksisini görememektedir. Dünyada birçok gözlemevi ışık kirliliğinin etkisini azaltmak için yaşam alanlarından uzak karanlık bölgelerde inşa edilmektedir. Gelişen şehirler bazı gözlemevlerine doğru genişleyerek gözlemevlerinin işlevlerini azaltmaktadır. Bilimsel çalışmalarını gözlemevlerindeki gözlemler ile ilerleten astronomlar için ışık kirliliğı en önemli tehdittir. Profesyonel olarak astronomi ile ilgilenen astronomlar dışında, son

zamanlarda insanlarda gök cisimleri ile ilgili merak artışı ile orantılı olarak artan amatör astronomi ile ilgilenen kişilerin de gökyüzünü izleme özgürlüklerini olumsuz etkilemektedir. Astronomlar için tek veri gök cisimlerinden gelen ışıktır. Işık kirliliği yeryüzü astronomi istasyonlarında bulunan teleskopları, gök cisimlerinden gelen ışığa karşı köreltir. Bu nedenle gözlemevlerine yakın yerlerde kentleşmenin önlenmesi gerekmektedir. Önlenemiyor ise gözlemevlerine yakın yerleşim merkezlerinde gök bilimciler tarafından filtrelenebilen Düşük Basıncılı Sodyum lambalar kullanılmalıdır. Teknolojinin gelişmesi uzay teleskoplarının sayısını arttırmıştır. Büyük çaplı bilimsel çalışmalarda uzay teleskoplarının kullanılması ışık kirliliğinin etkisini azaltmıştır.

4.4 Enerji

Dünyada teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması ile birlikte enerji ihtiyacı da hızla artmaktadır. Doğal enerji kaynaklarından enerji ihtiyacını karşılamanın en kolay yollardan biri olması nedeni ile Dünyada doğal enerji kaynaklarını ele geçirmek için devletler arasında savaşlar çıkmakta, doğal enerji kaynaklarının satışı ile elde edilecek gelirlerin Dünya ekonomisindeki yeri yadsınamaz büyüklüktedir. Elektrik, doğalgaz veya kömür harcanarak üretilen termik santrallerde veya hidroelektrik santrallerinden elde edilir. Doğal kaynakların harcanması ile üretilen elektriğin boşa harcanmasının en etkili yollarından biri boşa aydınlatmaya kullanılmasıdır. Işık kirliliği doğal enerji kaynaklarının boşa harcanmasının önemli yollarından bir tanesidir.

Türkiye’de Dünyada olduğu gibi enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır ve Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre 2019 yılı Ocak ayı itibari ile geçen yıla göre 0,75 artarak 292 milyar 171 milyon 619 bin kilowattsaat olmuştur. Harcanan elektriğin yaklaşık olarak yüzde beşi aydınlatma için kullanılmakta ve aydınlatmada kullanılan enerjinin yaklaşık yüzde 30’u boşa gittiği düşünüldüğünde israf edilen enerjinin ülke ekonomisine büyük yük getirdiği yadsınamaz bir gerçektir. Bazı pilot bölgelerde bu değerlerin düşürülmesi için LED sokak aydınlatmaları kullanılmıştır. Bu önlem aydınlatmayı ekonomik olarak ucuzlatsa da LED aydınlatma sistemleri gök parlamasına olumsuz etkiler yapmaktadır.

Çalışmamızda Malatya il merkezi ve etrafında aydınlatma amacıyla boşa giden enerji ve il ekonomisine etkisi detaylı bir şekilde ilerleyen bölümde açıklanacaktır.

4.5 Hava Kirliliği

Işık kirliliğinin hava kirliliği üzerine doğrudan ve dolaylı yoldan etkisi bulunmaktadır. Dolaylı olarak etkisi; aydınlatmada kullanmak için üretilen elektrik için kömür, petrol, doğalgaz benzeri yakıtların yakılması sonucu açığa çıkan karbondioksit hava kirliliğine neden olmaktadır. Direk etkisi; Geceleri atmosferin karanlığı kullanarak kendi kendini temizleme özelliğini atmosfere doğru yayılan ışık karanlık seviyesini azalttığından önemli ölçüde etkilemekte ve ışık kirliliğine sebep olmaktadır. Gece atmosferde kirliliğin en önemli sebebi moleküller ile tepkimeye girerek oksitleyici etki yaratan nitrat (NO_3) ve diazot pentaoksit ($\text{N}_2 \text{O}_5$) gibi azot kökleridir. Azot kökleri zayıf bağlı moleküller olması sebebi ile üst yarı uzaya doğru yayılan ışıklar bu bağları koparmakta zorlanmazlar ve azot köklerini yok ederler. Yani yapay aydınlatmalar, vücudumuzda mikroplar ile savaşan lökositler gibi, atmosferi temizleyen savaşçı lökosit sayısını azaltmaktadır. Bu olay yapay aydınlatma kaynaklı ışığın taşıdığı enerjinin büyüklüğü ($h\nu$) ile ilişkili olarak iki tepkime ile açıklanabilir;



Denklem (4.1) ve Denklem (4.2)'den açığa çıkan NO'nun hava kirleticisi, NO_2 ise zehirli gaz olduğu bilinmektedir. Hava kirleticisi olarak bilinen NO (azot monoksit)' in sağlık sorunlarına yol açtığı bilinmektedir [3].

2010 yılında Los Angeles şehrinde yerden ve havadan gerçekleştirilen bir çalışmaya göre gece şehirlere yayılan ışık, Güneşten on bin kat daha küçük olduğu bilinmesine rağmen havanın temizlenme oranında %7 azalma, ertesi gün hava kirliliğinin %5 oranında artışına sebebiyet vermektedir [38]. Işık kirliliği hava kirliliğini arttıran önemli bir katalizörüdür.

4.6 Işık Kirliliğine Karşı Alınacak Önlemler

Hava, su, çevre kirliliği kadar dünyada popüler olmasa da ışık kirliliği de önemli kirlilik çeşitlerindendir ve önlenmesi için birçok önlem alınabilir. Bu önlemlerden en önemlisi insanların ışık kirliliği üzerine bilinçlendirilmesi ve ışık kirliliğine kamu politikalarında yer verilmesi ve gerekli önlemlerin yasalaştırılması olacaktır. Işık kirliliğinin azaltılmasında bireylerden belediyelere, dış aydınlatmadan sorumlu özel veya kamu kuruluşlarına kadar herkese görevler düşmektedir.

Işık kirliliği hakkında bilinçlendirmek amaçlı devlet eğitim politikalarında yer verilmelidir. Az enerji tüketerek çok aydınlatan lambalar tercih edilmelidir. Dış aydınlatmaları güvenlik sorunu olmayan bölgelerde ihtiyaç dışı zaman dilimlerinde hareket sensörü kullanarak hareket olan zamanlar aktif edilmelidir. Reklam panoları aydınlatmaları zamanlayıcı sensörler ile insan yoğunluğunun azaldığı gece saatlerinde pasif hale getirilmelidir. Aydınlatmalarda kullanılan armatürlerin tam perdeli ve aydınlatılacak bölgeye uygun seçilmesi gerekmektedir. Beyaz LED lambaları renk sıcaklıkları 3000 °K den küçük olan lambalar ile değiştirilmelidir.

4.7 Işık Kirliliği Ölçüm Yöntemleri

Işık kirliliği nedeniyle, birçok ilimizdeki gece gökyüzü, yıldızların aydınlattığı bir gökyüzünden yüzlerce kat daha parlaktır. Bu gökyüzü parıltısı yıldızları bizim görüşümüzden gizler ve Dünyadaki tüm yaşamın, kentsel gelişmeden yüzlerce kilometre uzakta bile doğal bir gece geçirmesini engeller.

Işık kirliliği sorununu çözmenin önemli bir parçası, büyüklüğü hakkında kapsamlı bir anlayışa sahip olmaktır ve bunu yapmanın harika bir yolu, gece gökyüzünün parlaklığını ölçmektir. Neyse ki, bu tür ölçümleri yapmak nispeten kolaydır ve yardımcı olabilirsiniz.

4.7.1 Gece gökyüzü parlaklığı ölçüm yöntemleri

Gece gökyüzü parlaklık ölçümleri yeryüzünden, havadan ve uzaydan olmak üzere üç yolla gerçekleştirilebilir.

Yerküreden gerçekleştirilen ölçümler aslında üst yarı uzaya doğru ilerleyen ışığın değil, atmosferik saçılmaya uğrayarak yer küreye doğrultusunda ilerleyen ışık miktarının ölçümüdür. Işıkolçer, CCD kamera, DSLR kamera ve SQM gibi cihazlar kullanılarak ufuk ile başucu arasında ölçümler yapılabilmektedir.

Havdan yapılan ölçümler: Yukarıda bahsedilen cihazların uçan araçlara monte edilmesi ile mümkün olmaktadır.

Uzaydan yapılan ölçümler: Dünyanın ışık kirliliği haritası çıkarılmasında büyük faydaları olan ölçümler, Dünya yörüngesine fırlatılan yüksek çözünürlüklü kameralar ile donatılmış uydular tarafından yapılır. Uydular tarafından çekilen fotoğraflar ve analizleri ışık kirliliği açısından önemli veriler ve sonuçlar meydana getirmiştir [3].

4.7.1.1 Ölçüm cihazı gök niteliği ölçeri – SQM

Sky ‘Gökyüzü Kalite Ölçer’ SQM cihazları. Dr. Doug Welch ve Anthony Tekatch tarafından tasarlanmıştır. Unihedron firması tarafından üretilmektedir. Gökbilimciler ve ışık kirliliği araştırmacıları tarafından kolayca ulaşılabilen uygun fiyatlı bir cihazdır. Gökyüzü parlaklık değeri ölçen mevcut aletler içerisinde pratik olmasının yanı sıra en iyisi olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda çok sayıda çalışmada kullanılmaktadır. SQM cihazı temel olarak sensör, kızılötesi filtre, lens ve her hava koşuluna dayanıklı ekrandan oluşur. SQM cihazı bir katı hal ışık-frekans dedektöründen (TAOS TSL237S) oluşmakta ve kısa dalga boyları için daha hassas ölçümler almaktadır. Çalışmamızda (SQM – Sky Quality Meter: Clear Sky Detector) cihazı ile ölçümler alınmıştır. Şekil (4.3)’de görüldüğü gibi cihaz USB bağlantısı ile dizüstü bilgisayarlara bağlantı kurularak farklı noktalardan alınan veriler kayıt altına alınır. (SQM – Sky Quality Meter: Clear Sky Detector) cihazı Şekil (4.3)’de görüldüğü gibi 20^0 lik koni biçiminde bölge ile sınırlı alan içerisine düşen, cihaz ile aynı doğrultuda yayılan dalga boylarını algılamaktadır. Koninin dışına düşen dalga boylarının cihazın okuduğu değer üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Cihaz tarafından okunan parlaklık büyüklükleri kadir/açısıaniye² birimindedir. Cihaz tarafından ölçülen parlaklık değerindeki 5 birimlik değişim, gökyüzü parlaklık değerinin 100 kat değiştiği anlamını taşımaktadır [39].



Şekil 4.3: Okumaların yapıldığı Gök Niteliği Ölçer (SQM) aleti [1].

Çizelge 4.1: SQM cihazından okunan değerlerin karşılık geldiği yerleşim yerleri şu şekildedir:

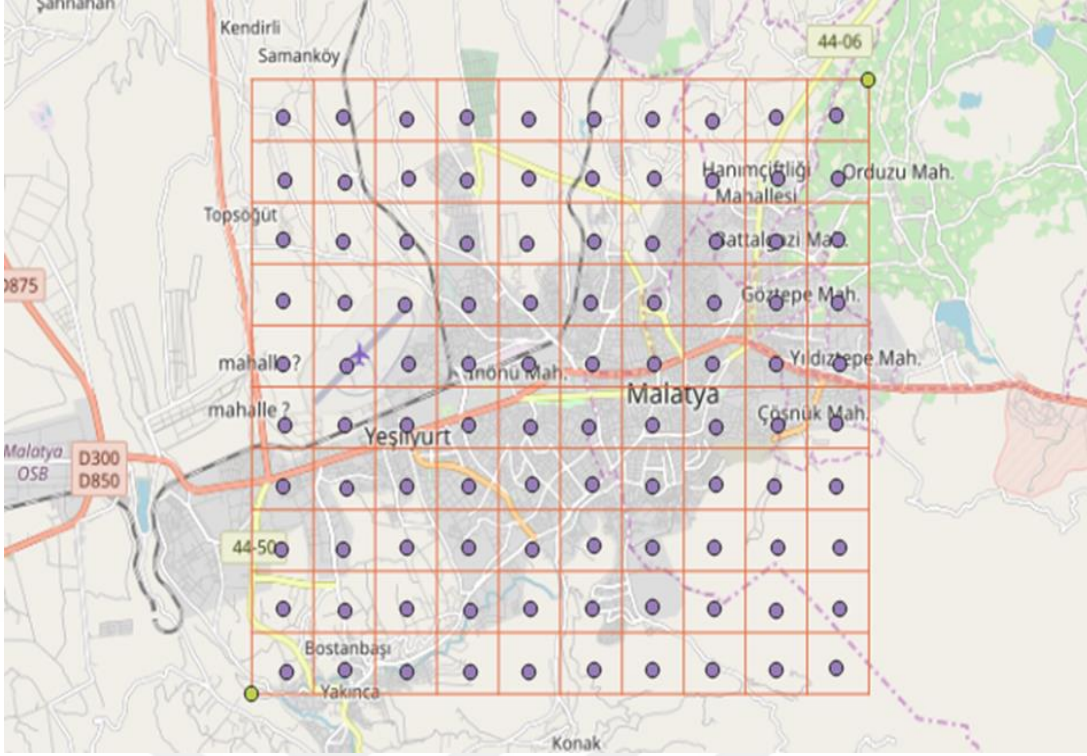
Sınıf	Açıklama	SQM (kadir/açısaniye ²)
1	Mükemmel (ideal) gökyüzü	21,7 – 22,0
2	Tipik karanlık gökyüzü	21,5 – 21,7
3	Kırsal	21,3 – 21,5
4	Kırsal/banliyö geçişi	20,4 – 21,3
5	Banliyö	19,1 – 20,4
6	Parlak banliyö	18,0 – 19,1
7	Banliyö/şehir geçişi	
8	Şehir	
9	Şehir merkezi	<18,0

5. PROJE ÇALIŞMALARI

Bu projede, Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerinde gece gökyüzü parlaklığı ölçümleri alınarak Malatya ilinin ışık kirliliği haritası çıkarılmış ve hatalı aydınlatma sebebi ile meydana gelen enerji kaybı hesaplanması için teorik ve pratik birçok çalışma yapılmıştır. Uygulanan yöntem; Karesel bölgelere ayırma, Veri elde etme (ölçüm alınarak) ve elde edilen veriler grafikler üzerine dökülerek, verilerin harita üzerine işlenmesi şeklinde özetlenebilir.

5.1 Yöntem

Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçeleri sınırları içerisinde kalan doğu-batı yönleri boyunca ~19 km ve kuzey-güney yönleri boyunca ~17 km uzunluğunda olan bölgeden ölçümler alabilmek için bölge Şekil (5.1)'de görüldüğü gibi yaklaşık olarak 2x2 km²'lik alanlara ayrılmıştır (kahverengi ızgara). Arazi şartlarının ve ışık kaynaklarının izin verdiği kadarıyla ölçümler, oluşturulan her karesel alanın ortasında (Şekil 5.1, mor noktalar) yapılmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.1: Malatya ili ve çalışma alanındaki $2 \times 2 \text{ km}^2$ 'lik kare alanlar, ölçüm yapılarak veri elde edilmek istenen her karesel bölgenin orta noktaları (mor noktalar).

Mümkün oldukça her bir karenin merkezine yakın koordinatlarda alınmaya çalışan ölçümler, özellikle gece ayın bulunmadığı tan dışında kalan ve insanların uyanık kaldığı ev aydınlatmalarını kullandıkları zaman dilimlerinde (20:30 ile 24:00 saatleri arasında) gerçekleştirilmiş ve alınan ölçümlerin koordinatları bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

Ölçümler alınır iken sokak aydınlatmaları, projektörler gibi güçlü aydınlatma kaynakları ve periyodik olarak yanıp sönen ışık kaynaklarının ölçümlere etkisini azaltmak için mümkün oldukça bu aydınlatma kaynaklarından uzak lokasyonlarda ölçümler alınmıştır. Binek araçların farlarının, hava araçlarının yanıp sönen aydınlatmalarının ve alıcıların üzerinde periyodik olarak yanıp sönen aydınlatmaların etki etmemesi için ölçümler alınırken uygun zaman kollanmalıdır. Gece gökyüzü parlaklığı (ışık kirliliği) ölçümleri alınırken göz önünde bulundurulması gereken detaylar Ek'de verilmiştir.

5.2 Ölçümler ve Haritalama

Toplam 85 (seksek beş) farklı konumda ölçüm alınarak ölçüm sonuçları bilgisayara kaydedilmiştir.



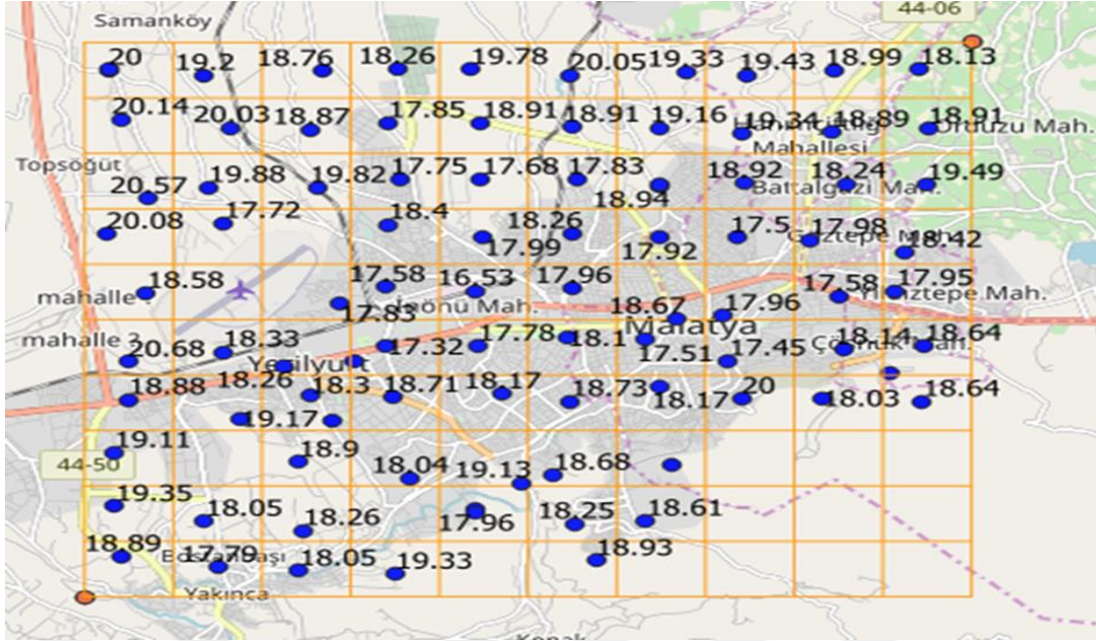
Şekil 5.2: Okuma yapılan noktalar mavi renkle işaretlenmiştir. Her karesel bölgenin orta noktası yeşil damlalar ile gösterilmiştir

Ölçüm yapılan her koordinatta, başucu doğrultusunda ortalama beş kez ölçüm cihazına gökyüzü parlaklığı değeri okutulmuş ve okutulan bu verilerin mod (en çok tekrarlanan ölçüm) değeri veya ortalaması o karesel bölgenin ölçülen gökyüzü parlaklık değeri olarak belirlenmiştir.

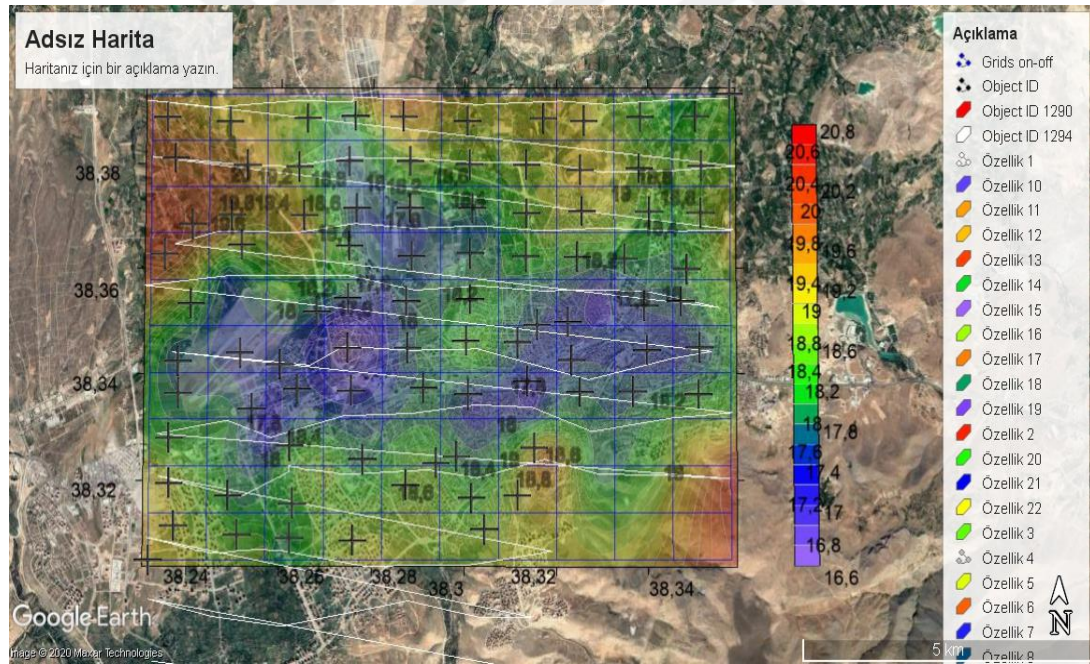
Ölçüm alınan her karesel bölgenin içerisinde belirlenen koordinat (GPS değerleri; enlem, boylam değerleri) değerleri ile o koordinatta ölçülen gökyüzü parlaklık değeri bilgisayarda kayıt altına alınmıştır. Haritalama yapılırken kayıt altına alınan koordinat ve bu koordinatlarda ölçülen gökyüzü parlaklık değerleri kullanılmıştır. Şekil (5.2)'da ölçüm yapılan koordinatlar mavi noktalar ile ölçüm yapılması hedeflenen karelerin orta noktaları

yeşil noktalar ile gösterilmiştir. Ölçüm değerleri ayrıntılı olarak Çizelge (6.13)'te gösterilmiştir.

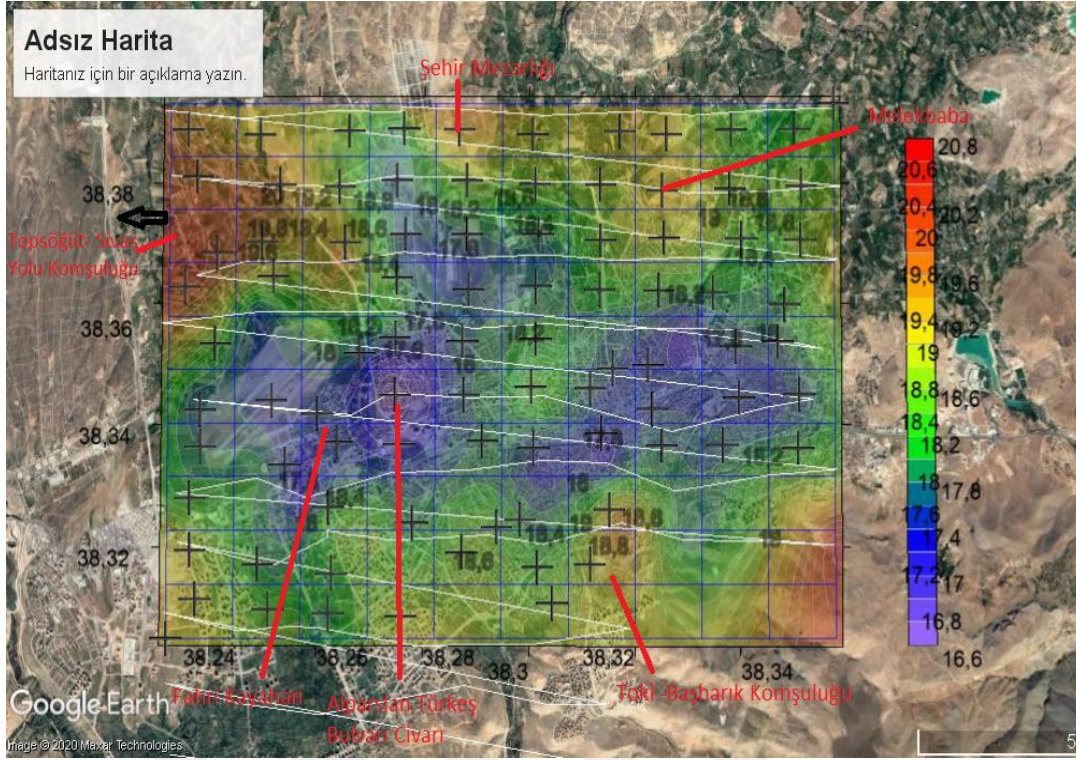
Sahada ölçülen ve koordinatları ile birlikte kayıt altına alınan değerler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımından faydalanılarak CBS yazılımı veri tabanı üzerindeki sayısal harita üzerine işlenmiştir. Kayıt altına alınan parlaklık ölçümleri, bir diğer CBS yazılımı kullanılarak sayısal harita üzerindeki lokasyonlarına göre eş zamanlı gösterilerek mukayese edilebilmektedir. Gökyüzü parlaklık ölçümleri lokasyonları ve okunan ölçümler Şekil (5.3)'deki haritada gösterilmiştir. Kayıt altına alınan ölçümlerin lokasyonlarının ve ölçülen gökyüzü parlaklık değerlerinin üzerine yerleştirildiği harita Şekil (5.3)'de gösterilmiştir. Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerinde ölçülen en düşük (aydınlık) ve en yüksek (karanlık) olan bölgelerde alınan ölçümler sırayla 16,53 kadir/açısanıye² ve 20,68 kadir/açısanıye²'dir. Kaydedilen ölçüm değerlerinin her biri, ölçümün alındığı karesel bölgenin (grid) gökyüzü parlaklık (ışık kirliliği) değeri olarak kabul edilirse, genel olarak bir ışık kirliliği dağılımını gösteren bir harita oluşmaktadır. Değerler arasındaki farklılıkların daha iyi değerlendirilmesi için Surfer 15 program veri tabanına kayıtlı bir algoritma ile en karanlık ve en aydınlık değerleri temsil eden sayı değerleri 10^{-1} basamak değerlerine bölünerek renklendirme yapılmış ve eş parlaklık eğrileri elde edilerek Şekil (5.4)'de gösterilmektedir. Elde edilen renklendirilmiş haritada Şekil (5.4) görülen mavi-mor renk en aydınlık, koyu kahverengi ise en karanlık alanları temsil etmektedir. Işık kirliliği (gökyüzü parlaklık) değerlerinin il üzerindeki değişimi Şekil (5.5)'de görülmektedir. Kayıt altına alınan veriler ile elde edilen haritalarda (Şekil 5.3 – 5.5) görünenler değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlar:



Şekil 5.3: Işık kirliliği ölçümü alınan noktalar ve kaydedilen SQM ölçümleri. Okunan en küçük değer (aydınlık) okuma değeri 16,53 kadir/açısanıye², en yüksek (karanlık) ölçüm ise 20,68 kadir/açısanıye².



Şekil 5.4: Okunan ölçümlerden faydalanılarak çizilmiş eş parlaklık eğrileri. Okunan en küçük (aydınlık) ölçüm 16,53 kadir/açısanıye² ve en yüksek (karanlık) ölçüm 20,68 kadir/açısanıye² aralığı 10⁻¹ basamak değerlerine bölünerek renklendirme uygulanmıştır.



Şekil 5.5: Malatya il merkezi ve çevresi ışık kirliliği ölçümü eş parlaklık eğrileri. Ölçüm konumları işaretlenmiş ve ölçüm noktalarının daha net gözlemlenebilmesi için ışık kirliliği dağılım haritası %30 saydamlık ile görüntülenmiştir.

Şehrin doğu kısmında Mehmet Buyruk Caddesi ve etrafındaki mahalleler, şehrin batı kısmında Alparslan Türkeş Bulvarı ve Fahri Kayahan Bulvarının güneyinde bulunan alanlar en aydınlık bölgeler olarak görülmekte ve bu bölgelerin etrafındaki Turgut Özal, Karakavak, Barguzu mahallelerinde de en küçük değerler ölçülmüş yani büyük ışıklılık seviyesi gözlemlenmiştir.

İlin kuzey batısında Topsöğüt, güney doğusunda Toki Başharık arasındaki boşluk, kuzeyinde şehir mezarlığı ve etrafı, kuzey doğusunda Melekbaba Mahallesi civarı karanlık noktalar olarak kendini göstermektedir.

Şehrin doğu girişinden başlayarak batı çıkışına kadar uzanan çevre yolu boyunca çıplak gözle görünür şekilde gökyüzü aydınlıktır. Bu aydınlık değerleri şehrin merkezi ve etrafında artmakta iken doğuda, Buhara Caddesi batıda 2. Organize Sanayiye kadar kendini belli etmektedir.

Ortada şehir merkezine yakın yerlerde Atatürk Caddesi ve etrafındaki mahalleler, belediye binası etrafı, güneyde Tecde Mahallesi konumlandığı alanlarda “sıcak nokta” olarak gözlemlenmektedir.

İlin güneyi boyunca uzanan Beydağları Bölgenin karanlık seviyesini arttırmasına sebep olmaktadır.

Gökyüzünün karalık değerlerinin en yüksek ölçüldüğü bölgeler (>20,50 kadir/açısanıye2) ilin en kuzey-batısında Topsöğüt - Sivas Yolu komşuluğundadır.

5.3 Açı Bağımlı Ölçümler

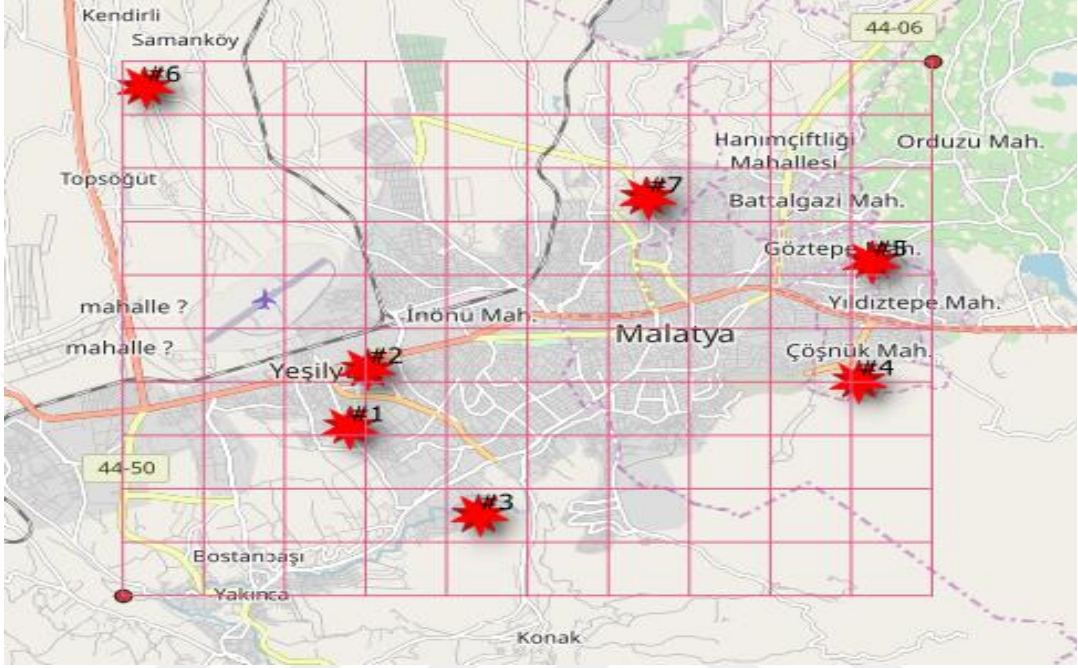
İlerleyen bölümlerde detaylı olarak değinilecek enerji kaybının hesaplanabilmesi için açı bağımlı ölçümler şehrin ölçüm alınan sınırları içerisinde 7 (yedi) farklı koordinatta gerçekleştirilmiştir Şekil (5.6). Okumalar yapılırken SQM cihazı, başucu (0°)'den başlanarak her 5°lik değişimde beş ölçüm alınarak ufuk çizgisine (90°) varana kadar ölçümler tekrarlanmıştır. Bu ölçümler kuzey, güney, doğu, batı yönleri için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Her 5°lik değişimde 5 kez alınan ölçümlerin ortalaması veya mod (en çok tekrarlanan) değerleri ışık kirliliği (gökyüzü parlaklık) değeri olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 5.1: Açı değişiminin etkisini belirlemek için veri toplanan koordinatlar.

Ölçüm	Enlem	Boylam	Yer bilgisi
#1	38,33290667	38,2670341	Güngör Cad. Başakşehir Sitesi A Blok Çatısı Turgut Özal Mah. Kınalı Sok Almira
#2	38,34250566	38,2699015	Rezidans Çatısı
#3	38,31898867	38,28734361	Vera Park Konutları Yanındaki Tepe
#4	38,34048645	38,34642782	İnderesi Toki Cami Yanı
#5	38,36022615	38,34852767	Serhat Özbey İnşaat Çatısı
#6	38,38898066	38,23522992	Topsöğüt Karagöz Caddesi Tarım Arazisi Memlük Cad. Kaynarca Mah. Yeşilyurt
#7	38,37068402	38,31346417	Tarım Arazisi

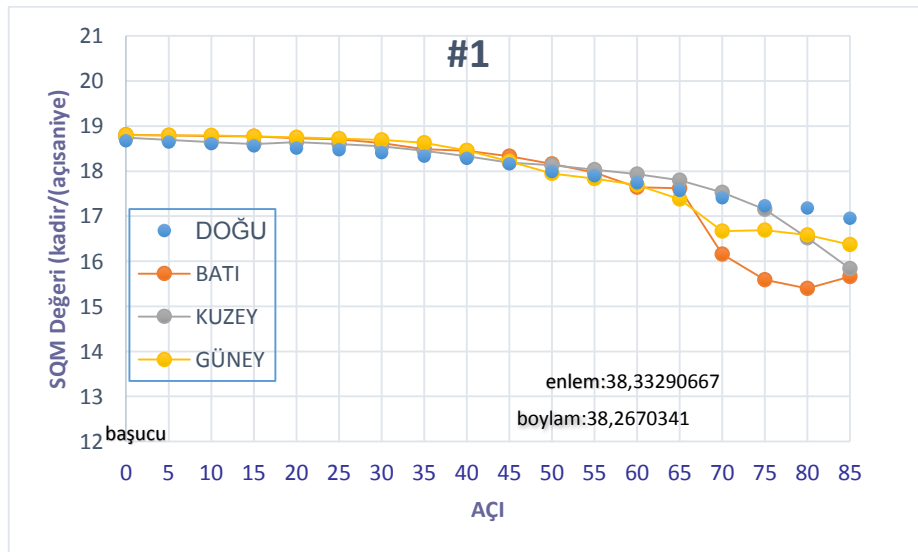
Konumları Şekil 5.6'da harita üzerinde kırmızı yıldızlar ile belirtilen noktalardan okunan değerler ile çizimi gerçekleştirilen ışık kirliliği (gökyüzü parlaklığı)'nın açı ilişkisinin gösterildiği grafik çizimleri Şekil 5.7'de görülmektedir. Aynı ölçekte çizilen grafikler noktalar arasında mukayese olanağı sunmaktadır.

Gökyüzü parlaklığının açı ve yön ile ilişkisi, parlaklığın az olduğu karanlık bölgelere nazaran parlaklık değerlerinin büyük olduğu aydınlık bölgelerde daha fazladır. Ölçüm değerleri ve alan bilgileri hesaba katıldığında grafiklerdeki değişimler beklenen sonuçlar ile çelişmemektedir [1].

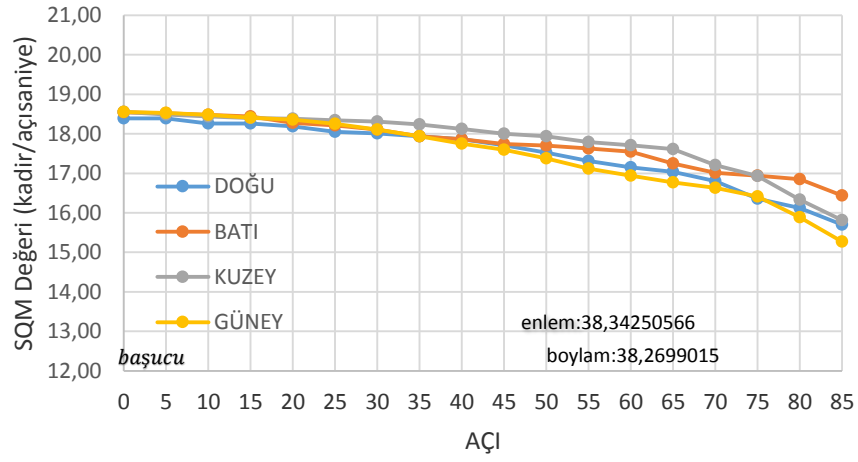


Şekil 5.6: Açı bağımlı ölçüm verilerinin alındığı koordinatlar.

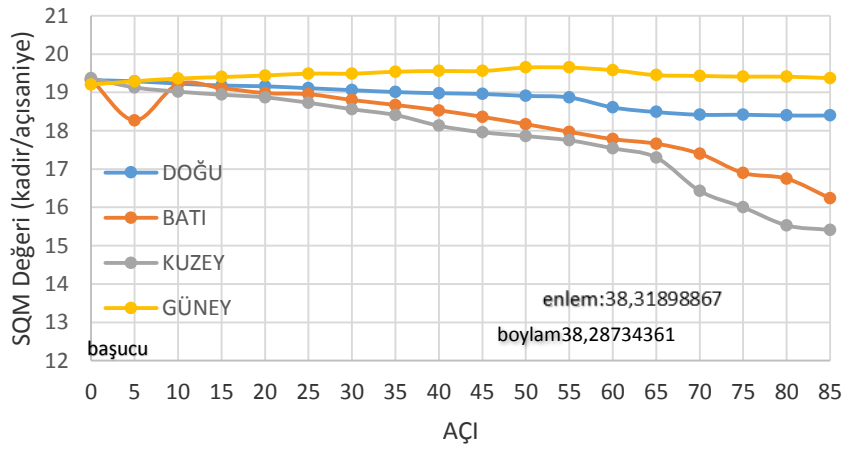
Konumları Şekil 5.6’da gösterilen noktalarda yapılan ölçümler sonucunda elde edilen Açı ve yön bağımlılığı gök parlaklığının yüksek olduğu bölgelerden düşük olduğu bölgelere gidildikçe azalmaktadır.



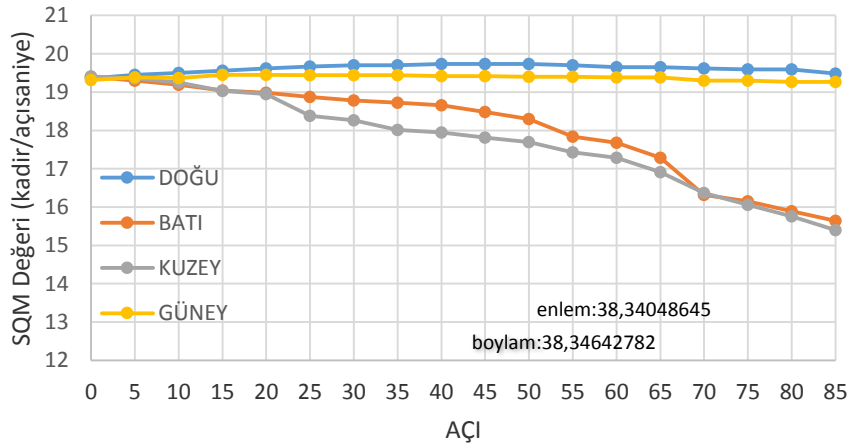
#2

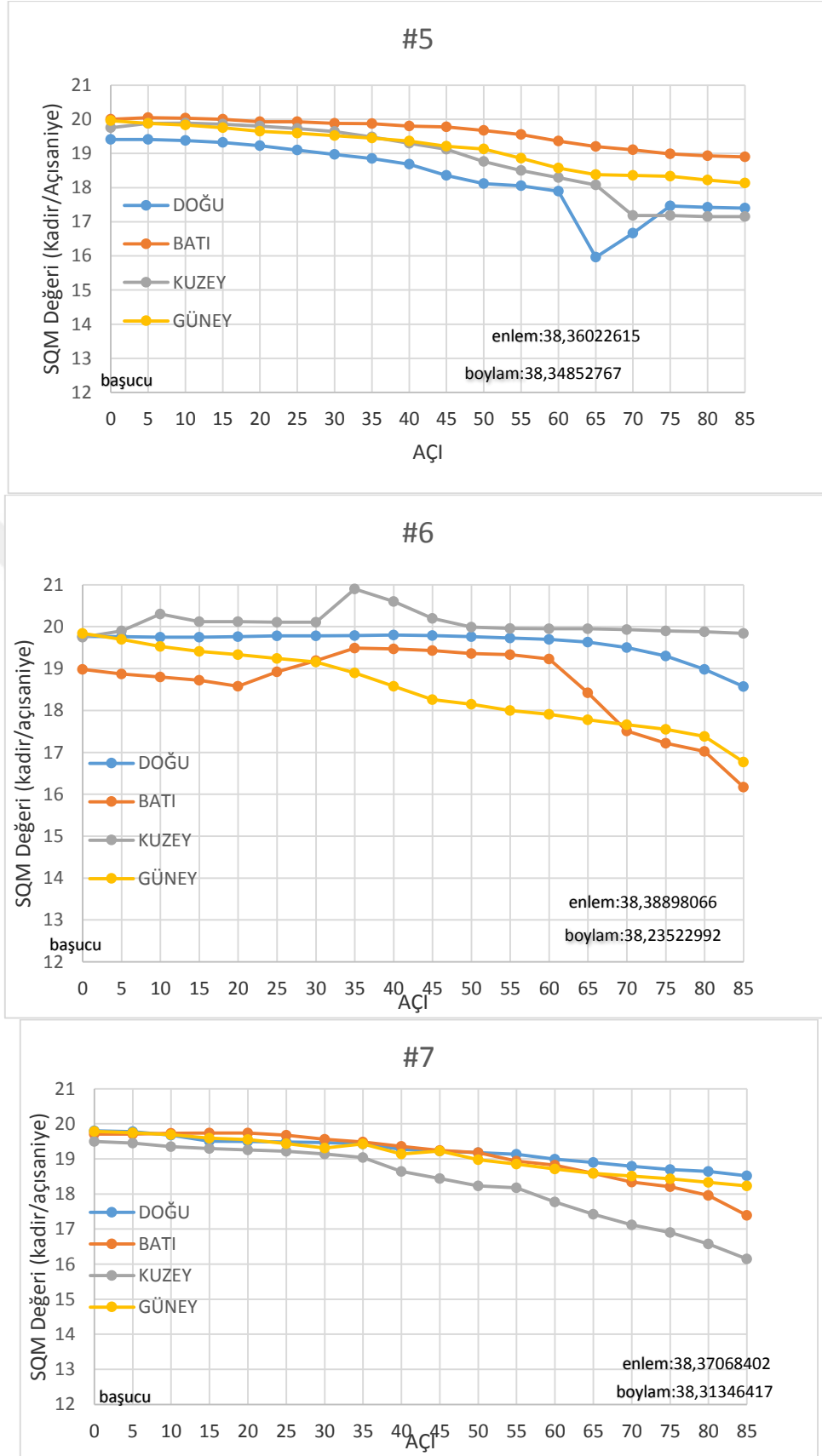


#3



#4





Şekil 5.7: Gece gökyüzü parlaklığının kuzey, güney, doğu, batı yönlerinde başucu-ufuk arasındaki açı ilişkisini gösteren grafikler.

5.4 Kaybolan Işık Miktarı

Malatya il merkezi ve çevresi üzerinde yapılan ölçümler, çizilen grafikler, ışık kirliliği dağılım haritası ve teorik bilgiler kullanılarak hatalı aydınlatma sistemlerinden köken alan üst yarı uzaya doğru yayılan, tamamen kayıp olan ışık miktarının tamamı aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir:

SQM cihazı hakkında bilgi verilirken değinildiği gibi SQM aleti tepe açısı $A = 20$ olan koni sınırları içerisinde kalan alan dahilinde bulunan ışık miktarını (kadir/açısanıye²) cinsinden ölçmektedir.

$$L = 10,8 \times 10^4 \times 10^{-0,4m} \quad (5.1)$$

L: Parlaklık – *kandela/metre²* (cd/m²)

m: SQM cihazından okunan gökyüzü parlaklığı – *kadir/açısanıye²*

Okunan m değerine tekabül eden aydınlanma birim alan başına ışık miktarı (akı)

$$E = L\Omega = 10,8 \times 10^4 \times 10^{-0,4m} \times \int \int \sin \theta d\theta d\varphi \quad (5.2)$$

denklemleri ile hesaplanabilir. Denklemlerde

E: Birim alan başına ışık akısı – *lümen/metre²* (lm/m²) ve

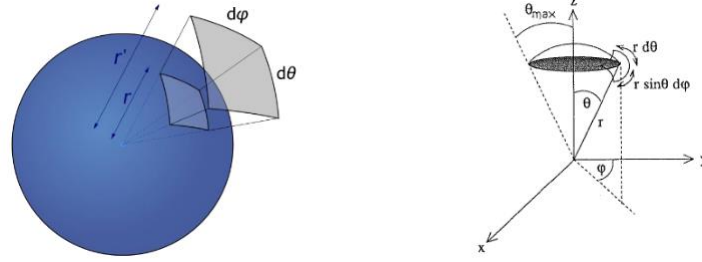
$$\Omega = \int \int \sin \theta d\theta d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta d\varphi \quad (5.3)$$

Denklemler (5.3)'te verilen Ω SQM aletinin görüş alanının denk geldiği katı açıyı temsil etmektedir. θ ve φ açılarının küresel koordinatlarda eşleştiği açılar Şekil (5.8)'de belirtilmiştir. Işık kirliliği değerlerini tüm doğrultularda ve açılarda sabit değerli olarak düşünülürse aydınlanma hesaplarında katı açı homojen ışık dağılımlı bir yarım küre olacaktır.

$$\Omega = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} \sin \theta d\theta = 2\pi \quad (5.4)$$

Gökyüzü parlaklık değerinin sabit değil farklı olduğu yerleşim bölgelerinde ise katı açı yarım küre olmayacaktır. SQM cihazı başucu doğrultusundan ufka doğru yönlendirildiğinde (açı değiştirildiğinde) okunan ışık kirliliği değerinde artış olduğu görülür. Açı sabit tutularak farklı yönlerde ölçüm yapıldığında SQM aletinde ölçülen değerlerin farklı olduğu görülecektir. Başucu değerlerine göre aydınlanma hesabı yapılırsa (başucundan ufka doğru gidildikçe SQM cihazında okunan değer azalacağından) ışık

kirliliğinin en küçük değeri hesaplanmış olacaktır. Işık kirliliğinin gerçek değerine ulaşmak için yön ve açı kavramlarının etkisinin de hesaba katılması gerekmektedir.



Şekil 5.8: Küresel koordinatlarda katı açı ve açıların tanımlanması [3].

Eş parlaklık eğrilerinin görüldüğü (yani ışık kirliliği değerlerinin Malatya il merkezi ve çevresinde dağılımını) haritalardan veya Google Earth Yazılımı üzerine işlenen karesel alanlar (grid) içerisinde yapılan her bir okuma değerinin yapıldığı karesel bölgenin alanı hesaplanabilir. Üst bölümlerde değinildiği gibi ışık kirliliğinin açı ve yön kavramlarından bağımsız (sabit kabul edilerek) olarak düşünülerek üst yarı uzaya yönelen (boşa harcanan) toplam ışık akısını Denklem (5.2)'de verilen birim yüzeye düşen ışık akısı (lm/m^2) değerlerinin her birini haritalardan veya Google Earth üzerinden ölçülebilen alanların sayısal değeri ile çarparak hesaplanabilir. Ölçüm alınan toplam 84 eş parlaklık yüzeyi harita üzerinde gösterilmiştir. Her bir yüzey alanı için lümen biriminde ışık akısı;

$$\Phi_{0i} = E_{0i} A_i \quad (5.5)$$

Denklem (5.5)'de A_i i inci alanın ölçülen büyüklüğü ve E_{0i} ise i inci alan içerisinde SQM cihazından baş ucu doğrultusunda (en küçük aydınlık) okutulan değeri simgelemektedir.

Bu değer in açı ve yön kavramları ile ilişkilendirilmemiş olduğuna yukarıda değinilmiştir.

Denklem (5.5)'e göre hesaplanan değerler her bir bölge için tekrarlanıp toplanırsa

Denklem (5.6)'de gösterildiği gibi her yöndeki en küçük toplam ışık akısı hesaplanır.

$$\Phi_{toplam,min} = \Phi_0 = \sum_{i=1}^n E_{0i} A_i \quad (5.6)$$

Yukarıdaki açıklamalar ve Denklem (5.6) kullanılarak elde edilen veriler Çizelge (6.5)'de gösterilmektedir.

Malatya il merkezi ve çevresi için hesaplanan toplam ışık akısının en küçük değeri toplam $\sim 9,31 \times 10^6$ lm olarak hesaplanmıştır. Bilinmesi ve altı çizilmesi gereken nokta SQM ile ölçülen değerlerin, atmosferdeki moleküllerden saçılarak yeryüzüne doğru yönelen ışık miktarı olduğudur. Atmosfer geçirgenliği %73 olarak kabul edilmekte, o halde toplam

(uzaya kaçan ve atmosferden geri saçılan) kaybolan ışık miktarı hesaplanan $\sim 9,31 \times 10^6$ lm değerinin yaklaşık olarak 3.7 katıdır. Yani, toplam_{min} $\sim 3,44 \times 10^7$ lm olarak hesaplanır.

Şekil 5.7’de gösterilen grafiklerde gözlemlendiği gibi Malatya il merkezi ve Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçeleri, ışık kirliliğinin açı ve yönlerde sabit olarak bir değer vermemektedir: alınan verilerde, ölçüldüğü bölge (konum), yön (φ) ve açıya (θ) bağımlı olarak değişiklikler ortaya çıkmaktadır. SQM aleti ile ölçülen Denklem (5.1)’deki m değeri θ ve φ ’ye bağımlı bir fonksiyondur; $m = m(\theta, \varphi)$. Önceden elde edilen ışık akısı denklemi θ ve φ ’ye bağımlılığı ile yenilenirse elde edilen aydınlanma Denklemi;

$$E = \int \int L(\theta, \varphi) \Omega(\theta, \varphi) = 10,8 \times 10^4 \times 10^{-0,4m} x \int \int \sin \theta d\theta d\varphi \quad (5.7)$$

elde edilir. SQM aletinin yönü değiştirilmeden (değişmeyen açı) başucundan ufka kadar olan alanda ölçüm alındığında (θ açısının sabit kalmadığı) Şekil (5.9)’de görüldüğü gibi başucu ile ufuk arasında koyu tonlarda taranmış halkalar ile gösterilen yay oluşur. SQM aletinin görüş alanı konisinin tepe açısı $A = 20^\circ$ olduğu bilinmektedir. Taralı halkaların oluşturduğu yayın içerisinde kalan toplam aydınlanma;

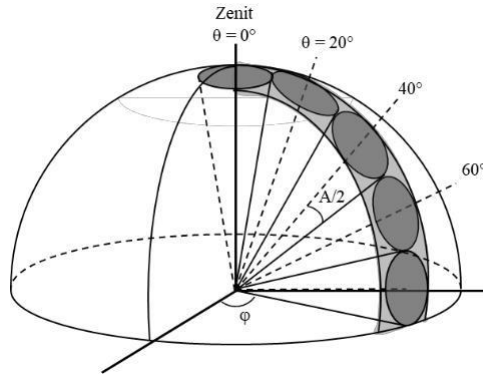
$$E(\varphi) = L(0, \varphi) \Omega_0 + L(20, \varphi) \delta\Omega_{20} + L(40, \varphi) \delta\Omega_{40} + L(60, \varphi) \delta\Omega_{60} + L(80, \varphi) \delta\Omega_{80} \quad (5.8)$$

Örnek olarak;

$$L(40, \varphi) \delta\Omega_{40} = \int_0^{20} \int_{30}^{50} L(40) \sin \theta d\theta d\varphi = \frac{\pi}{9} L(40) (\cos 30 - \cos 50) \quad (5.9)$$

$$L(80, \varphi) \delta\Omega_{80} = \int_0^{20} \int_{70}^{90} L(80) \sin \theta d\theta d\varphi = \frac{\pi}{9} L(80) (\cos 70 - \cos 90) \quad (5.10)$$

Şekil (5.7)’deki grafiklerden gözlemlendiği gibi bu projede hesaplamalarda hata payını en aza indirmek için SQM aletinin görüş açısından (20°) daha küçük açılarda ölçümler alınmıştır. Başucundan ufka uzanan 90° ’lik açının tamamı 5° açıda bir ölçüm alınarak tarandığında Denklem (5.10)’deki aydınlanma hesabı yapılırken 5° bölümler olarak hesaba katılarak toplama işlemi yapılır. Doğu, batı, kuzey, güney olmak üzere dört yönde açı ölçümleri ile sınırlı olması açı bağımlılığının hassasiyetini sorgulanabilir hale getirir. Net bir şekilde φ açı bağımlılığı hesaplanmadığı için hesaplamalarda yaklaşımlarla işlem devamlılığı sağlanmıştır.



Şekil 5.9: Gök parlaklığı ölçümü yapılan alanlar için hesaplamalarda kullanılan katı açı şeması [3].

Çalışmalarda açı değiştiğinde nasıl bir etkinin oluştuğunu gözlemleyebilmek için bu etkiyi bir katsayı olarak kabul edebilir ve katsayının büyüklüğünü hesaplayabiliriz.

Bu bakış açısı ile,

$$E = kE_0 \quad (5.11)$$

Denklem (5.11)'de görüldüğü gibi tanımlanır. E açı etkisi hesaba katılmış aydınlanma, E_0 önceki bölümlerde değinildiği gibi alanın tamamında başucu doğrultusunda yapılan ölçüm değeri yani en küçük aydınlatma değeridir, k açı etkisi katsayısıdır. Denklem (5.5)'de her bir alan için lümen biriminde ışık akısı denklemine açı bağımlılığının etkisi eklenirse;

$$\phi_i = k_i \phi_{0i} = k_i E_{0i} A_i \quad (5.12)$$

denklem (5.12) meydana gelir. Şekil (5.7)'de grafiklerde gördüğümüz açı değişiminin etkisi ile elde edilen veriler her bir bölgeden doğu, batı, kuzey, güney yönlerinde Şekil (5.9)'da verildiği gibi ve yukarıda tanımlandığı gibi hesaplanan k katsayıları Çizelge (5.2)'de verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan denklemler ve yöntem kaynakça kısmında belirtilen [1] ve [3] numaralı kaynaklardan temin edilmiştir.

Çizelge 5.2: Yön / Konum ve hesaplanan k değerleri.

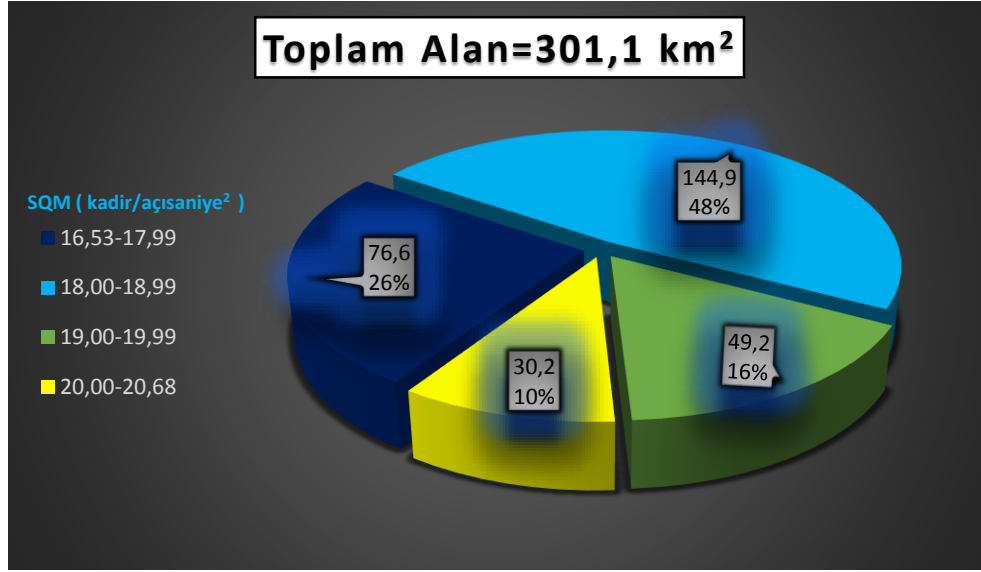
Yön/Konum	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
DOĞU	1,65	2,60	5,58	2,55	1,34	1,63	5,12
BATI	2,32	3,27	2,25	4,89	4,53	1,17	4,67
KUZEY	2,37	1,37	4,26	7,02	2,73	1,95	3,35
GÜNEY	2,31	1,23	3,13	3,36	2,36	5,55	1,57

Şekil (5.3) ve Çizelge (5.3)'deki değerler incelendiğinde, Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt merkez ilçelerinde aç ı değ işiminin etkisi (aç ı bağımlılığı) ölçüm alınan yerlerle ilişkili olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışmada okunan veriler üzerine aç ı değ işiminin etkisi (aç ı bağımlılığı) yeteri kadar net hesaplanmadığından, aç ı bağımlı verilerin okutulduğu konumlar ve bu konumlarda yönlere bağılı olarak k katsayı değ erleri hesaplanmıştır. Bu k değ erleri hesaplamalarda göz önünde bulundurularak ölçüm alınan bölgenin tamamı içerisinde 7 (yedi) farklı bölgede her bölge için farklı bir k çarpanı hesaplanmış ve hesaplanan bu k değ erleri kullanılarak sonuçlara ulaşılmıştır. SQM cihazından ölçülen sayısal verilerin az olduğu yani ışık kirliliğinin (gök parlaklığı) yüksek olduğu bölgelerdeki aç ı bağımlılık katsayısı parlaklığın küçük olduğu bölgelere göre daha etkilidir.

Çizelge 5.3: Okunan değ erlere göre sınıflandırılmış k katsayıları ve ışık akısı

Konum	SQM aralığı (kadir/açısaniye ²)	Alan (km ²)	Işık akısı, (milyon lümen)	Ortalama Katsayı, k	Işık akısı * k (milyon lümen)
#7, #4	<18	76,7	4,55	4,03	18,33
#3,#5	18–19	144,9	3,28	3,28	13,08
#2, #6	19–20	49,2	2,35	2,35	1,38
#1	>20	30,3	2,17	2,17	0,36
TOPLAM		301,1	12,35		33,17

SQM aletinden ölçülen değ erlere göre yapılan sınıflandırma ve hesaplanan k değ erleri ve ışık akısı büyüklükleri Çizelge (5.3)'da verilmiştir. Çizelge (5.3)'de ki değ erler doğrultusunda Şekil (5.10)'da daire grafiğ i çizilmiştir [1].



Şekil 5.10: Malatya il merkezi ve çevresi gökyüzü parlaklığını dağılımı ve bunlara karşılık gelen yüzey alanları ile toplam yüzey alanına oranları.

Açı bağımlılığının etkisi ile israf olan ışık akısı (atmosferden geri saçılan) 122,72 milyon lümen (megalümen) olarak hesaplanmıştır.

Malatya ilinin 2019 sonu itibari ile TÜİK adrese dayalı nüfus verilerine göre nüfusu 800.165 kişidir. Bu veriler ışığında anlık olarak kişi başına kaybolan miktarı ~154 lm olarak hesaplanır ve bu değer yıl bazında hesaplandığında 0,56 megalümen-saat (Mlm-h) olur.

Sokak aydınlatmalarında yüksek oranda düşük ve yüksek basınçlı sodyum lambaları (DBS ve YBS), metal tuzu lambalar, floresan lambalar ve kullanım miktarı son zamanlarda hızlı bir artış gösteren LED lambalar kullanılır. Çizelge (5.4)'de verildiği gibi lambaların harcadıkları birim güç başına ürettikleri ışık miktarları (etkinlik değerleri) birbirlerinden farklıdır.

Çizelge 5.4: Lamba cinsleri ve verimlilikleri

Lamba Cinsi	Işık Etkinliği	Işık Verimliliği
	(lm/W)	(%)
Akkor	7– 12	1–2
Tungsten Halojen	12–20	2–3
Floresan	45– 100	6–15
LED	20 – 100 – 200	3–15 – 29
Metal Halide	90– 135	13–20
YB Sodyum	85– 150	12–22
DB Sodyum	100 – 200	15–29

Malatya merkezi ve merkez ilçelerinde tercih edilen lamba çeşitleri ve adetlerinin detaylı bilgisine ulaşamamanın yanı sıra Fırat Akso Elektrik Dağıtım A.Ş’den elde ettiğimiz aşağıdaki veriler hesaplamalarda kullanılmıştır.

Malatya İşletme müdürlüğüne bünyesinde 107.457 adet sokak aydınlatması amacı ile kullanılan lamba bulunmaktadır.

- ☐ 70 W gücündeki YBS 6500 lümen ışık üretiyor: 93 lm/W
- ☐ 100 W gücündeki YBS 10000 lümen ışık üretiyor: 100 lm/W
- ☐ 150 W gücündeki YBS 17000 lümen ışık üretiyor: 113 lm/W
- ☐ 250 W gücündeki YBS 33000 lümen ışık üretiyor: 132 lm/W

Günümüzde kentlerde sadece sokak aydınlatmaları için harcanan enerji kentin toplam harcadığı elektrik, enerjinin %4’ü ile %6’sına karşılık gelmektedir. Bu değere reklam amaçlı aydınlatmaların, bina cephe aydınlatmalarının eklenmesi ile oranın %10’lara çıkacağı görülmektedir. [40]

2019 Temmuz ayı kayıtlarına göre Malatya ilindeki toplam tüketim 163.606.420 kWh dir. Kentlerde sokak aydınlatmaları, reklam panoları, bina dış cephelerinde bulunan aydınlatmaların aktif tüketimin yaklaşık olarak % 10’una tekabül ettiği kabul edilir ise; aktif tüketimin %10’u 1636064,2 kwh olarak hesaplanır.

Yukarıdaki veriler göz önünde bulundurulduğunda Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt Merkez ilçeleri sınırları içerisinde kalan bölgede sokak aydınlatmalarında kullanılan lambaların etkinlik değerleri ortalama olarak 100 lm/W olarak kabul edilir ise, ışık kirliliğine sebebiyet veren toplam ışık akısı (122,7 Mlm) anlık değerin ise 1227 kW güce eşittir. Dış aydınlatmaların bir günde yaklaşık olarak 12 saat aktif olduğu kabul edilir ise boşa harcanan miktar 441.720 kWh/ay olarak hesaplanır. Hesaplanan bu değer ışık kirliliğine sebep olan yaklaşık hesaplanan aylık elektrik miktarının (1636064,2 kWh/ay) %26,99' yani yaklaşık % 27 sine denk gelir. Hane başına ortalama elektrik harcaması 160 KWh kabul edilir ise; 2760 hanenin bir ayda tükettiği enerjinin boşa harcandığı anlamına gelmektedir.

5.4.1 Tahmini Mali Kayıp

Elektrik harcamanın para olarak karşılığı 2019 Temmuz ayı için 0,6769 TL/KWh dir. Bu değeri ~0,68 TL/KWh olarak yuvarlarsak, toplam kaybolan ışık miktarının maddi karşılığı; (441.720 KWh/ay) (12 ay/yıl) (0,68 TL/KWh) = 3.604.435 TL/yıl olarak hesaplanır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, Malatya il merkezi, Battalgazi ve Yeşilyurt Merkez ilçeleri gece gökyüzü parlaklığı (ışık kirliliği) okumaları gerçekleştirilerek ilin ışık kirliliği haritası oluşturulmuş ve hatalı aydınlatmalar sonucunda israf edilen enerji miktarı hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Yapılan ölçümler sonucunda; Açık ve yön bağımlılığı gök parlaklığının yüksek olduğu bölgelerden düşük olduğu bölgelere gidildikçe azaldığı görülmektedir.
- 84 (seksen dört) ayrı konumda başucu doğrultusunda okumalar gerçekleştirilerek sonuçlar kayıt edilmiştir.
- 7 (yedi) farklı konumda doğu, batı, kuzey, güney yönlerinde açı bağımlı ölçümlerin (başucu-ufuk arası) hesaplanması yukarıda bahsettiğimiz okumalardan farklı olarak gerçekleştirilmiştir.
- Tüm okumalar, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarına girilerek değerlendirmeler gerçekleştirilmiş ve Surfer 15 yazılımından faydalanarak eş-parlaklık eğrileri meydana getirilmiştir.
- Şehrin doğu kısmında Mehmet Buyruk Caddesi ve etrafındaki mahalleler, şehrin batı kısmında Alparslan Türkeş Bulvarı ve Fahri Kayahan Bulvarının güneyinde bulunan alanlar en aydınlık bölgeler olarak görülmekte ve bu bölgelerin etrafındaki Turgut Özal, Karakavak, Barguzu Mahallelerinde de en küçük değerler ölçülmüş yani büyük ışıklılık seviyesi gözlemlenmiştir.
- İlin kuzey batısında Topsöğüt, güney doğusunda TOKİ Başharık arasındaki boşluk, kuzeyinde şehir mezarlığı ve etrafı, kuzey doğusunda Melekbaba Mahallesi civarı karanlık noktalar olarak kendini göstermektedir.
- Şehrin doğu girişinden başlayarak batı çıkışına kadar uzanan çevre yolu boyunca çıplak gözle görünür şekilde gökyüzü aydınlıktır. Bu aydınlık değerleri şehrin merkezi ve etrafında artmakta iken doğuda, Buhara Caddesi batıda 2. Organize Sanayiye kadar kendini belli etmektedir.

- Ortada şehir merkezine yakın yerlerde Atatürk Caddesi ve etrafındaki mahalleler, belediye binası etrafı, güneyde Tecde Mahallesinin konumlandığı alanlar da “sıcak nokta” olarak gözlemlenmektedir.
- İlin güneyi boyunca uzanan Beydağları bölgenin karanlık seviyesini arttırmasına sebep olmaktadır.
- Gökyüzünün karanlık değerlerinin en yüksek ölçüldüğü bölgeler ($>20,50$ kadir/açısanıye²) ilin en kuzey-batısında Topsöğüt - Sivas Yolu komşuluğundadır.

Hatalı aydınlatma sebebi ile israf edilen ışık miktarının;

- ✓ 0,56 megalümen-saat/yıl.kişi
- ✓ 122,7 megalümen/yıl
- ✓ 441.720 kWh/ay==> 5.300.640 kWh/yıl
- ✓ Dış aydınlatmalara harcanan tüketimin yaklaşık %27'sine eşit,
- ✓ Her yıl 33130 hanenin toplam elektrik tüketimine eşit miktarda,
- ✓ 3,6 milyon TL/yıl

olduğu bulunmuştur.

Yapay Işık Kirliliğine Karşı Alınabilecek Önlemler

Tüm kirlilikler gibi ışık kirliliğinin ana kaynağının insan olduğu, ışık kirliliğinin nüfusla orantılı bir şekilde arttığı söylenebilir. Malatya ili gelişen sanayisi ve tarım faaliyetleri özellikle kayısı üretiminin insanlara sağladığı ekonomik koşullar nedeni ile göç almaktadır. Nüfus artışı ile birlikte oluşan yeni yerleşim alanlarında bilinçsizce yapılan aydınlatmalar ışık kirliliğini hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Malatya'da ışık kirliliği çeşitlerinin çoğu (Ek 2'deki fotoğraflarda gözlemlendiği gibi) görülmektedir.

- Aydınlatılacak bölge şartlarına ve Uluslararası standartlara uygun aydınlatma sistemleri tercih edilmelidir [41].
- Şartlar doğrultusunda sokak veya açık mekân aydınlatmalarında tek renkli ışık kaynakları tercih edilmelidir [4]. Sodyum buharlı lambalar öncelikli tercih olmalıdır. Mavi dalga boyu bakımından zengin olan LED ışıkların kullanımından kaçınılmalıdır. Ek2 Şekil (6.4)'te görüldüğü gibi görüntü güzelliği için caddelerde kullanılan aydınlatmalar dönüştürülmelidir.

- İhtiyaca göre hareket ve zaman sensörlü aydınlatmaların kullanılması elektrik tüketimini azaltacaktır [42].
- “Ne kadar çok ışık, o kadar iyi aydınlatma” anlamına gelmez. Işığın aydınlatılacak bölgenin sınırları içerisine yeteri miktarda, yeterli süre düşürülmesi gerekmektedir [4].
- Açık alanların (Site bahçeleri, meydanlar, parklar, çocuk oyun alanları vb.) ışıklandırılmasında küre şeklinde üst yarı uzaya ışık gönderen ışıklandırma sistemlerinden kaçınılmalı tam perdeli aydınlatma sistemleri tercih edilmelidir [41] ve [40]. Ek2 Şekil (6.7)’de görüldüğü gibi kullanılan küresel lambalar tam perdeli armatürler ile değiştirilmelidir.
- Gözlemevlerinin yakınlarında yerleşim önlenmelidir veya önlenemiyor ise gözlemevlerine yakın yerleşim merkezlerinde gökbilimciler tarafından filtrelenebilen Düşük Basıncılı Sodyum lambalar kullanılmalıdır [4].
- Bina dış cephe dekorasyonlarında kullanılan LED aydınlatmalardan ve bina çatı ve yüzey kaplamalarında yansıtıcı özelliği fazla olan malzeme kullanımından kaçınılmalıdır. Ek2 Şekil (6.6)’de görüldüğü gibi dış cephe peyzajlarından kullanılan LED şeritler ışık kirliliğini arttırmaktadır.
- Bina dış cephe aydınlatmaları ve tarihi kalıntılar, cami, ziyaret gibi tarihi dokusu bulunan yapıların duvarlarına yapılan aydınlatmaların yönü yukarıdan aşağıya doğru olmalıdır. Ek2 Şekil (6.5) ve Şekil (6.2)’de görüldüğü gibi tarihi eser aydınlatmaları ve Şekil (6.1)’de görüldüğü gibi aşağıdan yukarıya doğru yapılan aydınlatmaların, yukarıdan aşağıya çevrilmesi ışık kirliliğine katkıyı azaltacaktır.
- Işık kirliliği yayılmaması ile ilgili alınabilecek önlemlerin en kıymetlisi ışık kirliliğinin zararları hakkında insanların bilgilendirilmesidir.
- Gece ilerleyen saatlerde güvenlik önlemlerini zaafa uğratmayacak boyutta lambaların aydınlatma şiddetinin azaltılması veya yanan lamba sayısının azaltılması ile orantılı olarak ışık kirliliğine katkı ve enerji harcaması azalacaktır [43].
- Özellikle alışveriş merkezleri, lunapark vb. alanlarda atmosferde dağılmadan ilerleyen ve gökyüzüne doğru yöneltilmiş zenon projektörler (Ek 2 Şekil (6.4)’de görüldüğü gibi) ışık kirliliğini tetiklemekle birlikte kaynak yakınlarındaki astronomik çalışmaları da olumsuz etkilediğinden zenon projektör kullanımından kaçınılmalıdır.

EK 1

ÖLÇÜM YAPILIRKEN GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULMASI GEREKEN HUSUSLAR

SQM-LU aleti ile gece gökyüzü parlaklığı (ışık kirliliği) ölçümünü doğru şekilde elde edebilmek için bilinmesi gereken ve göz önünde bulundurulması gereken öğeleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

1. Ölçüm alınacak ilin Ay doğuş batış zamanları önceden tespit edilip, Ayın olmadığı ve astronomik tan dışı zaman bölümlerinde ölçümler yapılmalıdır.
2. Şehirde birden fazla koordinatda alınacak ölçümler (haritalama amaçlı) mümkün oldukça en kısa sürede harita üzerinde planlanan tüm koordinatlarda tamamlanmalıdır.
3. Çoğunlukla insanlar hava kararmaya başladığında ışıkları açmakta 24:00'a yakın saatlerde kapatmaktadırlar gece 24:00'dan sonra alınacak ölçümler ortamın karanlık değerini tam olarak yansıtmayacağı için ölçümler mevsimine göre değişmek ile birlikte 21:00-24:00 aralığında yapılması sağlıklı olacaktır. (Malatya kent merkezinde gerçekleştirilen okumalar saat 21:00– 24:00 arasında gerçekleştirilmiştir.)
4. Bulutlu havalarda gözlem yapılmamalıdır. Açık havalar tercih edilmelidir.
5. Ölçüm cihazı (SQM-LU) başucuna dik bir şekilde tutularak okuma yapılmalıdır. Cihaza doğrudan ışık etki etmemesine dikkat edilmelidir.
6. Ölçümler için açık alanlar tercih edilmeli, cihazın görüş alanında bulunan ağaç dalları, binalar gibi cihazın görüşünü kısıtlayacak etkiler olmamalıdır.
7. Ölçüm cihazının ışık algılayıcısı üzerinde parmak izi lekesi veya benzeri lekelenmeler var ise temizlenmeli, ölçümler yapılmaya başlanmadan önce temizlik kontrolü yapılmalıdır.
8. Ölçüm alınacak noktalar önceden harita üzerinden belirlendi ise belirlenen koordinatlara mümkün olan en yakın noktada ölçümler alınmalıdır.
9. Ölçüm alınacak nokta yakınlarında yüksek şiddetli ışık yayan projektör benzeri aydınlatma armatürleri var ise mümkünse kapatıldıktan sonra ölçümler alınmalıdır.
10. Bilgisayar ortamında yapılan kare parsellemeler Google Earth üzerine açılarak parsellerin orta nokta koordinatları kayıt altına alınmalı, enlem ve boylam değerleri akıllı telefonlar veya GPS cihazlarına girilerek bilinmeyen bölgelerde mümkün ise

karelerin orta noktalarında veya en yakın lokasyonda ölçüm alınmasını kolaylaştıracaktır.

11. Her ölçüm konumu için aralıklı olarak 5 kez okuma yapılmalıdır. Okumalar arasında birkaç saniye süre geçirilmesi önemlidir. Alınan ölçümlerin mod değeri veya ortalaması geçerli değer olarak kabul edilmelidir.
12. Özellikle aşırı ışığın olduğu ortamlarda cihazın ölçtüğü ilk 1-2 değer doğru gökyüzü parlaklığı değeri olmayabilir. Aşırı ışık etkisine maruz kalan aletin birkaç saniye dinlendirildikten sonra tekrar okuma yaptırılması gereklidir.
13. SQM cihazının ölçtüğü sayısal veri ne kadar büyük ise ortam o kadar karanlık, okunan değer ne kadar küçük ise ortam o kadar aydınlıktır. Bu değerler ortamın karanlık miktarı olarak kabul edilebilir.
14. Ölçümler yapılır iken karanlık noktalar tercih edilmemeli ortamdaki mevcut durumun hatasız bir şekilde ölçülmesi sağlanmalıdır.

ÖRNEK FOTOĞRAFLAR



Şekil 6.1: Malatya Atatürk Caddesi ağaç ışıklandırılması.



Şekil 6.2: Malatya merkez Yeni Cami (Hacı Yusuf Taş Cami)



Şekil 6.3: Malatya Atatürk Caddesi Ptt önü



Şekil 6.4: Malatya Park



Şekil 6.5: Malatya Battalgazi (Roma) Surları



Şekil 6.6: Malatya Merkez aşırı aydınlatma kullanılmış bina.



Şekil 6.7: İnönü Üniversitesi Pembe Yol



Şekil 6.8: Malatya Fahri Kayahan Caddesi



Şekil 6.9: Tecde Mahallesi İsmet Paşa Caddesi



Şekil 6.10: Tecde Mahallesi İsmet Paşa Caddesi Gökyüzü fotoğraflanması



Şekil 6.11: Yeşilyurt Gedik Mahallesi Hasan Çalık Devlet Hastanesi Gökyüzü fotoğrafı



Şekil 6.12: Yeşilyurt Gedik Mahallesi Hasan Çalık Devlet Hastanesi



Şekil 6.13: Yeşilyurt Tecde Mahallesi Heybetli Sokak



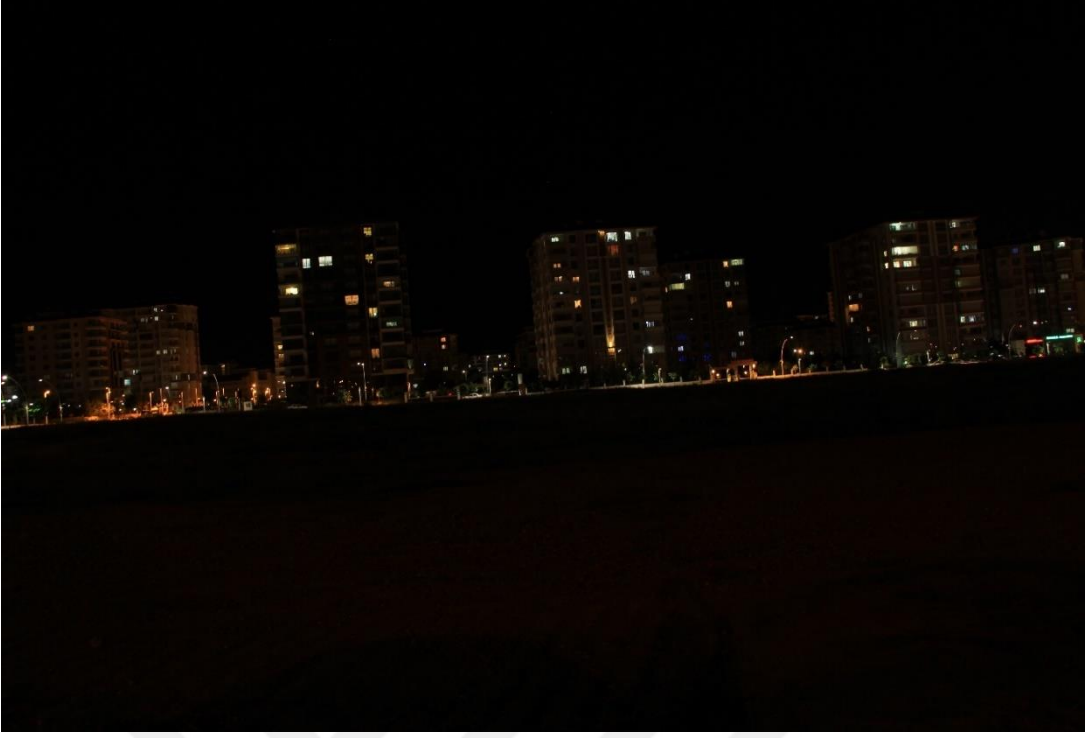
Şekil 6.14: Yeşilyurt Tecde Mahallesi Heybetli Sokak Gökyüzü Fotoğrafı



Şekil 6.15: Fahri Kayıhan Bulvarı İsmet Paşa Caddesi Kesişimi



Şekil 6.16: Fahri Kayıhan Bulvarı İsmet Paşa Caddesi Kesişimi Gökyüzü Fotoğrafı



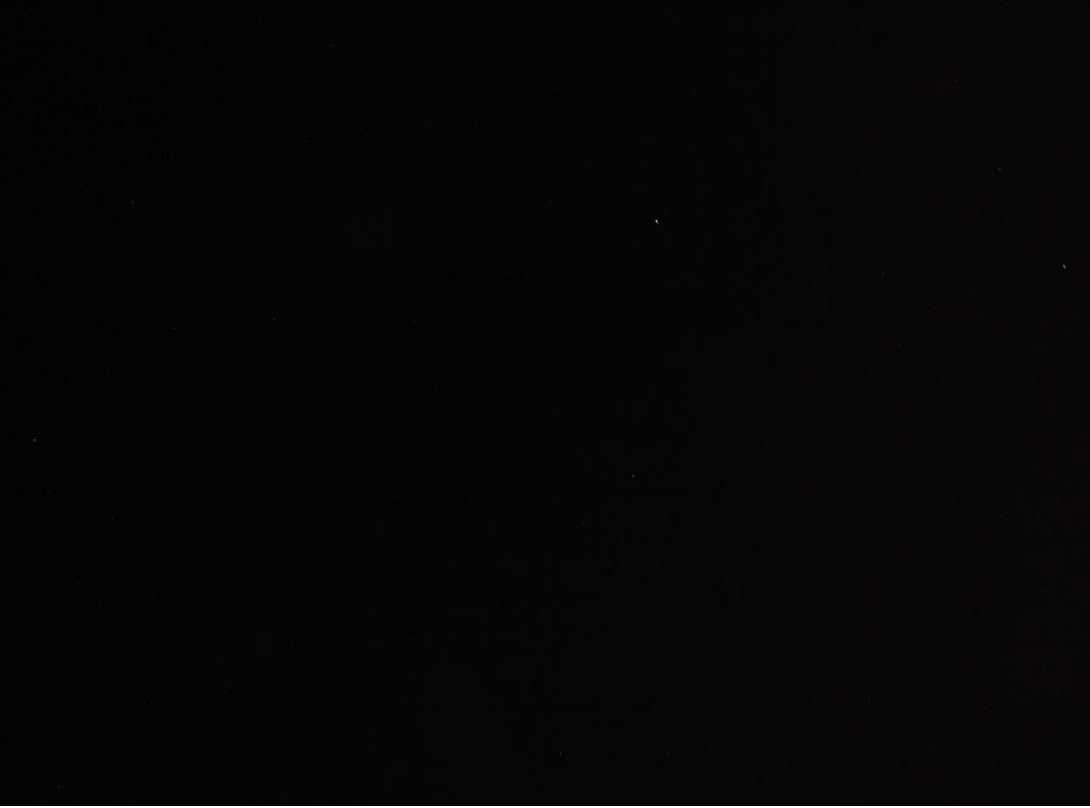
Şekil 6.17: Fahri Kayıhan Nikah Dairesi Arkası



Şekil 6.18: Fahri Kayıhan Nikah Dairesi Arkası Gökyüzü Fotoğrafı



Şekil 6.19: Çilesiz Mahallesi Mıhlı Dut Sokak



Şekil 6.20: Çilesiz Mahallesi Mıhlı Dut Sokak Gökyüzü Fotoğrafı



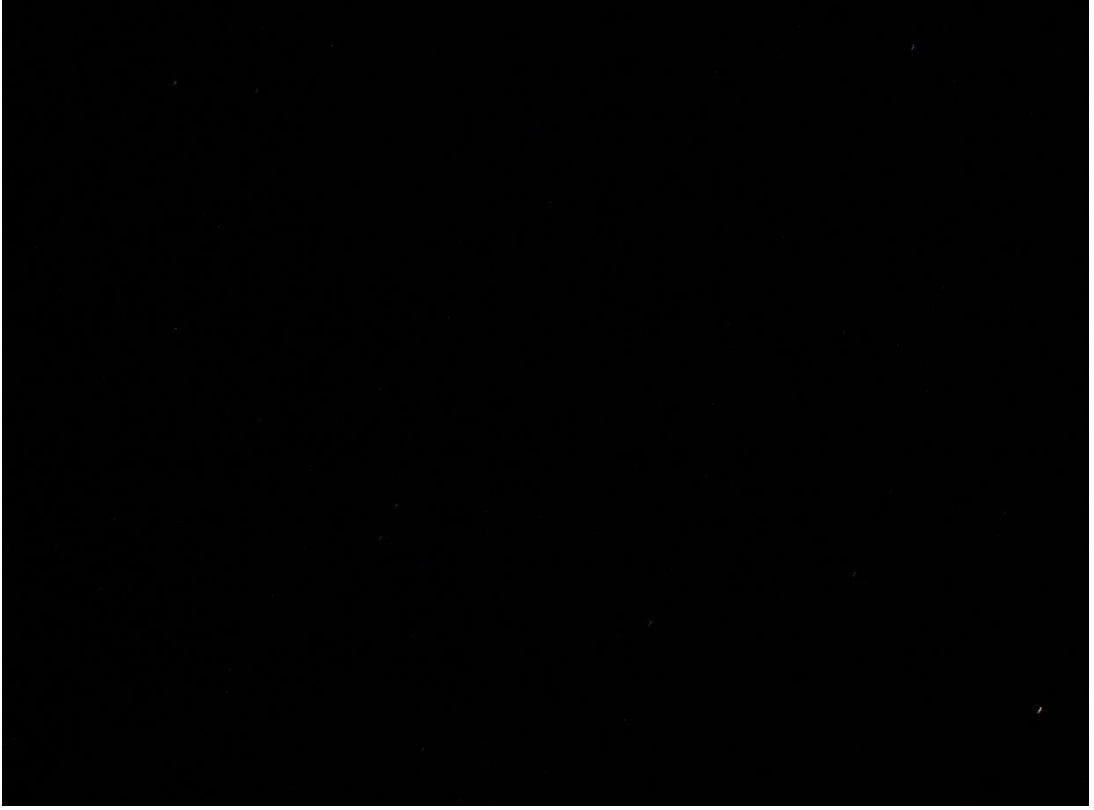
Şekil 6.21: Yüz Akı Bulvarı



Şekil 6.22: Yüz Akı Bulvarı Gökyüzü Fotoğraf Çekimi



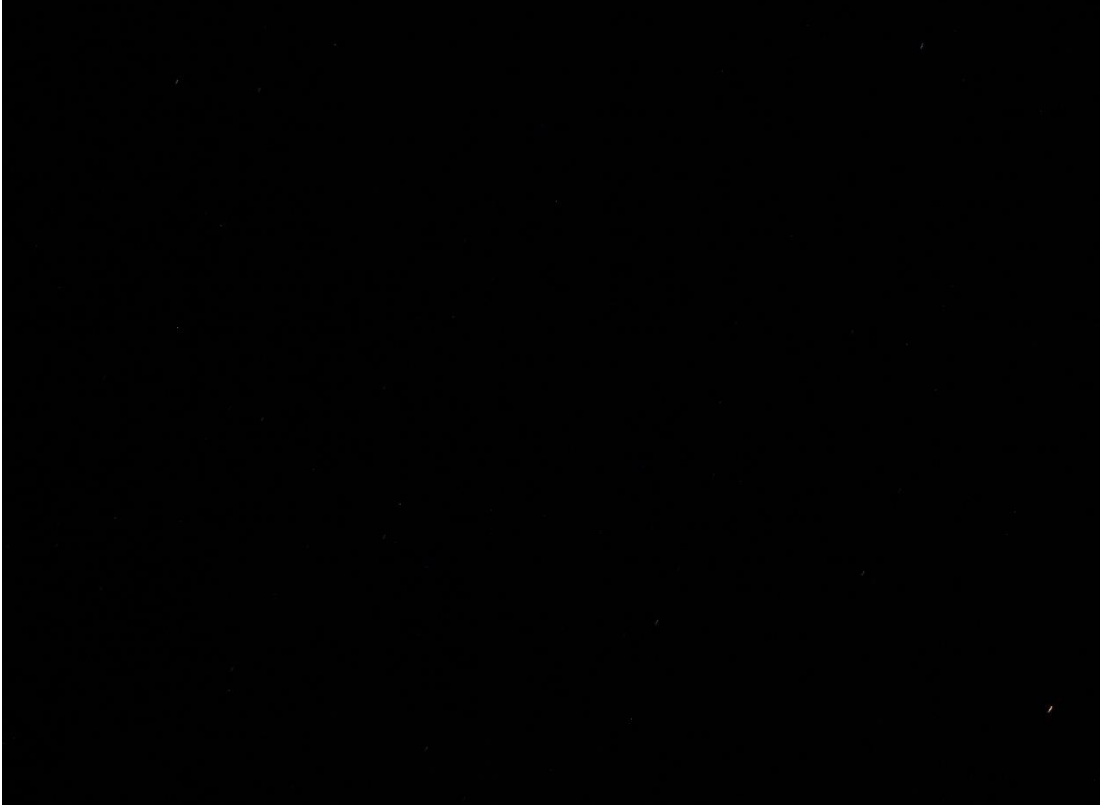
Şekil 6.23: Eskimalatya Ulu Cami



Şekil 6.24: Eskimalatya Ulu Cami Gökyüzü Fotoğrafı



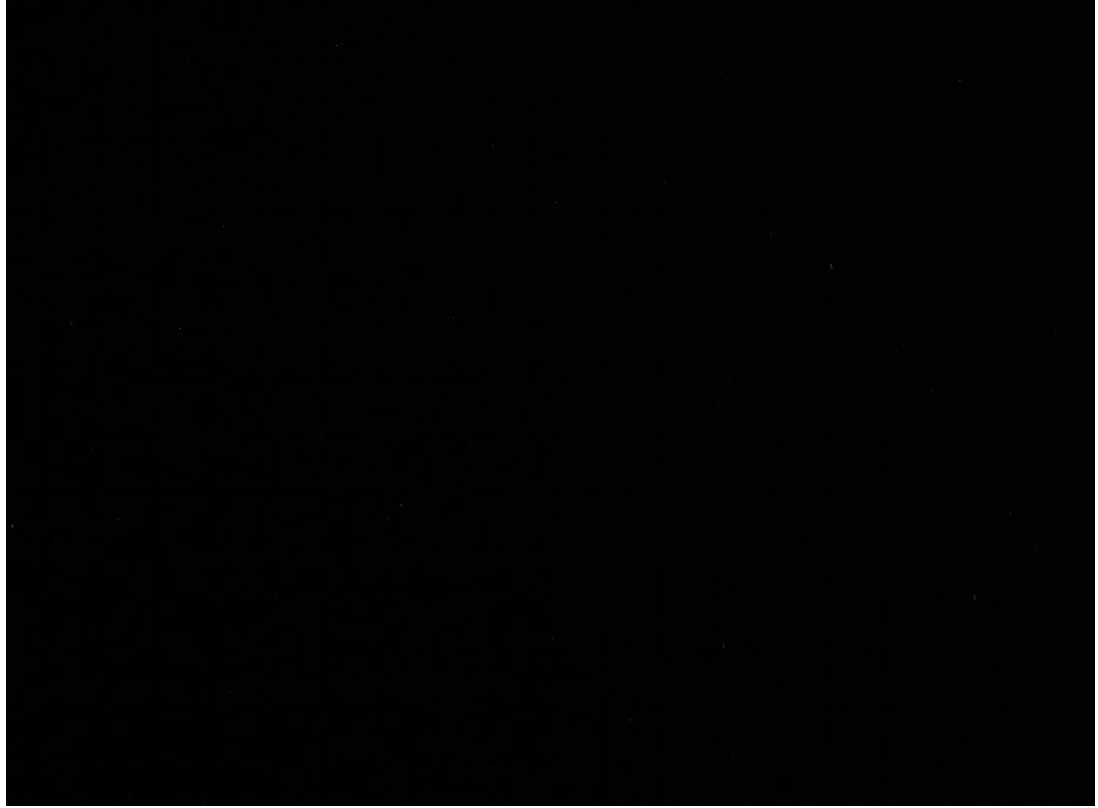
Şekil 6.25: Battalgazi Hanımın Çiftliği



Şekil 6.26: Battalgazi Hanımın Çiftliği Gökyüzü Fotoğrafi



Şekil 6.27: Battalgazi Hanımın Çiftliği İstiklal Sokak



Şekil 6.28: Battalgazi Hanımın Çiftliği İstiklal Sokak Gökyüzü Fotoğrafı



Şekil 6.29: Çat Yol Hanımın Çiftliği



Şekil 6.30: Çat Yol Hanımın Çiftliği Gök Yüzü Fotoğrafi.



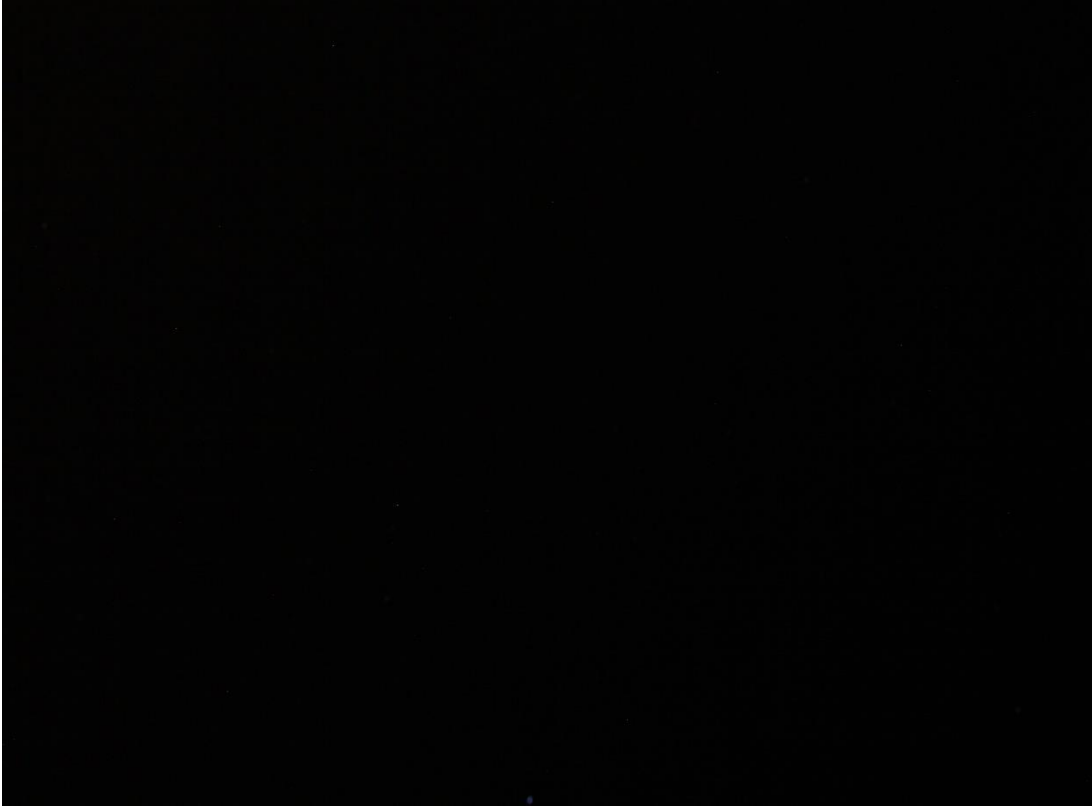
Şekil 6.31: Fahri Kayıhan Nikah Sarayı



Şekil 6.32: Fahri Kayıhan Nikah Sarayı Gök Yüzü Fotoğrafi



Şekil 6.33: Çöşnük TOKİ Sağlık Sen Konutları



Şekil 6.34: Çöşnük TOKİ Sağlık Sen Konutları Gök Yüzü Fotoğrafı



Şekil 6.35: Eski Devlet Hastanesi



Şekil 6.36: Eski Devlet Hastanesi Gök Yüzü Fotoğrafı



Şekil 6.37: Kernek Meydanı



Şekil 6.38: Kernek Meydanı Gök Yüzü Fotoğrafi



Şekil 6.39: Belediye Kapalı Otoparkı Cezmi Kartay Caddesi



Şekil 6.40: Belediye Kapalı Otoparkı Cezmi Kartay Caddesi Gök Yüzü Fotoğrafı.



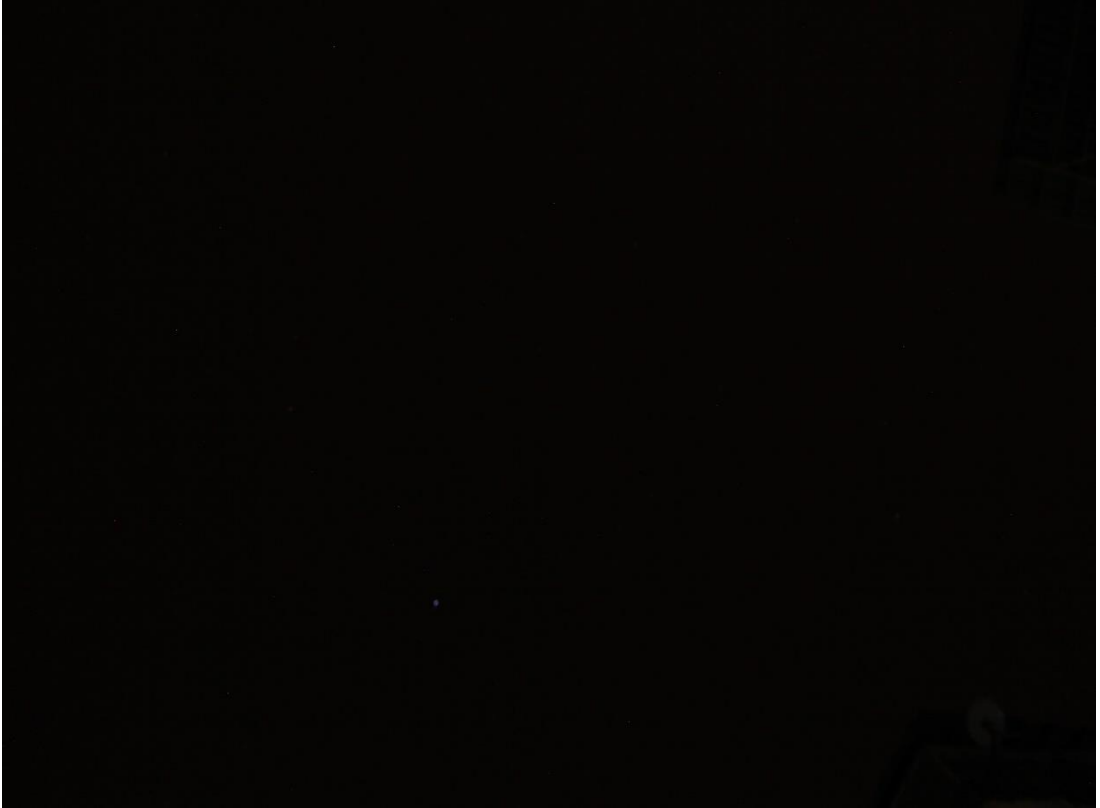
Şekil 6.41: Yeni Ca mi Yanı.



Şekil 6.42: Yeni Cami Yanı Gök Yüzü Fotoğrafı.



Şekil 6.43: Halep Caddesi



Şekil 6.44: Halep Caddesi Gök Yüzü Fotoğrafı.

Çizelge 6.1: Doğu yönünde saha okumaları

	1#		2#		3#		4#		5#		6#		7#	
0	18,67	0,0036764084	18,39	0,0047579925	19,32	0,0020203	19,36	0,001947	19,41	0,00186	19,77	0,001335	19,8	0,001298
5	18,64	0,0037794078	18,39	0,0047579925	19,29	0,0020769	19,45	0,001792	19,41	0,00186	19,76	0,001347	19,78	0,001323
10	18,61	0,0038852928	18,26	0,0053631971	19,23	0,0021949	19,5	0,001712	19,38	0,001912	19,75	0,00136	19,68	0,00145
15	18,56	0,0040684010	18,26	0,0053631971	19,18	0,0022984	19,56	0,00162	19,32	0,00202	19,75	0,00136	19,51	0,001696
20	18,51	0,0042601389	18,19	0,0057203652	19,16	0,0023411	19,62	0,001533	19,23	0,002195	19,76	0,001347	19,5	0,001712
25	18,47	0,0044200151	18,05	0,0065076435	19,11	0,0024515	19,67	0,001464	19,1	0,002474	19,78	0,001323	19,48	0,001744
30	18,41	0,0046711494	18,01	0,0067518651	19,06	0,002567	19,7	0,001424	18,97	0,002789	19,78	0,001323	19,47	0,00176
35	18,33	0,0050283298	17,94	0,0072015131	19,01	0,002688	19,7	0,001424	18,85	0,003115	19,79	0,00131	19,43	0,001826
40	18,28	0,0052653077	17,86	0,0077521783	18,98	0,0027633	19,73	0,001385	18,68	0,003643	19,8	0,001298	19,27	0,002116
45	18,16	0,0058806287	17,71	0,0089006916	18,96	0,0028146	19,73	0,001385	18,36	0,004891	19,79	0,00131	19,23	0,002195
50	17,99	0,0068773916	17,52	0,0106028778	18,91	0,0029473	19,73	0,001385	18,12	0,006101	19,76	0,001347	19,18	0,002298
55	17,9	0,0074717745	17,31	0,0128654137	18,87	0,0030579	19,7	0,001424	18,05	0,006508	19,73	0,001385	19,13	0,002407
60	17,74	0,0086581231	17,15	0,0149081501	18,61	0,0038853	19,65	0,001491	17,89	0,007541	19,7	0,001424	18,99	0,002738
65	17,57	0,0101256697	17,04	0,0164977134	18,49	0,0043393	19,65	0,001491	15,96	0,044609	19,63	0,001519	18,9	0,002975
70	17,41	0,0117333967	16,80	0,0205789758	18,42	0,0046283	19,62	0,001533	16,66	0,023411	19,5	0,001712	18,79	0,003292
75	17,23	0,0138491703	16,36	0,0308619779	18,42	0,0046283	19,59	0,001576	17,46	0,011205	19,3	0,002058	18,7	0,003576
80	17,18	0,0145018616	16,12	0,0384967224	18,4	0,0047144	19,59	0,001576	17,42	0,011626	18,98	0,002763	18,64	0,003779
85	16,95	0,0179235386	15,70	0,0566792057	18,4	0,0047144	19,48	0,001744	17,4	0,011842	18,57	0,004031	18,52	0,004221

Çizelge 6.2: Doğu yönü parlaklık ölçümleri

		L, PARLAKLIK					
Steradyan	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0,0003322	0,0036764084	0,0047579925	0,0020203367	0,0019472592	0,001859618	0,001334823	0,001298446
0,0026541	0,0037794078	0,0047579925	0,0020769391	0,0017923539	0,001859618	0,001347174	0,001322585
0,0052879	0,0038852928	0,0053631971	0,0021949456	0,0017116846	0,001911718	0,001359639	0,001450186
0,0078816	0,0040684010	0,0053631971	0,0022983902	0,0016196596	0,002020337	0,001359639	0,001695992
0,0104152	0,0042601389	0,0057203652	0,0023411204	0,0015325821	0,002194946	0,001347174	0,001711685
0,0128696	0,0044200151	0,0065076435	0,0024514540	0,0014636046	0,002474137	0,001322585	0,001743507
0,015226	0,0046711494	0,0067518651	0,0025669875	0,0014237173	0,002788841	0,001322585	0,00175964
0,0174666	0,0050283298	0,0072015131	0,0026879659	0,0014237173	0,003114754	0,00131046	0,001825676
0,0195742	0,0052653077	0,0077521783	0,0027632728	0,0013849170	0,003642703	0,001298446	0,002115552
0,0215329	0,0058806287	0,0089006916	0,0028146458	0,0013849170	0,004891294	0,00131046	0,002194946
0,0233276	0,0068773916	0,0106028778	0,0029472960	0,0013849170	0,006101319	0,001347174	0,00229839
0,0249449	0,0074717745	0,0128654137	0,0030579034	0,0014237173	0,006507644	0,001384917	0,00240671
0,0263723	0,0086581231	0,0149081501	0,0038852928	0,0014908150	0,00754091	0,001423717	0,002737939
0,027599	0,0101256697	0,0164977134	0,0043393408	0,0014908150	0,04460913	0,001518531	0,002974567
0,0286156	0,0117333967	0,0205789758	0,0046283240	0,0015325821	0,023411204	0,001711685	0,003291727
0,0294144	0,0138491703	0,0308619779	0,0046283240	0,0015755194	0,011205307	0,002057898	0,003576216
0,0299894	0,0145018616	0,0384967224	0,0047143710	0,0015755194	0,011625824	0,002763273	0,003779408
0,0303362	0,0179235386	0,0566792057	0,0047143710	0,0017435072	0,011841965	0,004031102	0,004221082

Çizelge 6.3: Doğu yönünde aydınlanma değerleri

	E AYDINLANMA					
#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
1,2214242082	1,5807621308	6,7122252670	0,6469437525	0,6178264873	4,4347232555	4,3138647350
1,0030824208	1,2628059497	5,5123479010	0,4757037986	0,4935562086	3,5754986583	3,5102384530
2,0545226395	0,2836030723	1,1606758047	0,9051299410	1,0109063656	7,1897026825	7,6685089940
3,2065420046	0,4227045605	1,8114941397	1,2765473647	1,5923441379	1,0716104336	1,3367091885
0,0000443703	0,5957888486	2,4383293723	1,5962186114	2,2860849798	0,0000140311	1,7827579025
0,0000568838	0,8375079520	3,1549242719	1,8836011169	3,1841164268	0,0000170212	2,2438247768
0,0000711231	1,0280416106	3,9085051933	2,1677574794	4,2463001920	0,0000201377	2,6792342930
0,0000878278	1,2578590563	4,6949609127	2,4867491659	0,0000544041	0,0000228893	3,1888345069
0,0001030643	1,5174282891	5,4088903356	0,0002710867	0,0000713031	0,0000254161	4,1410280881
0,0001266268	1,9165743604	0,0000606074	0,0002982124	0,0001053236	0,0000282180	4,7263477655
0,0001604333	0,2473401583	0,0000687535	0,0003230685	0,0001423294	0,0000314264	5,3616027651
0,0001863825	0,3209262134	0,0000762790	0,0003551446	0,0001623324	0,0000345466	0,0600350936
0,0002283344	0,3931617883	0,0001024640	0,0003931618	0,0001988709	0,0000375467	0,0000722057
0,0002794579	0,4553196505	0,0001197613	0,0004114494	0,0012311654	0,0000419099	0,0000820949
0,0003357581	0,5888795740	0,0001324422	0,0004385574	0,0006699255	0,0000489809	0,0000941947
0,0004073657	0,0009077880	0,0001361396	0,0004634303	0,0003295979	0,0000605319	0,0001051924
0,0004349027	0,0011544952	0,0001413814	0,0004724895	0,0003486520	0,0000828690	0,0001133423
0,0005437320	0,0017194316	0,0001430161	0,0005289138	0,0003592402	0,0001222883	0,0001280516
0,0030662628	0,0037817149	0,0009808445	0,0036844277	0,0035474373	0,0004883176	10,1485807058
0,0012214242	0,0015807621	0,0006712225	0,0006469438	0,0006178265	0,0004434723	0,0004313865
2,5103995880	2,3923364560	3,4804986110	1,1446938116	1,3438973206	1,6273054633	5,1162593736

Çizelge 6.4: Batı yönünde saha okumaları

	1#		2#		3#		4#		5#		6#		7#	
0	18,81	0,003232	18,54	0,004144038	19,34	0,001983	19,4	0,001877	20	0,00108	18,98	0,00276	19,71	0,001411
5	18,79	0,003292	18,52	0,004221082	18,27	0,005314	19,3	0,002058	20,05	0,001031	18,87	0,00306	19,71	0,001411
10	18,78	0,003322	18,48	0,004379492	19,21	0,002236	19,19	0,002277	20,03	0,001051	18,8	0,00326	19,73	0,001385
15	18,77	0,003353	18,44	0,004543848	19,11	0,002451	19,04	0,002615	20	0,00108	18,72	0,00351	19,74	0,001372
20	18,73	0,003479	18,28	0,005265308	18,98	0,002763	18,98	0,002763	19,93	0,001152	18,58	0,00399	19,74	0,001372
25	18,71	0,003543	18,21	0,005615957	18,95	0,002841	18,87	0,003058	19,93	0,001152	18,92	0,00292	19,68	0,00145
30	18,62	0,00385	18,11	0,006157774	18,8	0,003262	18,78	0,003322	19,88	0,001206	19,19	0,00228	19,56	0,00162
35	18,49	0,004339	17,94	0,007201513	18,67	0,003676	18,72	0,003511	19,87	0,001217	19,49	0,00173	19,48	0,001744
40	18,45	0,004502	17,86	0,007752178	18,53	0,004182	18,66	0,00371	19,8	0,001298	19,47	0,00176	19,36	0,001947
45	18,33	0,005028	17,74	0,008658123	18,36	0,004891	18,48	0,004379	19,78	0,001323	19,43	0,00183	19,24	0,002175
50	18,16	0,005881	17,7	0,008983049	18,17	0,005827	18,3	0,005169	19,67	0,001464	19,36	0,00195	19,18	0,002298
55	17,97	0,007005	17,63	0,009581285	17,97	0,007005	17,84	0,007896	19,55	0,001635	19,33	0,002	18,94	0,002867
60	17,64	0,009493	17,55	0,01031392	17,78	0,008345	17,68	0,00915	19,36	0,001947	19,23	0,00219	18,82	0,003202
65	17,62	0,00967	17,25	0,013596394	17,66	0,00932	17,29	0,013105	19,2	0,002256	18,42	0,00463	18,59	0,003958
70	16,16	0,037104	17,01	0,016959918	17,4	0,011842	16,32	0,03202	19,11	0,002451	17,51	0,0107	18,34	0,004982
75	15,59	0,062723	16,94	0,018089383	16,9	0,018768	16,15	0,037448	18,99	0,002738	17,22	0,01398	18,21	0,005616
80	15,40	0,074718	16,85	0,019652769	16,75	0,021549	15,89	0,04758	18,93	0,002894	17,02	0,0168	17,96	0,00707
85	15,66	0,058806	16,44	0,02866974	16,24	0,034469	15,64	0,0599	18,9	0,002975	16,17	0,03676	17,39	0,011952

Çizelge 6.5: Batı yönü parlaklık ölçümleri

		L, PARLAKLIK					
steradyan	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0,000332	0,00323165	0,004144	0,001983	0,001877	0,00108	0,002763273	0,001411
0,002654	0,00329173	0,004221	0,005314	0,002058	0,001031392	0,003057903	0,001411
0,005288	0,00332218	0,004379	0,002236	0,002277	0,001050567	0,003261548	0,001385
0,007882	0,00335292	0,004544	0,002451	0,002615	0,00108	0,003510943	0,001372
0,010415	0,00347875	0,005265	0,002763	0,002763	0,001151924	0,003994144	0,001372
0,01287	0,00354343	0,005616	0,002841	0,003058	0,001151924	0,002920275	0,00145
0,015226	0,00384967	0,006158	0,003262	0,003322	0,001206212	0,002277318	0,00162
0,017467	0,00433934	0,007202	0,003676	0,003511	0,001217373	0,001727523	0,001744
0,019574	0,00450219	0,007752	0,004182	0,00371	0,001298446	0,00175964	0,001947
0,021533	0,00502833	0,008658	0,004891	0,004379	0,001322585	0,001825676	0,002175
0,023328	0,00588063	0,008983	0,005827	0,005169	0,001463605	0,001947259	0,002298
0,024945	0,00700525	0,009581	0,007005	0,007896	0,001634646	0,002001814	0,002867
0,026372	0,00949344	0,010314	0,008345	0,00915	0,001947259	0,002194946	0,003202
0,027599	0,00966994	0,013596	0,00932	0,013105	0,00225644	0,004628324	0,003958
0,028616	0,03710426	0,01696	0,011842	0,03202	0,002451454	0,010700985	0,004982
0,029414	0,06272256	0,018089	0,018768	0,037448	0,002737939	0,013977315	0,005616
0,029989	0,07471774	0,019653	0,021549	0,04758	0,002893502	0,016804429	0,00707
0,030336	0,05880629	0,02867	0,034469	0,0599	0,002974567	0,036764084	0,011952

Çizelge 6.6: Batı yönünde aydınlanma değerleri

	E AYDINLANMA					
#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
1,07365938	1,376786	0,658971	0,623543	3,58812E-05	9,180503982	4,686693
0,87364827	1,120306	1,410382	0,546181	2,73739E-06	0,811589873	3,744007
1,7568E-05	0,231585	1,182254	1,204234	5,55534E-05	1,724689547	7,323369
2,6426E-05	0,358127	1,932133	2,060805	8,5121E-05	2,76718E-05	1,081526
3,6232E-05	0,548394	2,87801	2,87801	1,199754452	4,15999E-05	1,429198
4,5603E-05	7,227514	3,655855	3,935401	1,482480328	3,75828E-05	1,866332
5,8615E-05	9,375851	4,966045	0,505837	1,836583564	3,46745E-05	2,4661
7,5794E-05	1,257859	6,421433	6,132421	2,12634E-05	3,01739E-05	3,045313
8,8127E-05	1,517428	0,818669	7,262868	2,54161E-05	3,44436E-05	3,811608
0,00010827	1,864342	0,000105	0,94303	2,84791E-05	3,9312E-05	4,683016
0,00013718	2,095534	0,000136	1,205854	3,41424E-05	4,5425E-05	5,361603
0,00017475	2,39004	0,000175	1,969723	4,07761E-05	4,9935E-05	7,151633
0,00025036	2,720015	0,00022	2,413078	5,13536E-05	5,78857E-05	8,44E-05
0,00026688	3,752463	0,000257	3,616733	6,22754E-05	0,000127737	0,000109
0,00106176	0,485318	0,000339	9,162764	7,01498E-05	0,000306215	0,000143
0,00184495	0,000532	0,000552	0,11015	8,0535E-05	0,000411135	0,000165
0,00224074	0,000589	0,000646	0,14269	8,67745E-05	0,000503955	0,000212
0,00178396	0,00087	0,001046	0,181713	0,009023705	0,001115283	0,000363
0,00107366	0,001377	0,000659	0,000624	0,000358812	0,00091805	0,000469
1,95659853	1,816247	2,392789	4,489566	4,52888132	1,172056448	4,665194

Çizelge 6.7: Kuzey yönünde saha okumaları

	1#		2#		3#		4#		5#		6#		7#	
0	18,74	0,003447	18,55	0,004106	19,37	0,001929407	19,41	0,00186	19,75	0,00136	19,75	0,00136	19,5	0,001712
5	18,69	0,003609	18,49	0,004339	19,13	0,00240671	19,36	0,001947	19,88	0,001206	19,9	0,001184	19,45	0,001792
10	18,64	0,003779	18,44	0,004544	19,02	0,002663322	19,25	0,002155	19,89	0,001195	20,3	0,000819	19,35	0,001965
15	18,6	0,003921	18,4	0,004714	18,94	0,002866974	19,03	0,002639	19,86	0,001229	20,12	0,000967	19,3	0,002058
20	18,64	0,003779	18,38	0,004802	18,87	0,003057903	18,95	0,002841	19,8	0,001298	20,12	0,000967	19,26	0,002135
25	18,6	0,003921	18,34	0,004982	18,73	0,003478754	18,38	0,004802	19,73	0,001385	20,11	0,000976	19,22	0,002215
30	18,55	0,004106	18,31	0,005122	18,56	0,004068401	18,26	0,005363	19,64	0,001505	20,11	0,000976	19,14	0,002385
35	18,45	0,004502	18,24	0,005463	18,41	0,004671149	18,01	0,006752	19,48	0,001744	20,9	0,000471	19,04	0,002615
40	18,33	0,005028	18,12	0,006101	18,13	0,006045382	17,95	0,007135	19,3	0,002058	20,6	0,000621	18,64	0,003779
45	18,19	0,00572	18	0,006814	17,96	0,007070071	17,81	0,008118	19,12	0,002429	20,2	0,000898	18,44	0,004544
50	18,13	0,006045	17,94	0,007202	17,86	0,007752178	17,7	0,008983	18,76	0,003384	19,99	0,00109	18,23	0,005513
55	18,03	0,006629	17,79	0,008268	17,75	0,008578745	17,43	0,011519	18,5	0,0043	19,96	0,001121	18,18	0,005773
60	17,93	0,007268	17,71	0,008901	17,54	0,010409353	17,29	0,013105	18,29	0,005217	19,95	0,001131	17,77	0,008422
65	17,8	0,008193	17,61	0,009759	17,3	0,012984456	16,91	0,018596	18,08	0,00633	19,95	0,001131	17,42	0,011626
70	17,53	0,010506	17,21	0,014107	16,43	0,028935018	16,37	0,030579	17,18	0,014502	19,93	0,001152	17,12	0,015326
75	17,15	0,014908	16,93	0,018257	16	0,042995574	16,06	0,040684	17,18	0,014502	19,9	0,001184	16,9	0,018768
80	16,52	0,026633	16,33	0,031727	15,53	0,066286297	15,76	0,053632	17,15	0,014908	19,88	0,001206	16,58	0,025201
85	15,84	0,049822	15,81	0,051218	15,41	0,074032728	15,4	0,074718	17,15	0,014908	19,84	0,001251	16,15	0,037448

Çizelge 6.8: Kuzey yönü parlaklık değerleri

		L, PARLAKLIK					
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0,000332	0,0164977	0,00074	0,0020962	0,000621	0,005075	0,017435	0,001397732
0,002654	0,0133482	0,00074	0,0020962	0,000633	0,005265	0,015755	0,001410665
0,005288	0,0121737	0,000747	0,0021748	0,000639	0,005169	0,014502	0,001397732
0,007882	0,011309	0,000761	0,0022984	0,000804	0,005075	0,013226	0,001450186
0,010415	0,0111026	0,000782	0,0025435	0,000747	0,005075	0,011952	0,001490815
0,01287	0,0111026	0,000834	0,0026389	0,000727	0,005265	0,011733	0,001490815
0,015226	0,0115192	0,000866	0,0029203	0,000754	0,005616	0,012174	0,001561075
0,017467	0,0128654	0,001003	0,0031727	0,00079	0,00599	0,012747	0,00161966
0,019574	0,0149082	0,00109	0,0035434	0,000858	0,006568	0,014237	0,001680443
0,021533	0,0174351	0,001184	0,0051218	0,00089	0,007202	0,016048	0,001825676
0,023328	0,0215488	0,001561	0,0049822	0,000994	0,008901	0,018426	0,001965277
0,024945	0,0284069	0,001792	0,0052653	0,001003	0,010219	0,022153	0,002174822
0,026372	0,0351094	0,002175	0,0062723	0,001041	0,012515	0,02867	0,00502833
0,027599	0,0493655	0,002615	0,0132259	0,001173	0,015468	0,032917	0,006388866
0,028616	0,0572037	0,003447	0,0116258	0,001385	0,021748	0,042996	0,008043105
0,029414	0,0675187	0,00371	0,0122864	0,001263	0,024515	0,057733	0,010409353
0,029989	0,073354	0,003779	0,0153258	0,00124	0,029203	0,082684	0,012173733
0,030336	0,0775218	0,003779	0,030579	0,001022	0,033529	0,094934	0,011413629

Çizelge 6.9: Kuzey yönünde aydınlanma değerleri

	E AYDINLANMA					
#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
5,4810848	2,459612	6,9641244	2,064745	1,686035	5,792506	4,643725324
3,5427183	1,964883	5,563353	1,680106	1,397451	4,181544	3,744006719
6,4374065	3,951035	1,1500347	3,378399	2,733449	7,668509	7,391131536
8,9132674	5,998421	1,8114941	6,339236	3,999788	0,000104	1,142975532
0,0001156	8,148776	2,6490635	7,78202	5,285577	0,000124	1,552717223
0,0001429	1,073962	3,3961662	9,353819	6,776242	0,000151	1,918619876
0,0001754	1,318289	4,4464222	1,148182	8,550878	0,000185	2,376898811
0,0002247	1,752395	5,5415592	1,379215	0,000105	0,000223	2,828993704
0,0002918	2,133576	6,9359855	1,679222	0,000129	0,000279	3,289335531
0,0003754	2,549915	0,0001103	1,916574	0,000155	0,000346	3,931204841
0,0005027	3,64162	0,0001162	2,318967	0,000208	0,00043	4,584528052
0,0007086	4,471005	0,0001313	2,502679	0,000255	0,000553	5,425068072
0,0009259	5,7355	0,0001654	2,745183	0,00033	0,000756	0,000132608
0,0013624	7,21633	0,000365	3,238295	0,000427	0,000908	0,000176326
0,0016369	9,863396	0,0003327	0,000396	0,000622	0,00123	0,000230158
0,001986	0,000109	0,0003614	0,000372	0,000721	0,001698	0,000306185
0,0021998	0,000113	0,0004596	0,000372	0,000876	0,00248	0,000365083
0,0023517	0,000115	0,0009277	0,00031	0,001017	0,00288	0,000346246
0,013	0,000337	0,0029696	0,00145	0,004611	0,011281	0,001556608
0,0054811	0,000246	0,0006964	0,000206	0,001686	0,005793	0,000464373
2,3717961	1,370685	4,2641802	7,02126	2,73476	1,947462	3,352066611

Çizelge 6.10: Güney yönünde saha okumaları

	1#		2#		3#		4#		5#		6#		7#	
0	18,8	0,003262	18,55	0,004106	19,2	0,002256	19,32	0,00202	19,96	0,001121	19,84	0,001251	19,79	0,00131
5	18,79	0,003292	18,53	0,004182	19,29	0,002077	19,38	0,001912	19,88	0,001206	19,7	0,001424	19,75	0,00136
10	18,79	0,003292	18,48	0,004379	19,36	0,001947	19,37	0,001929	19,83	0,001263	19,53	0,001665	19,69	0,001437
15	18,77	0,003353	18,41	0,004671	19,4	0,001877	19,45	0,001792	19,75	0,00136	19,41	0,00186	19,59	0,001576
20	18,75	0,003415	18,36	0,004891	19,44	0,001809	19,45	0,001792	19,65	0,001491	19,33	0,002002	19,55	0,001635
25	18,72	0,003511	18,25	0,005413	19,49	0,001728	19,44	0,001809	19,59	0,001576	19,24	0,002175	19,44	0,001809
30	18,69	0,003609	18,11	0,006158	19,49	0,001728	19,44	0,001809	19,52	0,00168	19,16	0,002341	19,31	0,002039
35	18,63	0,003814	17,94	0,007202	19,54	0,00165	19,44	0,001809	19,45	0,001792	18,9	0,002975	19,43	0,001826
40	18,46	0,004461	17,75	0,008579	19,56	0,00162	19,42	0,001843	19,36	0,001947	18,58	0,003994	19,14	0,002385
45	18,22	0,005564	17,6	0,00985	19,56	0,00162	19,42	0,001843	19,21	0,002236	18,26	0,005363	19,23	0,002195
50	17,95	0,007135	17,38	0,012062	19,65	0,001491	19,4	0,001877	19,13	0,002407	18,15	0,005935	18,98	0,002763
55	17,83	0,007969	17,12	0,015326	19,65	0,001491	19,4	0,001877	18,86	0,003086	18	0,006814	18,85	0,003115
60	17,69	0,009066	16,94	0,018089	19,58	0,00159	19,38	0,001912	18,57	0,004031	17,91	0,007403	18,71	0,003543
65	17,38	0,012062	16,77	0,021156	19,45	0,001792	19,38	0,001912	18,38	0,004802	17,78	0,008345	18,59	0,003958
70	16,67	0,023197	16,63	0,024067	19,43	0,001826	19,3	0,002058	18,36	0,004891	17,66	0,00932	18,51	0,00426
75	16,69	0,022773	16,41	0,029473	19,41	0,00186	19,3	0,002058	18,33	0,005028	17,55	0,010314	18,43	0,004586
80	16,58	0,025201	15,89	0,04758	19,41	0,00186	19,27	0,002116	18,22	0,005564	17,38	0,012062	18,33	0,005028
85	16,37	0,030579	15,27	0,084222	19,37	0,001929	19,27	0,002116	18,13	0,006045	16,77	0,021156	18,23	0,005513

Çizelge 6.11: Güney yönünde parlaklık değerleri

		L, PARLAKLIK					
Steradyan	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0,000332	0,00126306	0,020769	0,0024067	0,005616	0,001121	0,001251	0,00131
0,002654	0,00129845	0,022153	0,0024067	0,005513	0,001206	0,001424	0,00136
0,005288	0,00141066	0,022773	0,002567	0,004221	0,001263	0,001665	0,001437
0,007882	0,00169599	0,023846	0,002688	0,003262	0,00136	0,00186	0,001576
0,010415	0,00236278	0,02567	0,0028146	0,002947	0,001491	0,002002	0,001635
0,01287	0,00281465	0,02867	0,0029203	0,004379	0,001576	0,002175	0,001809
0,015226	0,00297457	0,030579	0,0036427	0,00633	0,00168	0,002341	0,002039
0,017467	0,00320202	0,033839	0,0043795	0,009066	0,001792	0,002975	0,001826
0,019574	0,00371043	0,036093	0,0052653	0,010506	0,001947	0,003994	0,002385
0,021533	0,00384967	0,040311	0,0062723	0,013722	0,002236	0,005363	0,002195
0,023328	0,00395753	0,043393	0,011309	0,018089	0,002407	0,005935	0,002763
0,024945	0,00429956	0,050749	0,0227732	0,001665	0,003086	0,006814	0,003115
0,026372	0,00446091	0,071355	0,0317266	0,179235	0,004031	0,007403	0,003543
0,027599	0,00480202	0,080431	0,0531403	0,007541	0,004802	0,008345	0,003958
0,028616	0,00502833	0,090662	0,5121813	0,007824	0,004891	0,00932	0,00426
0,029414	0,00582671	0,092347	0,4543848	0,007969	0,005028	0,010314	0,004586
0,029989	0,00713549	0,094064	0,4543848	0,008193	0,005564	0,012062	0,005028
0,030336	0,00754091	0,096699	0,4543848	0,008193	0,006045	0,021156	0,005513

Çizelge 6.12: Güney yönünde aydınlanma değerleri

	E AYDINLANMA					
#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
4,19629994	6,900277	7,9958847	1,865806	0,372277	0,415783	4,35378
3,44616938	5,879449	6,3875839	1,463311	0,320138	0,377865	3,608582
7,45952083	1,204234	1,3574096	2,232086	0,667899	0,880463	7,598204
1,33670919	1,879477	2,1185413	2,570614	1,07161	1,47E-05	1,241758
2,4609E-05	2,673575	2,9315167	3,069675	1,552717	2,08E-05	1,702521
0,00036223	3,689682	3,7582783	5,636233	2,027631	2,8E-05	2,328032
0,00045291	4,655976	5,5463937	9,638528	2,558649	3,56E-05	3,104636
0,00055928	5,910606	7,6494812	1,583551	3,13E-05	5,2E-05	3,188835
0,00072629	0,706494	10,306428	2,056403	3,81E-05	7,82E-05	4,667756
0,00082894	0,868012	0,0001351	2,954784	4,81E-05	0,000115	4,726348
0,0009232	1,012266	0,0002638	0,00422	5,61E-05	0,000138	6,446064
0,00010725	1,265917	0,0005681	0,000415	7,7E-05	0,00017	7,769717
0,00011764	1,881791	0,0008367	0,000473	0,000106	0,000195	9,34E-05
0,00013253	2,219813	0,0001467	0,000208	0,000133	0,00023	0,000109
0,00143889	2,594338	0,0001466	0,000224	0,00014	0,000267	0,000122
0,0017139	0,002716	0,0001337	0,000234	0,000148	0,000303	0,000135
0,00213989	0,002821	0,0001363	0,000246	0,000167	0,000362	0,000151
0,00228763	0,002933	0,0001378	0,000249	0,000183	0,000642	0,000167
0,00968987	0,008471	0,0025046	0,006269	0,000877	0,002308	0,000684
0,0041963	0,0069	0,0007996	0,001866	0,000372	0,000416	0,000435
2,30914632	1,227598	3,1324109	3,359674	2,355723	5,549968	1,571222

Çizelge 6.13: Başucu doğrultusunda alınan ölçümler ve hesaplamalar

	SQM (<i>kadir/açısaniye²</i>) (m)	Parlaklık <i>cd/m²</i> (L)	Yüzey Alanı <i>m²</i> (A)	Işık Şiddeti <i>cd</i> (I)	Aydınlanma <i>lümen/m²</i> (E)	Işık Akısı <i>lümen</i> (ϕ)
44-1	18,13	0,006045382	3526286,42	21317,7488	0,037984256	133943,366
44-2	18,99	0,002737939	3625287,33	9925,81528	0,017202978	62365,73673
44-3	19,43	0,001825676	4065874,39	7422,97013	0,011471062	46639,89686
44-4	19,33	0,002001814	3498995,52	7004,33875	0,012577769	44009,55835
44-5	20,05	0,001031392	3488974,4	3598,50026	0,006480427	22610,04396
44-6	19,78	0,001322585	3654758,14	4833,7301	0,00831005	30371,22197
44-7	18,26	0,005363197	3598994,6	19302,1173	0,033697961	121278,7798
44-8	18,76	0,003383949	3496657,32	11832,5086	0,021261976	74345,84406
44-9	19,2	0,00225644	3425045,66	7728,40942	0,01417763	48559,0285
44-10	20	0,00108	3689846,64	3985,03437	0,00678584	25038,70941
44-11	18,91	0,002947296	3478854,6	10253,2143	0,018518407	64422,84523
44-12	18,89	0,00300209	3566458,45	10706,8304	0,01886269	67272,9996
44-13	19,34	0,001983461	2998745,44	5947,89586	0,012462456	37371,73188
44-14	19,16	0,00234112	3556512,67	8326,22448	0,014709694	52315,21133
44-15	18,91	0,002947296	3515146,63	10360,1776	0,018518407	65094,91581
44-16	18,91	0,002947296	3468875,36	10223,8025	0,018518407	64238,0456
44-17	17,85	0,007823908	3458567,25	27059,5133	0,049159066	170019,9361
44-18	18,87	0,003057903	3499456,48	10700,9997	0,019213373	67236,36417
44-19	20,03	0,001050567	3589874,52	3771,40371	0,006600907	23696,42838
44-20	20,14	0,000949344	3854624,5	3659,36587	0,005964906	22992,47385
44-21	19,49	0,001727523	3445896,42	5952,86419	0,010854345	37402,9488
44-22	18,24	0,005462906	3465627,55	18932,3987	0,034324453	118955,7696
44-23	18,92	0,002920275	3589896,24	10483,4844	0,018348629	65869,67491

44-24	18,94	0,002866974	3845498,65	11024,9447	0,018013729	69271,77038
44-25	17,83	0,007969366	3186476,85	25394,1993	0,050073001	159556,4597
44-26	17,68	0,009150056	3512457,32	32139,1814	0,057491498	201936,4326
44-27	17,75	0,008578745	3489965,17	29939,521	0,053901844	188115,5586
44-28	19,82	0,001274746	3398475,44	4332,19395	0,008009467	27219,97736
44-29	19,88	0,001206212	3798854,32	4582,22484	0,007578855	28790,96776
44-30	20,57	0,000638887	4154864,25	2654,48695	0,004014243	16678,63339
44-31	18,42	0,004628324	3389454,4	15687,4932	0,029080617	98567,42688
44-32	17,98	0,006941027	3507895,63	24348,3995	0,043611761	152985,506
44-33	17,5	0,0108	3287941,65	35509,7698	0,067858401	223114,464
44-34	17,92	0,007335399	3765643,1	27622,4955	0,046089673	173557,2579
44-35	18,26	0,005363197	3499865,25	18770,4671	0,033697961	117938,3228
44-36	17,99	0,006877392	3612145,4	24842,1385	0,043211926	156087,7598
44-37	18,4	0,004714371	3498964,21	16495,4154	0,029621267	103643,7514
44-39	17,72	0,00881909	3521148,14	31053,321	0,055411974	195113,7701
44-40	20,08	0,001003284	3798546,22	3811,0195	0,006303817	23945,34171
44-41	17,95	0,007135489	3389945,3	24188,9182	0,044833601	151983,4555
44-42	17,58	0,010032837	3747856,5	37601,6333	0,063038174	236258,0297
44-43	17,96	0,007070071	3522747,9	24906,0766	0,044422564	156489,4948
44-44	18,67	0,003676408	3512146,88	12912,0865	0,023099556	81129,03195
44-45	17,96	0,007070071	4165987,64	29453,8271	0,044422564	185063,8535
44-46	16,53	0,02638905	3495612,1	92245,8824	0,165807291	579597,9728
44-47	17,58	0,010032837	3541121,4	35527,4937	0,063038174	223225,8266
44-48	17,83	0,007969366	3225149,4	25702,395	0,050073001	161492,9104
44-50	18,58	0,003994144	3489455,5	13937,3889	0,025095949	87571,19741
44-51	18,64	0,003779408	3516154,26	13288,9808	0,02374672	83497,12922
44-52	18,14	0,005989958	3521146,7	21091,5198	0,037636014	132521,9272
44-53	17,45	0,011308988	3533454,57	39959,7965	0,071056469	251074,806

44-54	17,51	0,010700985	3687452,2	39459,3707	0,067236272	247930,5382
44-55	18,1	0,006214751	3512179,4	21827,3216	0,039048434	137145,1062
44-56	17,78	0,00834495	3498786,79	29197,2019	0,052432869	183451,4302
44-57	17,32	0,012747463	2987652,21	38084,9856	0,080094671	239295,0219
44-58	18,26	0,005363197	3549487,5	19036,601	0,033697961	119610,4915
44-59	18,33	0,00502833	3568546,5	17943,8287	0,031593928	112744,4011
44-60	20,68	0,00057733	4036894,84	2330,61851	0,003627468	14643,70799
44-61	18,64	0,003779408	3502015,6	13235,5451	0,02374672	83161,38243
44-62	18,03	0,00662863	3778956,4	25049,3025	0,041648908	157389,4092
44-63	20	0,00108	3587456,22	3874,45272	0,00678584	24343,90439
44-64	18,17	0,005826715	3516178,62	20487,7697	0,036610328	128728,4538
44-65	18,73	0,003478754	3475855,6	12091,6476	0,021857658	75974,06251
44-66	18,17	0,005826715	3501026,48	20399,4825	0,036610328	128173,729
44-67	18,71	0,003543429	3475485,45	12315,1365	0,022264022	77378,28476
44-68	18,3	0,005169205	3625149,46	18739,1407	0,032479073	117741,4935
44-69	19,17	0,002319657	3526568,54	8180,42909	0,014574834	51399,15186
44-70	18,88	0,003029868	2989685,4	9058,35311	0,019037224	56915,31115
44-75	18,68	0,003642703	3556545,82	12955,4399	0,022887778	81401,42958
44-76	19,13	0,00240671	3658864,8	8805,82636	0,015121805	55328,63881
44-77	18,04	0,006567858	3645467,3	23942,9116	0,041267069	150437,7505
44-78	18,9	0,002974567	3468645,11	10317,7173	0,018689756	64828,1296
44-80	19,11	0,002451454	3358486,72	8233,17584	0,01540294	51730,56946
44-84	18,61	0,003885293	3506056,78	13622,0572	0,024412015	85589,90986
44-85	18,25	0,005412822	3498563,2	18937,1003	0,034009764	118985,3103
44-86	17,96	0,007070071	3507895,78	24801,0711	0,044422564	155829,7256
44-87	18,91	0,002947296	3499756,41	10314,8181	0,018518407	64809,91345
44-88	18,26	0,005363197	3596625,96	19289,4138	0,033697961	121198,9615
44-89	18,05	0,006507644	3504516,8	22806,1461	0,04088873	143295,242

44-90	19,35	0,001965277	2875646,45	5651,44162	0,012348199	35509,05495
44-95	18,93	0,002893502	3542564,32	10250,4162	0,018180408	64405,26449
44-97	19,33	0,002001814	3945764,45	7898,68712	0,012577769	49628,91487
44-98	18,05	0,006507644	3501214,63	22784,6567	0,04088873	143160,2204
44-99	17,79	0,008268443	3028249,5	25038,9095	0,051952162	157324,108
44-100	18,89	0,00300209	4025564,5	12085,1083	0,01886269	75932,97462
TOPLAM			30102836,4	1481398,7		9307902,564
			Alan	cd		lumen

KAYNAKLAR

- [1] B. Aslan, «Nilüfer İlçesi Işık Kirliliği Araştırma Projesi,» Bursa, 2017.
- [2] R. Chepesiuk, «Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution,» Environmental Health Perspectives, pp. A20-A27, 2009.
- [3] B. Aslan, Işığın Kirli Yüzü: Işık Kirliliği, Ankara: S.S Ada Eğitim Kooparetifi, 2018.
- [4] D. Çetegen ve A. Batman, «Işık kirliliği,» journal of istanbul kültür university, pp. 1-2, 2005.
- [5] Ç. Güler, Ergonomiye Giriş, Ankara: T.C Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1997.
- [6] T. Püskül, 12 Eylül 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://muhendistan.com/elektromanyetik-radyasyon-nedir/>.
- [7] B. K. Ansari, «Işık kirliliği (Karanlık Kirliliği ve Çevreye Olan Etkileri,» Çukurova University Journal of the Faculty of Agriculture, pp. 11-12, 2013.
- [8] E. I. o. Lighting, «Guidance Notes For The Reduction of Light Pollution», ILE copyright, 2000.
- [9] SABA, «Kaheshe Aloodegiye Noori baTavajjoh be Tajrobiyyate Jahani ve Motaleate Mujud,» Sazmane Bahrevariye Enerjiye Iran (SABA) Motaleate Aloodegiye Noori, p. 182, 2011.
- [10] J. B. J. G. v. D. R. Billy R Hammond, «The Dark Side of Light and a Solution in Sight,» Johnson & Johnson Vision Care Inc. Newsletter, pp. 2-8, 2019.
- [11] demirkaya, «www.demirkayaoptik.com,» 15 Mayıs 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.demirkayaoptik.com/blog/genel/gece-surus-gozlukleri-faydalidir-gercekmi-hayal-mi>.
- [12] H. Dokuzcan, «Işık Kirliliği Açısından Kent Aydınlatması Ve Taksim Meydanı Örneği,» p. 22, Şubat 2006.
- [13] (IDA), «International Dark Sky Association (IDA),» 2010. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.darksky.org>.
- [14] I. L. P. B. i. IAU Turkish, «Işık Kirliliği,» IAU, 2015.
- [15] M. Aubé, «The LED outdoor lighting revolution : Opportunities, threats and mitigation for urban and rural citizens,» %1 içinde Conference: 53rd International Making Cities Livable Conference on Caring for our Common Home: Sustainable, Healthy, Just Cities & SettlementsAt: , Rome, 2016.
- [16] İ. Adanur, «Kara Cisim Işınması,» 9 Ekim 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://fizikakademisi.com/2017/10/09/kara-cisim-isimasi/>.

- [17] Ö. Kayalı, «Isınan Demir Neden Kızarır?», 9 Ekim 2020. [Çevrimiçi]. Available: https://rasyonalist.org/yazi/isinan-demir-neden-kizarir/?utm_campaign=Bundle&utm_medium=referral&utm_source=Bundle#google_vignette.
- [18] E. GİRAY, «Dinamik Aydınlatma ve Uygulaması», YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, İstanbul, 2009.
- [19] A. Doğan, «Ahmet Doğan», [Çevrimiçi]. Available: <https://em.erciyes.edu.tr/adogan/>. [Erişildi: 25 Şubat 21].
- [20] Ö. V. SARIKAYA, İKONOS UYDU GÖRÜNTÜSÜYLE HALIÇ'TE SU KALİTESİ ANALİZİ, İstanbul, 2006.
- [21] A. Devlen, «Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin Gökyüzü Parlaklık Ölçümleri», Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 11, pp. 401-408, 2018.
- [22] W. C. Hinds, « Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles.», John Wiley & Sons., 1999.
- [23] R. D. R. M. H. Daniel Orozco, «Influence Of Relative Humidity On Light Scattering Measurements Of Aerosols Using A Humidifier-Dryer Nephelometer», In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2012, pp. A53I-0258), 2012.
- [24] H. S. Fatma Aysun Uğur, «Sorption Behaviour of ¹³⁷Cs on Kaolinit», Ekoloji, pp. 34-40, 2011.
- [25] R. F.-S. M. G. J. S. S. H. K. E. Y. U. B. a. E. W. P. Zieger, «Effects of relative humidity on aerosol light scattering in the Arctic», Atmospheric Chemistry and Physics, pp. 3875-3890, 2010.
- [26] T. Buma, « A statistical study of the relationship between visibility and relative humidity at Leeuwarden », Bulletin of the American Meteorological Society, pp. 357-360, 1960.
- [27] D. A. L. & D. W. Cooper, «Effect of Humidify on Light-Scattering Methods of Measuring Particle Concentration», Journal of the Air Pollution Control Association, pp. 243-247, 1969.
- [28] B. A. P. Abraham Haim, %1 içinde Light pollution as a New Risk Factor for Human Breast and Prostate Cancers, 2013, p. 167.
- [29] PDPics, 25 Temmuz 2013. [Çevrimiçi]. Available: <https://pixabay.com/photos/birds-flock-sky-fly-wildlife-167048/>.
- [30] A. Stock, «www.alamy.com», 30 Mayıs 2014. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.alamy.com/stock-photo/vertical-trees-in-the-mist-fog-black.html>.
- [31] N. Demircioğlu ve H. Yılmaz, «Işık Kirliliği Ortaya Çıkardığı Sorunlar ve Çözüm Önerileri», Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36(1), 117-123, 2005 ISSN 1300-9036, p. 119, 2003.
- [32] M. F. & D. K. L. Benard, «Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian», The Royal Society Publishing 285(1882), 20180367., 2018.

- [33] B. L. T. & S. Nightingale, «C. A. Artificial night lighting and fishes.,» %1 içinde Ecological consequences of artificial night lighting,, London, Island Press, 2006, pp. 257-276.
- [34] R. H. D. J. H. F. J. A. K. J. & B. D. Kurvers, «Artificial Light at Night Affects Emergence from a Refuge and Space Use in Guppies,» Scientific Reports, pp. 1-10, 2018.
- [35] P. Kaniewska, S. Alon, İ. S. Karako-Lampert, O. Hoegh-Guldberg ve Ö. Levy, «Signaling cascades and the importance of moonlight in coral broadcast mass spawning,» eLİF E2015; 4: e09991., 2015.
- [36] I. Ayalon, «Red Sea corals under Artificial Light Pollution at Night (ALAN) undergo oxidative stress and photosynthetic impairment,» Global Change Biology i-ii, 3995-4393, 2019.
- [37] M. Salmon, «Artificial Night Lighting and Sea Turtles,» Courtesy of Amos,National Geographic, p. 165, 1995.
- [38] I. D.-S. A. (IDA), «Visibilty, Environmental, and Astronomical Issues Associted with Blue-Rich White Outdoor Lighting,» 2010.
- [39] «Sky Quality Meter - LU,» [Çevrimiçi]. Available: <http://unihedron.com/projects/sqm-lu/>.
- [40] F. Çetin, B. Gümüş ve Y. Özbudak, «Işık Kirliliği Problemi ve Diyarbakır Ölçeğinde İncelenmesi,» Dicle üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü;Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, 2003.
- [41] Z. Aslan ve S. Onaygil, «Işık Kirliliği ve Enerji,» %1 içinde Işık Kirliliği ve Enerji Haftası Kongresi, Ankara, 2001.
- [42] E. Aksoy ve Z. Şöğüt, «Dış Mekan aydınlatmalarının bazı bitki türleri etkisi,» Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Cilt:18-3, 2008.
- [43] B. K. Ansarı, «Işık Kirliliği (Karanlık Kirliliği) ve Çevreye Olan Etkileri,» Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 28 (1): 11 – 22 , pp. 18-19, 2013.
- [44] F. K. H. W. J. C. Clyde Orr Jr., «Aerosol size and relative humidity,» Journal of Colloid Science, pp. 472-482, 1958.
- [45] C. yalçın, «Işık Kirliliği Üzerine Sosyolojik Bir Değerlendirme,» Mavi atlas, cilt 5, no. 2, pp. 337-354, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdulvahap YILMAZ

Eğitim Durumu

İlk öğrenimini Gazi İlköğretim Okulu'nda, Orta öğrenimini Malatya Lisesinde tamamladıktan sonra, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümünü 2011 yılında tamamlamıştır. Muş Alparslan Üniversitesi'nde Yüksek Lisansını “Bazı İyonların Nükleer Malzemeler Üzerine Bombardımanı Sonucu Yaptığı Etkilerin İncelenmesi” konulu tezi yayınlayarak tamamlamıştır 2014.

Lise: Malatya Lisesi

Lisans: İnönü Üniversitesi– Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü

Yüksek Lisans: Muş Alparslan Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü- Atom ve Moleküler Fizik

Doktora: İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Genel Fizik alanında devam etmektedir.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi– 2021-