

## Atakum İlçesinde İnsansız Hava Aracı ile Işık Kirliliği Ölçümleri ve Değerlendirilmesi

Özgür Türk<sup>\*1</sup>, Metin Yavuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 55200, Samsun, TÜRKİYE  
<https://orcid.org/0000-0003-2958-9640>

\*yazışılan yazar: [ozgurturk@outlook.com](mailto:ozgurturk@outlook.com)

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 55200, Samsun, TÜRKİYE  
<https://orcid.org/0000-0002-1262-9135>

(Alınış / Received: 19.12.2022, Kabul / Accepted: 13.03.2023, Yayınlanma / Published: 22.06.2023)

**Öz:** Dünya insan nüfusunun artması ve buna bağlı olarak şehirleşme yoğunluğunun artmasıyla yerleşim yerleri hızlıca aydınlatılmakta, sonucunda da tüm Dünya’da geceleyin gök parlaklığı yani ışık kirliliği artmaktadır. Işık kirliliğinin hava kirliliği, insan sağlığı, ekolojik çevre, astronomi ve ekonomi konularında birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bu kapsamda, geceleyin gök parlaklığı ölçümleri toplumsal farkındalık ve kaliteli aydınlatma politikaları bakımından gezegenimiz için oldukça önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Samsun ilinin Atakum İlçesi’nde bulunan 81 km<sup>2</sup> alan içinde yer alan 55 farklı bölgenin yapay aydınlatmadan kaynaklanan ve uzaya giden yani aydınlatmada kullanılmayan ışık enerjisi miktarı ölçülmüştür. Ayrıca, çalışmada insansız hava aracına monte edilen Gök Parlaklığı Ölçer (SQM) cihazıyla yeryüzünden 50 m yükseklikten gök parlaklığı verileri toplanmıştır. Çalışmada alınan veriler ve coğrafi koordinatlar kullanılarak, haritalama yazılımı ile bölgenin tematik eş parlaklık haritası oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda atmosferden uzaya giden ve doğrudan aydınlatmada kullanılmayan 53,37 milyon lümen/yıl ışık akısı bulunmuştur. Bu enerji Atakum’da her ay ortalama 2094 ailenin elektrik ihtiyacına karşılık gelmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Yapay aydınlatma, Işık kirliliği, Dış aydınlatma, İnsansız hava aracı, Gök parlaklığı haritası.

## Light Pollution Measurements and Evaluation by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Atakum

**Abstract:** With the increase in the world's human population and the corresponding increase in urbanization density, settlements were quickly illuminated. As a result, the night sky brightness, that is, light pollution, is increasing all over the world. Light pollution has many negative effects on air pollution, human health, ecological environment, astronomy, and economy. In this context, measurements of sky brightness at night are very important for our planet. In this study, the amount of light energy escaping into space due to artificial lighting at nighttime was measured from 55 regions covering an area of 81 km<sup>2</sup> in the Atakum district of Samsun. Previously, measurements of sky brightness were made near light sources from the earth. In this study, the Sky Quality Meter (SQM) device was mounted on the unmanned aerial vehicle (UAV) and used to measure the sky brightness at 50 m above the ground. By using the data measured by the SQM device and the geographical coordinates, a thematic iso-luminance map was created with the mapping software. With the obtained sky brightness values and surface area values, the total luminous flux emitted from the atmosphere to the space and cannot be used in lighting was found to be 53.37 million lumens. This energy corresponds to the electricity needs of 2094 families in Samsun every month.

**Key words:** Artificial lighting, Light pollution, Outdoor lighting, Unmanned aerial vehicle (UAV), Light pollution map.

## 1. Giriş

Günümüzde ışık kirliliği; hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevre kirlilikleri gibi her geçen gün artış gösteren önemli bir çevre sorunudur. Işık kirliliği [1]'e göre özellikle dış aydınlatma kaynaklarının yanlış yerde, yanlış yönde, yanlış miktarda ve yanlış zamanda kullanılmasıdır. Işık Kirliliği kavramı yaygın olarak kullanılmaktayken foton kirliliği, ışıklı kirlilik gibi kavramlar özünde geceleyin yapay aydınlatma ile oluşan gök parlaklığını temsil etmektedir. Bir ortamda aşırı aydınlatma verimsiz aydınlatmaya sebep olmaktadır [1]. Elektromanyetik spektrum göz önünde bulundurulduğunda ışık kirliliğine sebep olan elektromanyetik dalgalar 400 nm ile 700 nm görünür dalga boylarını kapsar. Birçok doğa ve çevre bilimci ile tıp araştırmacısı ışık kirliliğini son yıllarda en hızlı artan çevre kirliliklerinden olduğunu düşünmektedir. Işık kirliliği alanındaki bilimsel araştırmalar ışık kirliliğinin; canlılar, enerji, gökbilim, hava kirliliği, iklim değişimi gibi alanlarda kalıcı olumsuz etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır [2]. Dış aydınlatmanın yanlış kullanımı sadece enerji kaynaklarının boşa kullanılması değil aynı zamanda insan sağlığı ve diğer canlılara, çevremize ve güvenliğimize de olumsuz yönde etkileri vardır [3-6].

### 1.1. Işık kirliliğinin enerji boyutu

Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin yüzde 99'u gibi büyük bir alanı ve gezegenimizin yüzde 80'i, ışık kirliliğinin olumsuz etkilerine maruz kalmaktadır [7]. Dünyadaki artan insan nüfusu ve buna bağlı olarak şehirleşme hızı ile dünyada daha çok enerjiye ihtiyaç olduğu açıktır. Aydınlatma için kullanılacak enerji ülkelerin enerji dağıtım ve enerji kullanımı politikalarını belirlemede önemli yere sahiptir. Işık kirliliğinin neden olduğu gök parlaklığı ölçümleri uzaydan ve yeryüzünden olmak üzere iki türlü yapılmaktadır.

Küresel olarak, 2022 yılında VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) uydusundan alınan verilere göre uzaya giden ışığın en az 50 milyar dolarlık bir enerji maliyeti bulunmaktadır. Bu ışık miktarı küresel sera gazı emisyonlarının yüzde 1 kadar olduğu tahmin edilmektedir [8]. 1997 yılında Türkiye için uydu görüntüleri kullanılarak elde 120 MkWh olduğu ve bunun 2000 yılındaki değeri 6 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Eskişehir'de yapılan bir çalışma ile 2018 yılı için yıllık ışık kirliliğinin maliyetinin tüm Türkiye'de yaklaşık olarak 300 milyon TL olarak hesaplanmıştır [9].

Ülkemizde yer yüzünden yapılan ilk gök parlaklığı ölçüm çalışması Eskişehir şehir merkezinde 2012 yılında gerçekleştirilmiştir. Eskişehir şehir merkezi için yanlış aydınlatmadan dolayı ışık kirliliğinin maliyeti yıllık 155.000 Euro olarak saptanmıştır [10]. Bursa'nın Nilüfer ilçesinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise 2017 yılı için ışık kirliliğinin maliyeti 1.74 milyon TL olarak hesaplanmıştır [11]. 2019'da Malatya şehir merkezi ve çevresinde yapılan bir çalışmada yıllık boşa harcanan enerji miktarı yıllık 3.6 milyon TL'dir [12].

Gök parlaklığı verilerinin insansız hava aracı ile otonom olarak erişilmesi zor olan yerlerde SQM cihazıyla verilerin hızlıca toplanması ilk kez Asley Fuller tarafından yapılmıştır [13].

LED ve LED'e bağlı teknolojilerin kullanıldığı aydınlatmalar son yıllarda düşük maliyetli olması açısından aydınlatmada kullanımı artmış ve yaygınlaşmıştır. Ancak, LED kullanım yöntemleri ülkemizde ve dünyada LED kullanımı kaynaklı ışık kirliliğini arttırmıştır. Bu durum hem çevreye zarar vermiş hem de ülke ekonomisini olumsuz etkilemiştir [9].

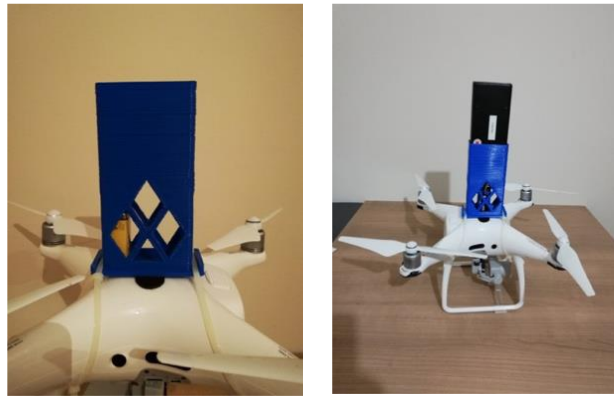
## 2. Materyal ve Metot

## 2.1. Materyal

Bu çalışmada geceleyin dış aydınlatma kaynaklı oluşan gökyüzü parlaklığını ölçmek için SQM (Sky Quality Meter) cihazı ve verileri yerden belirli yükseklikten toplamak için insansız hava aracı (İHA) kullanılmıştır. SQM, açık alanların ışıklandırma seviyesini ölçmek için kullanılan bir cihazdır. SQM cihazı, bir fotoğraf makinesinin lensine benzer bir yapıya sahip ve aydınlatma seviyesini ölçmek için kullanılır. Ölçüm yapılacak yere cihaz tutularak, cihazın ekranındaki değerler okunur. Çalışmada sürecinde SQM cihazının gelişmiş modeli olan SQM-LU-DL kullanılmıştır. SQM cihazı görüş alanında olan ışık miktarını ölçmektedir. Gökyüzünde açı saniye kare başına düşen ışık şiddeti SQM cihazıyla ölçülmektedir. SQM cihazı mikrodenetleyici aracılığıyla sensöre düşen ışık enerjisini SQM cihazının metin çıktısına kadir/açısanıye<sup>2</sup> birimine çevirir. Kullanılan SQM cihazının fotoğrafı Şekil 1’de ve insansız hava aracına monte edilmiş hali Şekil 2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan insansız hava aracı hem gök parlaklığı ölçerini (SQM) hem de gök parlaklığı ölçeri adaptörünü taşıyabilecek niteliktedir. Cihazı taşıyan adaptör ve SQM’nin toplam kütlesi 280 gram’dır. Çalışma alanı olarak Samsun’un Atakum ilçesi seçilmiştir. Toplanan veriler Mart 2019 ile Mayıs 2019 dönemini içermektedir. Veri toplanan her noktadan alınan veri setlerinin ortalaması alınmış, QCIS haritalama yazılımı ve enterpolasyon yöntemlerinden olan Krigging metoduyla çalışma yapılan alanın eş parlaklık haritası oluşturulmuştur.



Şekil 1. Örnek şekil gösterimi ve isimlendirmesi



Şekil 2. İHA ve adaptif SQM cihazı

## 2.2. Metot

Öncelikle gök parlaklığı verilerinin toplanacağı Samsun ili Atakum ilçesi harita üzerinde 1x1 km'lik gridlere ayrılmıştır. SQM-LU-DL cihazı ölçüm yapılması planlanan alandaki veri noktalarının GPS koordinatları harita üzerinde belirlenmiştir. Bu veri noktaları seçilirken nüfus yoğunluğu dikkate alınmış ve gök parlaklığı kaynaklarının yoğunluğuna göre yerleşim yerleri tercih edilmiştir. Gece yerleşim yerlerinde veri toplarken Grid merkezleri yoğun bina bölgesine denk gelmiş ise 200 m'lik bölge içinde park veya boş alanlar veri toplamak için tercih edilmiştir. İnsansız hava aracı ile her bir veri noktasından yerden 50 m yükseklikten 5 saniye aralık olacak şekilde 10 adet ölçüm verisi toplanmıştır. Her ölçüm noktasından toplanan verilerin ortalama gök parlaklık değerleri alınarak gök parlaklığı haritasına kaydedilmiştir. Ayrıca, veri noktasında yerden 50 m yükseklikten 4K çözünürlükte fotoğraflar alınmıştır. SQM cihazı topladığı ışık enerjisini kadir/açısanıye<sup>2</sup> cinsinden ölçer ve cihaz bu değeri yeryüzünün normaliyle 20 derecelik koni içinde kalan alandan toplar. SQM cihazının topladığı veri değeri “m” ile gösterilir. “m” değeri kullanılarak Eş.1 ile kandela/ metre<sup>2</sup> (cd/m<sup>2</sup>) hesaplanabilir.

$$L = 10,8 \times 10^4 \times 10^{-0,4m} \quad (1)$$

Bu değerden yola çıkılarak ışık akısı Eş.2'deki aydınlanma denklemi ile hesaplanabilir.

Aydınlanma (ışık akısı) – lümen/metre<sup>2</sup> (lm/m<sup>2</sup>).

$$E = L \Omega = 10,8 \times 10^4 \times 10^{-0,4m} \times \iint \sin\theta \, d\theta d\varphi \quad (2)$$

Eş. 2, SQM cihazının görüş konisiyle gelen ışığın aydınlanma değerini içerir. Tüm uzayı gören açı değeri 4π steradyandır. Ancak ufuk çizgisinin üst bölgesi düşünüldüğünde uzayı gören açı değeri gökyüzü parlaklığının tüm açı ve yönlerde aynı olduğu durumda Eş. 4 ile yardımıyla 2π olarak bulunur.

$$\Omega = \iint \sin\theta \, d\theta d\varphi = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin\theta \, d\theta d\varphi \quad (3)$$

$$\Omega = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta = 2\pi \quad (4)$$

Gök parlaklığı haritasındaki eş parlaklık eğrilerinden yola çıkılarak her bir gök parlaklığı değerine denk gelen alan değerleri bulunmuştur. Minimum toplam ışık akısını hesaplayabilmek için tüm açı ve yönlerde aynı gök parlaklığı durumu için Eş.2'de bulunan ışık akısı değerlerinin yüzey alanlarının Eş.5 ile hesaplanması gerekir. Eş.5'te A<sub>i</sub>; i'ninci bölgenin yüzey alanı, E<sub>oi</sub> ise Eş.2'de gösterildiği gibi i'inci alanın aydınlanması olarak tanımlanmıştır [9].

$$\Phi_{oi} = E_{oi} A_i \quad (5)$$

Gök parlaklığı haritasından alanları farklı n tane eş-parlaklık yüzeyi elde bulunmuştur.

$$\Phi_{\text{toplam,min}} = \Phi_0 = \sum_{i=0}^n E_{oi} A_i \quad (6)$$

Toplanan gök parlaklığı değerleriyle hesaplanan aydınlanma ve ölçüm yapılan yerlerin alanları ile yapılan konumlar için toplam ışık akısının en düşük lümen cinsinden değeri Eş.6 ile elde edilir.

SQM cihazı yerden uzaya giden ışık miktarı değil yeryüzündeki yapay aydınlatmaların atmosferin farklı katmanlarından yansıyan ve saçılan ışık miktarını ölçer. Daha önce yapılan çalışmalarda gök parlaklığı için atmosfer geçirgenliği yüzde 73 olduğuna göre uzaya giden ve atmosferden geri saçılan ışık kaybı, ölçülen değer 3.7 katıdır [9]. Zenit ile ufuk düzlemi arasındaki açı değişimi hesaba katılırsa bir bölgenin aydınlanmasını hesaplamak için Eş.2'deki katsayı ile çarpılmalıdır.

Bu “k” katsayısı açığa bağlı bir değer ve Eskişehir ilinde 2013 yılında [10] ve Bursa'nın Nilüfer belediyesinde 2018'de [11] yapılan gök parlaklığı ölçüm çalışmalarında 4 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada aynı “k” katsayısının bu değeri Eş.7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$E = k E_0 \quad (7)$$

### 3. Bulgular

#### 3.1. Kaybolan enerji

Bu çalışmada Atakum ilçesinde önceden belirlenen 55 farklı bölge için SQM cihazıyla gök parlaklığı verileri toplanmıştır. SQM cihazı topladığı ışık miktarının kadir/açısıaniye<sup>2</sup> vermektedir. 55 bölgeyi kapsayan çalışma alanındaki bölgelerden toplanan veriler Eş.1 ile hesaplanan toplam gök parlaklığı değeri 35.7318778 cd/m<sup>2</sup> bulunmuştur.

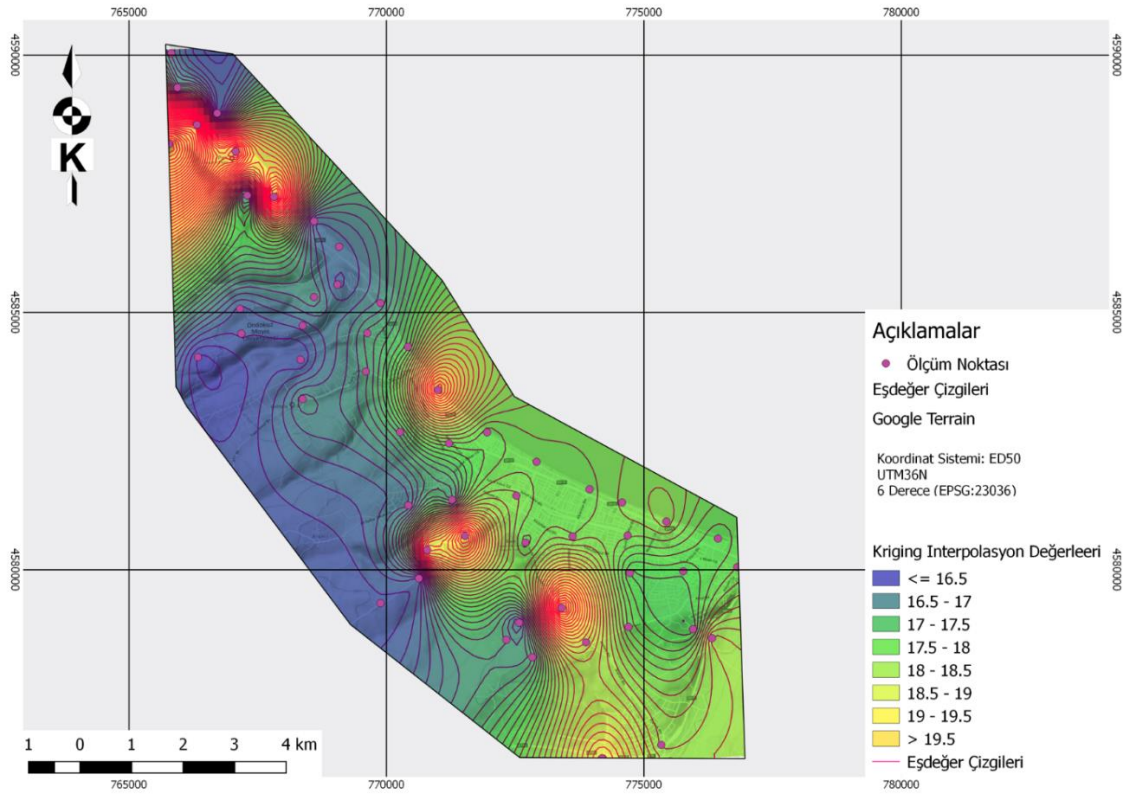
Ölçüm cihazının gökyüzünde tepe bölgesindeki 20 derecelik görüş açısı göz önüne alındığında Eş.4'te bulunan değer ile toplam aydınlanma değeri 224.5 lm/m<sup>2</sup>'dir. Çalışma alanının toplam ışık akısı ise Eş.6 ile 3538625 lm bulunur. Elde edilen değerler hesaplandığında Atakum ilçe sınırları içerisinde 81407793 m<sup>2</sup>'lik yer kaplayan 55 bölgeden toplanan 5142 adet gök parlaklığı verileri hesaplandığından uzaya giden ışık akısı 52.37 milyon lümen olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Atakum İlçesi Işık Gök Parlaklığı Verileri

	L (Cd/m <sup>2</sup> )	Alan(m <sup>2</sup> )	Cd	E (lümen/m <sup>2</sup> )	Lümen	Açıya ve atmosfer geçirgenliğine bağlı (Lümen)
Toplam	35.73188	81407794	563189.7	224.5	3538626	52.37 Megalümen

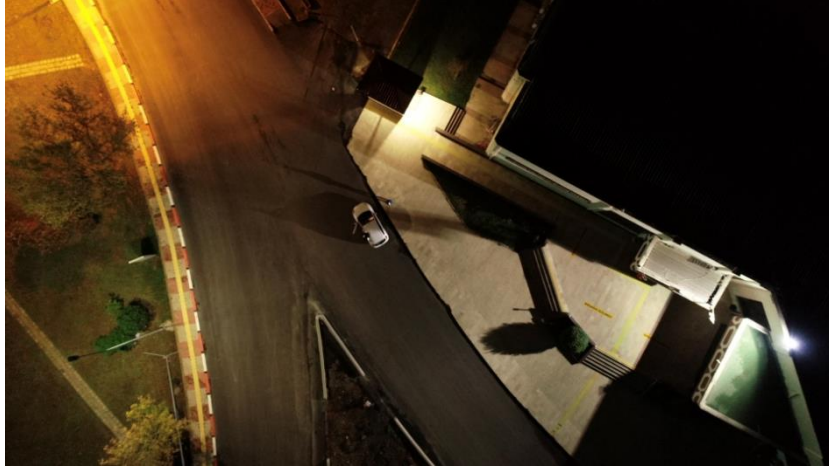
### 3.2. Gök parlaklığı haritası oluşturma

Tematik gök parlaklık haritası coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak oluşturulan haritalardır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile bir yerin fiziksel ve sosyal özelliklerinin bilgisayar ortamında saklandığı, işlendiği ve haritalar üzerinde görüntülediği sistemlerdir. Coğrafi Bilgi Sistemi yazılım ekosisteminde bulunan QGIS 2.8 ve Surfer-8 yazılımları ile Şekil 3'te görülen interpolasyon haritası oluşturulmuştur. Bu çalışmada toplanan 55 data seti (sayısal gök parlaklığı verileri), veri toplanan noktaların coğrafi enlem ve boylam koordinatları tabular format ile Surfer yazılımı içerisine aktarılmıştır. Ardından gök parlaklığı veri setleri ve ölçüm noktalarının koordinatları kullanılıp Krigging interpolasyon yöntemi ile tematik gök parlaklığı dağılım haritası oluşturulmuştur. Krigging interpolasyon yöntemiyle elde edilen grid haritası QGIS içerisinde açılarak, veri setinin tanımlandığı Band-1 üzerinde; düşük değerler (yüksek parlaklık) koyu tonlara ve yüksek değerler (düşük parlaklık) açık tonlar olacak şekilde renklendirilmiştir. Veri seti dağılımının net olarak görselleştirilmesi için 0,5 birim aralıklarla eş parlaklık eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 3. Atakum İlçesi Gök Parlaklığı Haritası

Çalışmada Şekil 4 ve 5'te gibi gök parlaklığı ölçüm noktalarının yerden 50 m yükseklikten yeryüzü fotoğrafları yüksek çözünürlükte çekilmiştir. Bu görseller tüm ölçümlerin ortalaması 18.88 kadir/açısanıye<sup>2</sup> alındığında çalışmanın genelini yansıtan görseller olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4. Kongre Kültür Merkezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (19,56 kadir/açısanıye<sup>2</sup>)

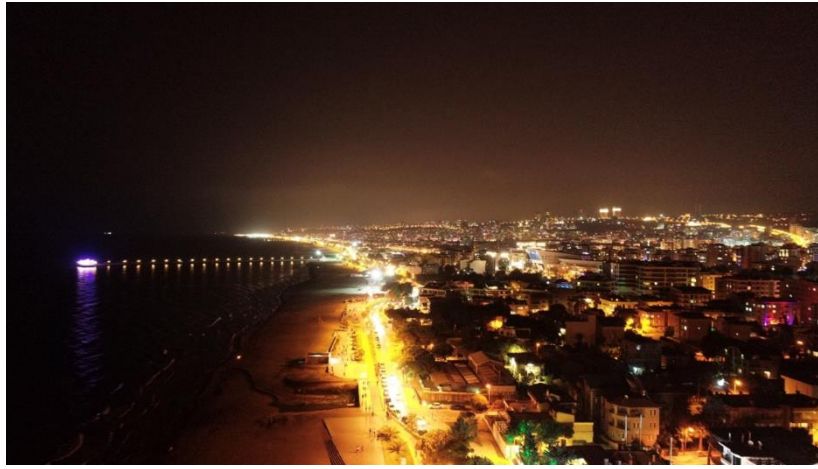


Şekil 5. Çobanlı İskelesi, Atakum (18,22 kadir/açısanıye<sup>2</sup>)

Atakum ilçesi gök parlaklığı haritası göz önünde alındığında Şekil 3'teki gibi 4 bölgede gök parlaklık değerlerinin yüksek olduğu gözükmemektedir. Haritadaki gök parlaklığı en büyük değer 14.5 kadir/açısanıye<sup>2</sup> ile Samsun-Sinop karayolu üzerinde bulunan ve haritada sol üst köşede bulunan bölgedir. Buradaki ölçüm noktasındaki değer tek lokal aydınlatmadan değil birçok aydınlatmanın katkısıyla ortaya çıkmıştır. Şekil 4'teki ölçüm noktasında yine çevresel aydınlatmalar gök parlaklığına neden olmuştur. Hem deniz kenarında hem de Samsun-Sinop karayolu yakınında bulunan bölge Şekil 5'te ise çok sayıda ticari işletmenin aydınlatması mevcuttur. Şekil 6'da ise bölgede bulunan yüksek katlı ve LED aydınlatmalarla sarmalanan binalar gök parlaklığına olumsuz yönde katkı sağlamaktadır.



**Şekil 6.** LED Aydınlatma ile Donatılmış Çok Katlı Binalar, Atakum (16,05 kadir/açısanıye<sup>2</sup>)



**Şekil 7.** Atakum Doğu Cephesi (Atakum)

Şekil 7’de ilçenin doğusunda bulunan Samsun ili şehir merkezinin gök parlaklığı gösterilmiştir. Şehir merkezindeki sokak lambaları, yol aydınlatmaları, bina aydınlatmaları, reklam tabelaları gibi aydınlatmalardan kaynaklanan gök parlaklığı fonu doğu ufkunda açıkça görülmektedir.

#### **4. Sonuç ve Yorum**

Son yıllarda dünya genelinde yanlış aydınlatmalardan kaynaklanan ışık kirliliği artmakta ve dünyanın karanlıkta olan bölgesinin yüzde 2’si aydınlatmıştır. Dünya’da LED aydınlatma teknolojilerinin yaygınlaşması yerelde kullanılan sokak aydınlatmaları, yol ve köprü aydınlatmaları, reklam tabelaları ve dış yapı aydınlatmalarının yanlış kullanımı sonucu ışık kirliliği belirgin şekilde artmaktadır. Bu çalışma Karadeniz bölgesinin en kalabalık kenti olan Samsun ilinin gelişmekte olan Atakum İlçesi’nde nüfusun yoğun olduğu bölge seçilerek yapılmıştır. Çalışma için seçilen 55 adet bölge toplamda 1000 m<sup>2</sup>’lik bir alanı kapsamaktadır. 55 bölgenin her birinin ortalarına yakın konumlardan döner kanatlı insansız hava aracı ile yeryüzünden 50 m yüksekten parlaklık verisi toplanmıştır. Toplanan gök parlaklığı verileri analiz edilerek ölçüm yapılan alanda yapay aydınlatmalardan kaynaklanan gök parlaklığı Şekil 3’te tematik eş parlaklık haritasıyla gösterilmiştir.

Atakum içerisinde nüfusun yoğun olduğu yerleşim yerlerinden seçilen 55 bölgeden toplanan verilerle 1kmx1km’lik grid alanların toplamı 81.4 km<sup>2</sup>’lik alanda toplam 52.37 milyon lümen ışık akısının uzaya saçıldığı belirlenmiştir.



Bu çalışmada dış aydınlatmalar için kullanılan lambaların ortalama etkinlik değeri olarak 100 lm/W seçilmiş ve toplam kaybolan ışık akısı 52.37 Mlm ile bu değerin 523.7 kW güce karşılık gelmekte olduğu bulunmuştur. Dış aydınlatmaların gün içinde 12 saat aydınlatma yaptığı hesaba katıldığında kayıp miktarı 188.532 kWh olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer için 2019 yılı Mayıs ayında birim fiyatı 0.79 TL/kWh olan elektrik tüketimi yıl boyunca;  $(188.532 \text{ kWh/ay}) \times (12 \text{ ay/yıl}) \times (0.79 \text{ TL/kWh}) = 1.78$  milyon TL olarak bulunmuştur. Tüketimin bu boyutu bir ailenin bir aylık elektrik enerjisi tüketimi ortalama olarak 90 kWh alındığından her ay 2094 ailenin elektrik enerjisini karşılamaktadır.

Çoğu işyeri geceleyin vitrin ışıklarını, reklam tabelalarını gece boyunca açık bırakırlar. Bu durum sadece enerji kaynaklarını boşa harcamak değil aynı zamanda yapay gök parlaklığı ve doğrudan ışık kirliliğine neden olan bir durumdur.

Döner kanatlı İHA kullanarak bir bölgede gök parlaklığı çalışmaları için araştırmacılara öneriler:

- İki adet SQM ölçüm cihazıyla farklı yükseklik konumlarında gök parlaklığı ölçüm cihazı hem yukarıdan saçılan hem de aşağıdan gelen parlaklık değerleri ölçümü yapılabilir.
- Yerden aynı yükseklikte yerin normali ile farklı düşey açılarda yerin topografik etkileri kapsayacak ölçümler yapılabilir.
- Veri toplanması planlanan bölge için insansız hava aracı uçuş planını yaparken bölgenin iklim koşullarını göz önünde bulundurarak Sivil Havacılık Genel Müdürlüğünden talep edilecek uçuş izinlerinin çalışmadan önce yapılması gerekir.
- Gece boyunca olabildiğince kaliteli veri toplamak için insansız hava aracının dolu yedek bataryalarının bulundurulması gerekir.
- Tematik eş parlaklık haritası oluşturulması amaçlanan alanın çalışmaya başlamadan önce hangi enterpolasyon yöntemi kullanılacağı önceden belirlenmelidir.

Yanlış aydınlatma kaynaklı yapay gök parlaklığını azaltıcı veya azaltılmasına yönelik yasal süreçler uygulamaya konmalıdır. Kentlerin aydınlatılması konusunda mevzuatlar hazırlanırken Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği (IDA), Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) gibi uluslararası kurumların görüşlerine başvurulabilir. Yine kentlerin aydınlatma planlaması yapılırken üniversitelerin ilgili bölümlerinden görüş alınabilir. Aydınlatma armatürlerinin enerji ve ışık verimliliği konusunda Elektrik-Elektronik Mühendisliklerine, estetik ve tasarım açısından Mimarlık bölümlerine, çevreye etkilerinin ve uyumu konusunda çevre mühendisliği gibi araştırma bölümlerine danışılabilir. İdeal olmayan ve çevre için uygun olmayan LED teknolojisine dayalı bina aydınlatmalarına, reklam tabelaları gibi ışık kaynaklarına uygun alternatifler geliştirilmelidir. Özellikle geceleyin mavi ışık kullanan aydınlatmaların canlı sağlığını olumsuz yönde etkilediği unutulmamalıdır.

Yerel yönetimler dış mekân aydınlatması konusunda Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği tarafından önerilen aşağıdaki 5 ilkeyi yönetmelik ile hayata geçirmelidir.

- Tüm aydınlatmaların belirgin bir amacı olmalıdır.
- Aydınlatma sadece ihtiyaç duyulan yere ışıklandırılmalıdır.
- Aydınlatma ihtiyaçtan daha parlak olmamalıdır.
- Aydınlatma sadece fayda sağladığı sürece kullanılmalıdır.
- Olabildiğince sıcak renkli ışıklar kullanılmalıdır.

Işık kirliliğinin oluşturduğu olumsuz etkiler konusunda toplumda bilgi eksikliği ya da doğru bilinen yanlış kavramlar bulunmaktadır. Bu bilgilere ders kitaplarında ve ders müfredatlarında daha fazla yer tutmalıdır

Bireyler olarak;

- Doğru aydınlatma için mekâna ve mekânın kullanım amacına uygun bir ışıklandırma kullanınız.
- Kimseye faydası olmayan ışıkları söndürünüz.
- Hareket etkinliğine bağlı olarak hareket sensörü içeren aydınlatma sistemlerini kullanınız.
- Doğru aydınlatma için mekâna ve mekânın kullanım amacına uygun bir ışıklandırma kullanınız.
- Aşırı aydınlatmanın yerine yeterli aydınlatmayı kullanınız.
- İdeal ve kaliteli bir uyku süreci için karanlık bir ortamı tercih ediniz. Özellikle karanlık ortamda gece saat 02:00 ile 04:00 arasındaki uyku sırasında melatonin hormonunun en fazla salgılandığını belirlemektedirler. Geceleyin kesinlikle uyku odanızda ışık olmamalıdır.
- Özellikle gece mavi ışıktan uzak durunuz. Gerekirse mavi ışığı geçirmeyen gözlük kullanınız. Geceleyin odanızda sıcak sarı aydınlatma kullanınız. Televizyon, bilgisayar, tablet ve akıllı telefonların mavi ışıktan korumalı modda kullanınız.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Özgür Türk: Araştırma, Yazılım, Veri toplama, Doğrulama  
Metin Yavuz: İnceleme, Denetim /Tavsiye, Düzenleme

### **Destek ve Teşekkür Beyanı**

Bu çalışma, PYO.FEN.1904.17.009 numaralı proje ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Ofisi tarafından desteklenmiştir. İnsansız hava aracıyla verilerin toplanması hususunda yapmış oldukları destekten dolayı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz. Çalışma konusunun oluşmasında ve çalışma boyunca desteklerinden dolayı Doç. Dr. Bülent Aslan'a teşekkür ederiz. Verilerin haritaların görselleştirilmesi konusunda desteklerinden dolayı Aydemir Can Tekin ve Erol Gürcan'a teşekkür ederiz.

### **Çatışma Beyanı**

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çatışma beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### **Etik Kurul Onayı ve/veya Aydınlatılmış Onam Bilgileri**

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onayı ve/veya aydınlatılmış onam bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

### **Kaynakça**

- [1] Z. Aslan, "Işık Kirliliği", Işık Kirliliği ve Karanlık Gökyüzü Toplantısı, 2001.
- [2] R. Chepesiuk, "Missing the dark: health effects of light pollution," *National Institute of Environmental Health Sciences*, 22-27, 2009.
- [3] W. R. Briggs, "Plant photoreceptors: proteins that perceive information vital for plant development from the lighting in Ecological consequences of Artificial Night Lightning," *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, 23-24, 2002.
- [4] M. Salmon, "Artificial night lighting and sea turtles," *Biologist*, 50 (4), 163-168, 2003.
- [5] C. Rich and T. Longcore, *Ecological Consequences of Artificial Night lighting*, Island Press, 2013.
- [6] J. Bennie, T. W. Davies, D. Cruse, R. Inger and K.J. Gaston, "Cascading effects of artificial light at night: resource-mediated control of herbivores in a grassland ecosystem," *Philos. T. R. Soc. B*, 370 (1667), 20140131, 2015.

- [7] F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. Kyba, C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova and R. Furgoni, “The new world atlas of artificial night sky brightness,” *Science Advances*, 2 (6), e1600377, 2016.
- [8] R. Chepesiuk, “Missing the dark: health effects of light pollution,” *National Institute of Environmental Health Sciences*, 22-27, 2009.
- [9] B. Aslan, “*Işığın Kirliliği: Işık Kirliliği*”, Ankara: S.S. ADA Eğitim Kooperatifi, Ankara, 2018.
- [10] Z. Aslan, B. Aslan, M. Altan and S. Özdemir, “Sky brightness measurement & light pollution mapping case study: Eskişehir city center and surroundings,” *International Conference LPTMM – 2013, Light Pollution: Theory, Modelling, and Measurements*, Smolenice, Slovakia, 2013, pp. 9-18.
- [11] Z. Aslan, “Bursa İli Işık Kirliliği Araştırma Projesi”. T.C. Sağlık Kentler Birliği, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa Amatör Astronomi Kulübü, isikkirliligi.org, 2020. <https://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/07/Bursa-BIKA-Raporu.pdf>.
- [12] A. Yılmaz and T. Özdemir, “Measurement and determination of light pollution: case study of Malatya city,” *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 38–43, 2021.
- [13] Sciencedaily, URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/06/160627214634.htm> (Erişim Tarihi: 26.03.2019).