

Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde Işık Kirliliği Ölçümleri

Hasan Kıvanç YEŞİLTAS^{*1} ORCID 0000-0003-3331-3209

Zühal KURT² ORCID 0000-0002-4665-9009

Yavuz Şahin TURGUT³ ORCID 0000-0002-8566-6375

¹ Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana

² Çukurova Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Adana

³ Çukurova Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 28.04.2023

Kabul tarihi: 23.06.2023

Atıf şekli/ How to cite: YEŞİLTAS, H.K., KURT, Z., TURGUT, Y.Ş., (2023). Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde Işık Kirliliği Ölçümleri. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(2), 359-373.

Öz

Aydınlatmanın işlevine uygun teşkil edilmemesi durumunda meydana gelen ışık kirliliği, günümüzün önemli çevresel problemleri arasında yer almaktadır. Işık kirliliği canlıların metabolizmalarını etkileyerek gündelik faaliyetlerini sekteye uğratmaktadır. Fazladan tüketilen enerji ise oluşturduğu emisyonlar sebebiyle hava kalitesini bozarak küresel ısınmanın etkilerini arttırmaktadır. Ayrıca gökyüzünde yer alan yıldızların görünürlüğünü azaltarak astronomi ve astrofizik alanlarında gerçekleştirilen çalışmaları olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde ışık kirliliğinin durumu 2022 yılı içinde araştırılmıştır. Bu amaç ile Gökyüzü Kalitesi Ölçeri (Sky Quality Meter- SQM) kullanılarak yeryüzünden başucu doğrultusunda ve SUOMI NPP uydusu üzerinde bulunan VIIRS (Gündüz Gece Bandı: DNB) verileri kullanılarak ayakucu doğrultusunda araştırma gerçekleştirilmiştir. Toplamda 64 noktada ölçümler yapılarak ışık kirliliğinin yayılım modeli oluşturulmuştur. Kampüsün özellikle kuzey-batı bölgesinde ışık kirliliğinin ölçüm sınıflandırması olan Bortle sınıfına göre kirli sayılabilecek 18 nokta bulunmaktadır. Kampüsün genel olarak şehir-kenar mahalle gökyüzü arasında değişen değerlerde (13,19 ile 19,16 mag/arcsec²) kirlilik seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ortalama karanlık seviyesi ise 18,15 mag/arcsec² olarak belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda yerleşimin kampüs civarında artması nedeniyle ışık kirliliğinin arttığı düşünülmektedir. Ayrıca, kampüs dış aydınlatma sisteminin özellikle kuzey-batı bölümünde düzenlenmesi ışık kirliliği seviyesini düşüreceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Işık kirliliği, Gözlemevi, Jeostatistik, İklim değişikliği, Enerji verimliliği

Light Pollution Measurements on Cukurova University Balcali Campus

Abstract

Light pollution, which occurs when the lighting is not created in accordance with its function, is among the important environmental problems of today. Light pollution affects the metabolism of living things and disrupts their daily activities. The extra energy consumed, on the other hand, increases the effects of global

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Hasan Kıvanç YEŞİLTAS, hkyesiltas@cu.edu.tr

warming by deteriorating the air quality due to the emissions it creates. In addition, it negatively affects the studies carried out in the fields of astronomy and astrophysics by reducing the visibility of the stars in the sky.

In this study, the state of light pollution in Cukurova University Balcali Campus was investigated in 2022. For this purpose, the research was carried out in the direction of the zenith from the earth using the Sky Quality Meter (SQM) and in the direction of the nadir using the VIIRS (Day Night Band: DNB) data on the SUOMI NPP satellite. The diffusion model of light pollution was created by making measurements at 64 points in total. Especially in the north-west part of the campus, there are 18 spots that can be classified as polluted according to the Bortle class, which is the measurement classification of light pollution. It has been determined that the campus has pollution level varying between the city and the suburban sky (13,19 and 19,16 mag/arcsec²). The average dark level was determined as 18,15 mag/arcsec². Especially in recent years, it is thought that light pollution has increased due to the increase in settlement around the campus. In addition, it has been evaluated that the arrangement of the campus exterior lighting system, especially in the north-west part, will reduce the level of light pollution.

Keywords: Light pollution, Observatory, Geostatistical, Climate change, Energy efficiency

1. GİRİŞ

Dünya genelinde tüketilen elektriğin %20'si aydınlanma amacıyla kullanılmaktadır. Harcanan elektriğin ise küresel karbon salınımına etkisi %6 civarında olduğu ve 2030 yılında tüketim miktarının %60'lara ulaşacağı öngörülmektedir [1]. Günümüzde enerji eldesinde yaygın olarak petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların yerkürede rezervleri sınırlı olup yanmaları neticesinde karbondioksit (CO₂), kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x) ve karbon monoksit (CO) gibi çeşitli emisyonlar meydana gelmektedir [2-4]. Bu emisyonlar hava kirliliğine sebep olurken aynı zamanda iklim değişikliğine neden olan karbondioksitin salınımı arttırmaktadır [5].

Bir çevre kirliliği çeşidi olan ışık kirliliği, bir bölgeyi aydınlatmak için kullanılan tertibatın amacına uygun olarak teşkil edilmediği durumlarda meydana gelir [6,7]. Söz konusu aydınlatma işlevselliği bir bölgenin olması gerekenden fazla aydınlatılması durumunda meydana gelebileceği gibi olması gerekenden az aydınlatılması durumunda da gerçekleşmektedir. Bu durumda ise enerjinin verimli kullanılmaması neticesinde olması gerekenden fazla elektrik tüketilmektedir [8,9].

Aydınlık ve karanlık, canlıların metabolik faaliyetlerini düzenlemeleri açısından önemlidir [10]. Geceleri fazla aydınlatmadan kaynaklı olarak bazı böcek popülasyonlarında artış gerçekleşirken bazı türlerinde ise ölümlere sebebiyet vermektedir. Işık kuşlara cazip gelmektedir. Özellikle büyük şehirlerde yüksek binalarda teşkil edilen aydınlatmaların çevrelerinde uçan kuşlar yorularak ölmeleri söz konusudur. Karanlık aydınlatmasının bir olumsuz örneği ise yumurtlama dönemi sonrasında yumurtadan çıkan kaplumbağaların denize gitmek yerine ışığa yönelerek denize ulaşamaması sebebiyle popülasyon kaybı yaşamasıdır [11]. Bitkilerde ise fotosentez işlevinin azalmasına sebep olan fazla aydınlatma balıklarda yumurtlama kalitesine olumsuz etki etmektedir [7].

Fazla ışık insan metabolizmasını da olumsuz etkilemektedir [12]. Işık kirliliğinin insanlara başlıca etkileri; uykusuzluk, depresyon, kilo artışı gibi rahatsızlıklar olurken ayrıca meme kanseri ve prostat gibi sağlık problemlerinin de riskini arttırmaktadır [6,13]. Ayrıca aşırı ışıklandırma neticesinde atmosferde yer alan partiküllerden yansıyan ışık, gökyüzünün olduğundan daha fazla aydınlanmasına sebep olmaktadır [14]. Bu istenmeyen durum neticesinde yeryüzünden gökyüzüne bakıldığında doğal gökyüzü görüntüsü görünmeyerek yıldızların görünürlüğü

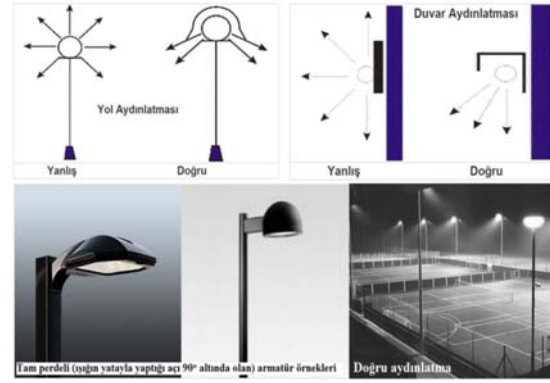
etkilenmektedir [15]. Söz konusu fazla aydınlanmanın etkileri gözlemlerinde gerçekleştirilen astronomik çalışmalara da yansımaktadır [16]. Astronomik ölçümler hava kirliliği olmayan nemsiz ve karanlık ortamlarda yapılması gerekirken fazla ışık neticesinde cisimlerin seçilebilirliği/görünürlüğü azalmaktadır [17]. Gece gökyüzünde şehirlerden yansıyan kümülatif yapay ışık astronomik nesnelerin gözlemlenmesini zorlaştırmaktadır [18]. Şekil 1’de aşırı aydınlatmanın gökyüzünün görünürlüğüne etkisine ait görüntüler yer almaktadır [19,20].



Şekil 1. Aşırı aydınlatmanın gökyüzü görüntüsü üzerine etkisi, **a:** fazla aydınlatma, **b:** yeterli aydınlatma [20]

Şekil 1a incelendiği zaman aşırı aydınlatma sebebiyle gökyüzünde yer alan yıldızların görünürlüğünün azaldığı görülmektedir. Şekil 1b’de ise aşırı aydınlatmanın azaltılması ile gökyüzündeki yıldızların görünürlüğünün arttığı anlaşılmaktadır. Ekosisteme ve canlılığa etkisi sebebiyle ışık kirliliği günümüzün dikkat edilmesi gereken çevresel problemleri arasında yer

almaktadır [21]. Işık kirliliğinin önlenmesinde aşırı aydınlatmadan kaçınılması ve mevcut teknolojinin güncellenerek enerji verimliliği yüksek ekipmanların kullanılması gerekmektedir. Benzer bir amaçla Dünya’nın birçok yerinde dış mekân ışık kirliliğini kontrol altına alabilmek için yeni düzenlemeler yapılmış ve sonuçlarının ışık kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir [22]. Bu doğrultuda daha az enerji tüketen ürünlerin aydınlatma sistemlerinde kullanılması sağlanarak aydınlatılmak istenilen bölgenin dışına ışığın ulaşamayacağı şekilde kurulması gerektiği açıktır. Uygun aydınlatma teşkiline ait görsel Şekil 2’de yer almaktadır [8,14,19,23].



Şekil 2. Aydınlatma tertibatının uygun teşkil edilmesi [14,23]

Şekil 2’de aydınlatılmak istenilen bölge yerine etrafının da aydınlatılması durumunda meydana gelen yanlış aydınlatma uygulamaları ve doğru aydınlatma uygulamaları ile birlikte doğru aydınlatmada kullanılan teçhizat örnekleri yer almaktadır.

Jeoistatistik, uzamsal veya uzay-zamansal kavramlarla ilişkili değerleri analiz etmek ve tahmin etmek için kullanılan bir istatistik sınıfıdır [24]. Analizler içindeki verilerin mekânsal (ve bazı durumlarda zamansal) koordinatlarını birleştirir. Pek çok jeoistatistiksel araç, orijinal olarak, numunelerin alınmadığı konumlar için uzamsal kalıpları ve enterpolasyon değerlerini tanımlamak için pratik bir araç olarak geliştirilmiştir. Bu uzay-

zamansal değişikliği ortaya koyan araçlardan birisi de IDW (Inverse Distance Weighted) yöntemidir. İnterpolasyon kavramıyla ilgili birçok tanım formüle edilmiştir [25,26]. Burrough'a (1986) göre enterpolasyon, mevcut nokta gözlemlerinin/ verilerinin kapsadığı alan içindeki örneklenmemiş sahalardaki özelliklerin değerini tahmin etme prosedürüdür [26].

Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde ışık ölçümleri yapılarak bölgesel ışık yoğunlukları tespit edilmiştir. Ayrıca SUOMI NPP (Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydusu üzerinde bulunan VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), DNB (Day Night Band-Gece Gündüz Bandı) verileri kullanılarak ışık yoğunlukları incelenmiş ve Çukurova Üniversitesi bünyesinde bilimsel faaliyetlerini sürdürerek aktif olarak astronomik gözlemler yapılan Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Merkezi (UZAYMER) çevresindeki ışık ölçümleri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, Türkiye'nin Adana ilinde eğitim, öğretim ve akademik faaliyetlerini sürdüren Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Çukurova Üniversitesi, 1973 yılında kurulmuş olup günümüzde bünyesinde 19 Fakülte, 2 Yüksekokul, 11 Meslek Yüksekokulu, 1 Devlet Konservatuvarı, 4 Enstitü ve 38 Araştırma ve Uygulama Merkezini barındırmaktadır [27].

2.2. Saha Çalışmaları

Balcalı kampüsünde gerçekleştirilen saha çalışmaları esnasında ışık ve sıcaklık ölçümleri Şekil 3'de görüntüsü yer alan Unihedron SQM-LU-DL ışık ölçer kullanılarak ve konum bilgisi Macellan Sport Track Color GPS cihazı ile gerçekleştirilmiştir [28].

Işık yoğunluklarının çalışma bölgesinde gökyüzünden incelenmesi aşamasında ise Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Okyanus ve Atmosfer

İdaresi (NOAA) tarafından Dünya yörüngesine yerleştirilen SUOMI NPP uydusu kullanılmıştır. Söz konusu uydu ile iklim değişikliği, hava durumu tahminleri ve hava kirliliği ölçümlerine ait kayıtlı veriler temin edilebilmektedir. Ayrıca uydu üzerinde mevcut görünür kızılötesi görüntüleme radyometre paketinin (VIIRS, DNB) barındırdığı 22 adet kanal vasıtasıyla yerkürenin yüzey özellikleri ve değişimleri de izlenebilmektedir [29].



Şekil 3. Çalışmada kullanılan ışık ölçere ait görüntü [29]

2.3. Yöntem

Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünün kampüs alanı 20.000 dekarı bulmaktadır [27]. Bu alan içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışması 23 Temmuz 2022 saat 21.52'de başlamış ve 24 Temmuz 2022 saat 02.47'de tamamlanmıştır. Ayın "küçülen hilal" formunda, gökyüzünün açık ve bulutsuz olduğu [30] bir gecede 64 farklı noktada ışık ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). İlgili ölçüm noktalarına ait koordinat, ortam sıcaklığı ve zaman bilgileri Çizelge 1.'de yer almaktadır. Işık ölçümleri, zeminden 2 metre yükseklikte ve zemin ile ışık ölçer 90° açı yapacak şekilde (başucu) ölçüm cihazı gökyüzüne doğru tutularak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Ölçüm noktalarına ait koordinat, saat ve sıcaklık verileri

Nokta	Doğu	Kuzey	Saat	Sıcaklık (°C)	Nokta	Doğu	Kuzey	Saat	Sıcaklık (°C)
1	709614	4103757	21.52	28,6	33	710068	4104216	00.43	27,0
2	709494	4103432	21.57	28,0	34	709755	4104211	00.46	27,0
3	708465	4102945	22.05	27,3	35	709483	4104342	00.49	27,3
4	708436	4102858	22.13	27,3	36	709485	4104465	00.55	26,7
5	708952	4102570	22.23	27,3	37	709557	4104611	00.59	27,0
6	709653	4102569	22.28	27,3	38	709344	4104617	01.01	27,0
7	709976	4102682	22.34	27,0	39	709360	4104463	01.05	27,3
8	709802	4102184	22.41	27,0	40	709191	4104429	01.08	28,0
9	709868	4101831	22.46	26,4	41	709194	4104585	01.13	28,0
10	710125	4102154	22.52	26,7	42	709073	4104323	01.28	25,4
11	710654	4102412	22.56	27,7	43	709132	4104045	01.32	25,4
12	710881	4101763	23.00	27,3	44	709423	4104330	01.36	25,4
13	710820	4101388	23.03	26,7	45	709403	4104177	01.39	25,4
14	710734	4101105	23.05	26,7	46	709529	4104124	01.43	25,4
15	710490	4100598	23.09	26,4	47	709221	4104036	01.45	25,4
16	709928	4100370	23.15	26,4	48	709028	4103946	01.48	25,4
17	709527	4099418	23.22	26,1	49	708881	4103827	01.51	25,4
18	709296	4099124	23.26	26,4	50	708725	4103687	01.54	25,1
19	709690	4099355	23.30	26,4	51	708629	4103601	01.56	25,1
20	710550	4102657	23.45	26,1	52	708220	4103307	02.00	25,1
21	710707	4102895	23.50	26,1	53	708482	4103379	02.03	25,1
22	710307	4103164	23.55	26,1	54	709383	4103901	02.08	25,1
23	710521	4103424	23.59	26,4	55	709534	4103966	02.10	25,1
24	710543	4103644	00.04	26,7	56	709496	4103973	02.11	25,1
25	710424	4103832	00.10	26,4	57	709642	4104098	02.15	24,8
26	709881	4103758	00.14	26,1	58	709716	4103916	02.18	24,8
27	710047	4104081	00.18	26,4	59	709730	4104006	02.21	25,1
28	710213	4104197	00.22	26,4	60	709870	4104120	02.23	25,1
29	710555	4104301	00.26	26,7	61	709946	4103986	02.25	25,1
30	710669	4104676	00.29	27,3	62	709584	4103219	02.35	24,4
31	710382	4104520	00.34	27,3	63	709507	4103196	02.39	23,8
32	710228	4104374	00.38	27,0	64	709917	4104186	02.47	23,2

Bu araştırmanın sayısallaştırma aşamasında, çalışma alanının sınırları ve ölçüm noktalarının lokasyonları Google Earth Pro yazılımında belirlendikten sonra *ArcGIS (v.10)* programına aktarılmıştır. Ölçülen ışık değerleri, jeoistatistiksel model tahminleri yapmak amacıyla coğrafi olarak referanslandırılarak noktasal koordinatlarına yerleştirilmiştir (UTM_ED_1950: Zone 36N). IDW yöntemine göre üretilen jeoistatistiksel tahmin modeli *ArcGIS* yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. IDW yöntemin temel özelliği, çalışma alanı içerisindeki tüm noktaların mesafe bazında

birbirine bağlı kabul edilmesidir. Bu nedenle, bir alandaki ölçüm değerlerinin bilinmesi, çalışma alanı içerisinde noktasal ölçüm yapılmayan diğer alanlarında mesafe ağırlıklarına göre tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır [31].

Bu çalışmada kullanılan IDW yönteminin enterpolasyon işlevi şu şekildedir:

$$H_p = \frac{\sum_{i=1}^n h_i / d_i^2}{\sum_{i=1}^n [1/d_i^2]} \quad (1)$$

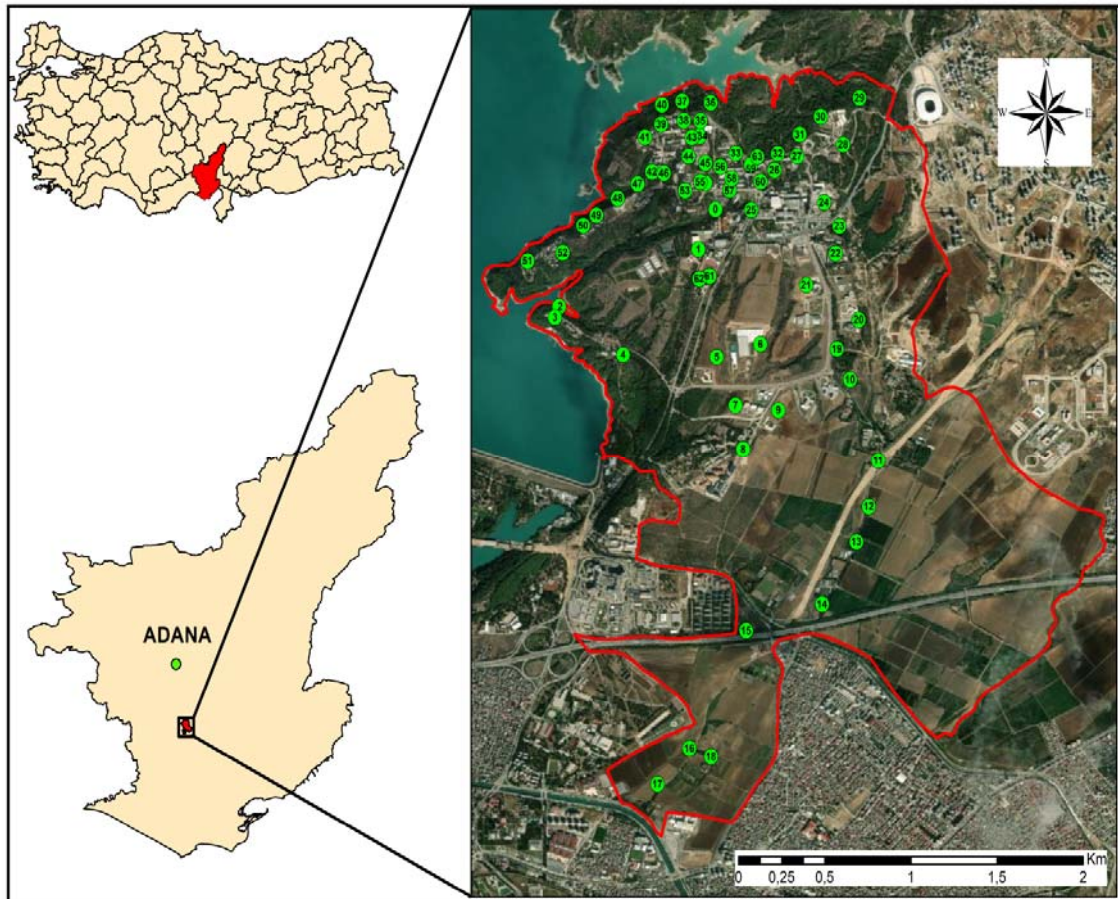
Eşitlik 1’de H_p enterpolasyonun gerçekleştirildiği P noktasının hesaplanan ışık değeridir; h_i , P noktasındaki ışık değerini hesaplamak için kullanılan ölçüm değeridir; d_i , noktaların P noktasına olan uzaklıklarıdır; n, P noktasının yüksekliğini tahmin etmek için enterpolasyon prosedüründe kullanılan nokta sayısıdır. IDW ile tahmin edilen noktaların tahmin değerleri arasındaki kök ortalama karesel hata (RMSE, Eşitlik 2) değerleri şu şekilde hesaplanmıştır:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (2)$$

Eşitlik 2’de, A_t ölçülen ışık değeri, F_t ölçüm yapılmayan noktalardaki tahmin değeri, n ise gözlem sayısıdır.

Şekil 4’de yer alan 64 farklı noktada gerçekleştirilen ışık ölçümleri mag/arcsec² (Mag/Sq) biriminde yani kadir/açısanıye² cinsinden (Magnitudes per Square Arc Second: MPSAS) ölçülmüştür. Işık ölçümleri değerlendirilirken sadece MPSAS ifadesi kullanılmamakta olup çıplak gözün görebileceği sınır değeri ifade eden kadir birimi de (Naked Eye Limiting Magnitude, NELM) kullanılmaktadır. Bu çalışmada tespit edilen MPSAS değerleri Eşitlik 3 kullanılarak NELM birimine dönüştürülmüştür [32,33].

$$NELM = 7,93 - 5 * (\log(10^{(4,316 - \frac{MPSAS}{5})} + 1)) \quad (3)$$



Şekil 4. Çalışma alanı ve ölçüm noktalarının lokasyon haritası

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Arazi Çalışmasına ait Işık Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde gerçekleştirilen ışık ölçümlerinde tespit edilen en düşük ve en yüksek MPSAS değerleri sırası ile

13,19 kadir/açısanıye² ve 19,16 kadir/açısanıye²'dir. MPSAS değerlerinden hesaplanan en düşük ve en yüksek NELM değerleri ise -0,5 kadir ile 4,9 kadir'dir. Bu çalışmada ölçüm noktalarına göre tespit edilen MPSAS, NELM ve sıcaklık değerleri ölçüm saati ve nokta koordinatları ile birlikte Çizelge 1 ve 2'de yer almaktadır.

Çizelge 2. Bu çalışmada ölçülen ve hesaplanan ışık ölçümü değerleri

Nokta	MPSAS	NELM	Nokta	MPSAS	NELM	Nokta	MPSAS	NELM
1	18,67	4,5	23	18,97	4,7	45	16,38	2,5
2	18,51	4,4	24	18,63	4,5	46	18,67	4,5
3	18,63	4,5	25	18,70	4,5	47	14,52	0,8
4	14,62	0,9	26	18,15	4,1	48	18,98	4,8
5	18,69	4,5	27	18,69	4,5	49	19,03	4,8
6	18,47	4,4	28	18,82	4,6	50	19,09	4,8
7	18,47	4,4	29	18,82	4,6	51	18,80	4,6
8	18,36	4,3	30	18,84	4,6	52	18,85	4,7
9	16,89	3,0	31	19,00	4,8	53	18,62	4,5
10	18,06	4,0	32	19,07	4,8	54	14,98	1,2
11	18,38	4,3	33	18,87	4,7	55	13,19	-0,5
12	18,39	4,3	34	18,85	4,7	56	18,80	4,6
13	18,59	4,5	35	18,77	4,6	57	18,82	4,6
14	18,41	4,3	36	18,88	4,7	58	18,80	4,6
15	18,37	4,3	37	19,07	4,8	59	14,00	0,3
16	18,12	4,1	38	19,11	4,9	60	18,68	4,5
17	18,18	4,1	39	18,84	4,6	61	15,91	2,1
18	18,46	4,3	40	17,14	3,2	62	14,39	0,7
19	18,24	4,2	41	19,16	4,9	63	18,66	4,5
20	18,73	4,6	42	19,01	4,8	64	18,73	4,6
21	18,65	4,5	43	18,86	4,7			
22	18,61	4,5	44	18,78	4,6			

*MPSAS değerleri kadir/açısanıye² ve NELM değerleri kadir cinsinden verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiği zaman ışık ölçümü gerçekleştirilen noktalarda MPSAS değerlerinin yaygın olarak 18 kadir/açısanıye² ve 19 kadir/açısanıye² arasında değiştiği ve NELM değerlerinin ise 4 kadir ile 4,9 kadir arasında

olduğu görülmektedir. Bu çalışmada tespit edilen MPSAS ve NELM değerlerinin yorumlanmasında Bortle Ölçeği kullanılmaktadır. Bortle Ölçeği, belirli bir konumda gerçekleştirilen ışık ölçümünün

parlaklığını anlamlandıran dokuz sınıflı bir yorumlama metodudur [34]. Ayrıca Bortle Ölçeği kullanılarak bir bölge de mevcut gece parlaklığının astronomik gözlemlere etkisi de değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada, Bortle Ölçeği değerlendirmeleri, NELM değerinin 4 kadir ve 5 kadir aralığında 3 farklı sınıfı içermesi sebebiyle MPSAS verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bortle Ölçeğine ait sınıflandırma Çizelge 3’de yer almaktadır [35].

Bortle ölçeğine (Çizelge 3) göre bu çalışmada tespit edilen veriler (Çizelge 2) incelendiğinde Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü genelinde “şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay” sınıflandırmasına uyduğu

anlaşılmaktadır. Söz konusu sınıflandırma, bir bölgedeki ışık kirliliğinin, gökyüzünün açık gri görünmesine sebep olacağını ve her yönden güçlü ışık kaynaklarının bulunduğunu ifade etmektedir. Ayrıca gökyüzündeki bulutların parlaklığı, mevcut fazla ışık ile aydınlatılmış durumda olduğundan görünürlüğü azalmış ve samanyolu neredeyse ya da tamamen görünmez bir formda bulunmaktadır. Bir teleskop vasıtasıyla inceleme yapılması durumunda ise en parlak Messier nesnelere, gerçek parlaklarında görünmemektedir. Bu tip bir ışık kirliliği dolunayın gökyüzünde bulunması durumunda bulunduğu bölgeyi tamamen aydınlatması neticesinde gözlenmektedir [35].

Çizelge 3. Bortle ölçeği [35]

Sınıf		NELM	MPSAS
		(kadir)	(kadir/açısanıye ²)
1	Mükemmel gökyüzü	7,6–8,0	21,99–22,00
2	Karanlık gökyüzü	7,1–7,5	21,89–21,99
3	Kırsal alanlar	6,6–7,0	21,69–21,89
4	Kırsal alan sınırları	6,1–6,5	20,49–21,69
5	Kenar mahalle sınırları	5,6–6,0	19,50–20,49
6	Kenar mahalle gökyüzü	5,1–5,5	18,94–19,50
7	Şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay	4,6–5,0	18,38–18,94
8	Şehir gökyüzü	4,1–4,5	<18,38
9	Şehir içi gökyüzü	4,0	

Bortle ölçeğine (Çizelge 3) göre bu çalışmada tespit edilen veriler (Çizelge 2) incelendiğinde Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü genelinde “şehir merkezinden uzak yerleşimdeki gökyüzü ve dolunay” sınıflandırmasına uyduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu sınıflandırma, bir bölgedeki ışık kirliliğinin, gökyüzünün açık gri görünmesine sebep olacağını ve her yönden güçlü ışık kaynaklarının bulunduğunu ifade etmektedir. Ayrıca gökyüzündeki bulutların parlaklığı, mevcut fazla ışık ile aydınlatılmış durumda olduğundan görünürlüğü azalmış ve samanyolu neredeyse ya da tamamen görünmez bir formda bulunmaktadır. Bir teleskop vasıtasıyla inceleme yapılması durumunda ise en parlak Messier nesnelere, gerçek parlaklarında görünmemektedir. Bu tip bir ışık kirliliği dolunayın gökyüzünde bulunması

durumunda bulunduğu bölgeyi tamamen aydınlatması neticesinde gözlenmektedir [35].

Balcalı Kampüsü bünyesinde tespit edilen MPSAS değerinde ayrıca kampüse ait çeşitli bölgelerde Bortle skalasına göre kısmi olarak şehir gökyüzü-şehir içi gökyüzü ve kenar mahalle gökyüzü sınıflarının bulunduğu tespit edilmiştir. MPSAS değeri ile ışık kirliliği arasında ters orantı bulunmaktadır. Yani MPSAS değeri yükseldikçe ışık kirliliğinin azalmakta olup MPSAS değerinin azalması durumunda ise ışık kirliliği artmaktadır. Bortle Ölçeğine göre kenar mahalle gökyüzü sınıfında yer alan Balcalı Kampüsüne ait bölgelerde gökyüzünde mevcut bulutlar parlak bir görünüme sahip olup kolaylıkla görülebilmektedir. Samanyolunun bir kısmı görünürken burç ışıkları

görünmemektedir. Şehir gökyüzü-şehir içi gökyüzü sınıfına ait Kampüs bölgelerinde ise takımyıldızlarını oluşturan yıldızların görünürlüğü azalmış ve Messier cisminin çıplak göz ile görünürlüğü neredeyse kaybolmuş durumdadır. Ayrıca ay, gezegenler, parlak uydular ve parlak yıldız kümeleri hariç diğer nesnelere görünürlüğü zordur [35].

Yılmaz ve Özdemir (2021), Malatya şehir merkezinde 85 farklı noktada ışık kirliliği ölçümleri gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar, 16,53 kadir/açısıaniye² ile 20,68 kadir/açısıaniye² arasında değişen ölçüm sonuçları tespit etmişlerdir [36]. Nasıroğlu vd. (2020), Atatürk Üniversitesi Kampüsü ve kampüs bünyesinde yer alan ATA50 teleskobunun etrafında ışık kirliliği ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Atatürk Üniversitesi Kampüsünde 37 farklı noktada ışık ölçümü yapan araştırmacılar, 16,66 kadir/açısıaniye² ve 19,51 kadir/açısıaniye² arasında değişen değerlerde sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmada, ATA50 teleskobunun şehir merkezine yakın olması sebebiyle gökyüzünün kırsal kesimlere göre daha

parlak olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca çeşitli zaman dilimlerinde ATA50 teleskobunda yapılmış ışık ölçümlerinde 17,70 kadir/açısıaniye² ile 19,26 kadir/açısıaniye² arasında değişen ölçüm sonuçları elde etmişlerdir. [14]. Solmaz vd. (2021), Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Merkezinde (UZAYMER) ışık ölçer ve uydu görüntüsü kullanarak ışık kirliliği çalışmışlardır. Araştırmada, 2952 defa ışık ölçümü gerçekleştiren araştırmacılar ışık değerlerini 16,8 kadir/açısıaniye² ve 19,4 kadir/açısıaniye² arasında tespit etmişlerdir. Çalışmada uydu verileri kullanılarak UZAYMER'deki ışık kirliliğinin 18,1 kadir/açısıaniye² ve 18,3 kadir/açısıaniye² arasında değiştiğini bildirmişlerdir [37]. Bu çalışmada Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde 64 farklı noktada ışık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 13,19 kadir/açısıaniye² ve 19,16 kadir/açısıaniye² arasında değişen ışık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca UZAYMER'in yer aldığı bölgede gerçekleştirilen ölçüm noktasındaki MPSAS değeri 19,03 kadir/açısıaniye²'dir. İlgili çalışma ve bu çalışmaya ait bilgiler Çizelge 4'de yer almaktadır.

Çizelge 4. Literatürde yer alan benzer çalışma ve bu çalışmadaki ışık ölçüm değerleri

Çalışma	Çalışma koşulu	Tespit edilen değerler
Yılmaz & Özdemir, 2021 [36]	Malatya ili 85 ölçüm noktası	16,53 kadir/açısıaniye ² ile 20,68 kadir/açısıaniye ² arasında değişen ölçüm değerleri
Nasıroğlu vd., 2020 [14]	Atatürk Üniversitesi Kampüsü 37 ölçüm noktası	16,66 kadir/açısıaniye ² ve 19,51 kadir/açısıaniye ² arasında değişen ölçüm değerleri
	ATA50 Teleskobunun bulunduğu bölgede 1 ölçüm noktası	17,70 kadir/açısıaniye ² ile 19,26 kadir/açısıaniye ² arasında değişen ölçüm değerleri
Solmaz vd., 2021 [37]	UZAYMER 1 ölçüm noktası	16,8 kadir/açısıaniye ² ve 19,4 kadir/açısıaniye ² arasında değişen ölçüm değerleri
Bu çalışma	Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü	13,19 kadir/açısıaniye² ve 19,16 kadir/açısıaniye² arasında değişen ölçüm değerleri
	UZAYMER 1 ölçüm noktası	19,03 kadir/açısıaniye²

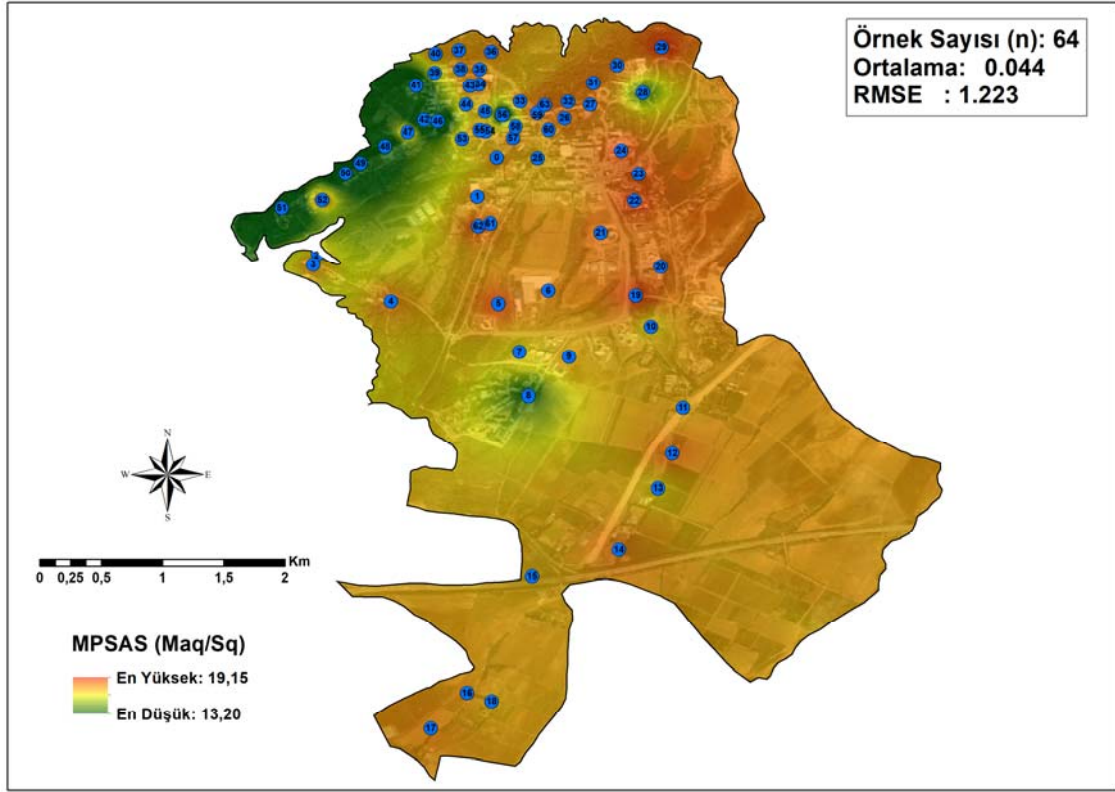
3.2. Jeostatistiksel Tahmin Modellemesi

IDW yöntemi ile kullanılarak elde edilen ve ışık ölçüm değerlerinin jeostatistiksel tahminlerini

gösteren harita Şekil 5'de verilmiştir. 64 ölçüm noktası kullanılarak oluşturulan modelde, en düşük 13,20 kadir/açısıaniye², en yüksek 19,15 kadir/açısıaniye², ortalama 0,044 ve RMSE değeri

1,223'dür. Elde edilen model tahmin haritasının hata oranı yaklaşık %16'dır. Çalışma alanının kuzeybatı kısmında yer alan sadece lokal bir bölgede MPSAS türünden ölçüm değerlerinin en

düşük olduğu görülmektedir. Öte yandan, çalışma alanının büyük bir kısmında ölçüm değer aralığı 18,41 kadir/açısaniye² ile 19,15 kadir/açısaniye² arasında dağılım göstermiştir.



Şekil 5. IDW enterpolasyon yöntemi ile tahmin edilen MPSAS değerleri model tahmin haritası

Şekil 5 incelendiğinde kampüsün kuzey-kuzey batı kesimlerinde MPSAS değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Balcalı kampüsünün söz konusu bölgelerinde eğitim, akademik, barınma ve sağlık hizmetleri yoğun olarak sürdürülmektedir. Ölçüm bölgeleri olan 8 ve 28 numaralı noktalarda sırası ile öğrenci yurdu (Şekil 6-a) ve bakım işletme atölyeleri ile birlikte kampüse ait araçların park edildiği hizmet bölgesi (Şekil 6-b) bulunmaktadır.

3.3. Uydu Verileri

Çalışmada 2011'de uzaya fırlatılan kutupsal yörüngeli ve 833 km yükseklikteki SUOMI-NPP uydusu üzerindeki Kızılötesi Görüntüleme

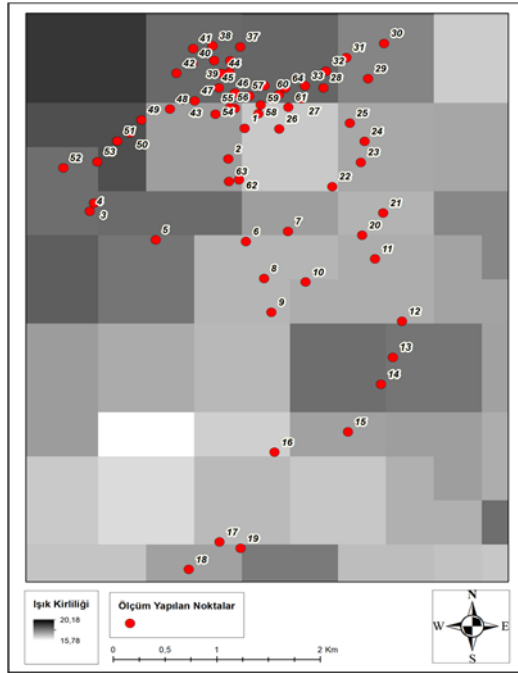
Radyometresi (VIIRS) cihazının Gündüz/Gece Bandı (DNB) kullanılmıştır [38]. DNB bandı, görünür yansıma bölgesinden (0.5–0.9 μm) 12 bit radyometrik ve 750 m. yersel çözünürlükte kayıt yapmakta olup gece ve gündüz olmak üzere aynı konumdan günde en az 2 geçiş yapabilmektedir. Günlük olarak üretilen, gece görüntülerini içeren coğrafi bilgi sistemleri (CBS) veri seti, dünya yüzeyini 75° Kuzey ile 65° Güney enlemlerinden itibaren kapsar ve GeoTIFF formatındadır. Veri seti piksel başına 750 m. mekansal çözünürlüğe ve toplamda 3060 kilometrelik bölgeyi tek karede algılayabilecek kapasitedir [39]. Bu çalışmada ölçümlerinin yapıldığı 23.07.2022 tarihli günlük

uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışma alanında kullanılan uzay tabanlı uydu verilerinden elde edilen görüntü (Şekil 7), noktasal ölçümlerde

oldukça yaygın kullanılan SQM ölçü birimine dönüştürülmüştür [40,41].



Şekil 6. Kampüse ait görüntüler (a: 8 numaralı ölçüm bölgesi, b: 28 numaralı ölçüm bölgesi)



Şekil 7. Çalışma alanında kullanılan uydu görüntüsü üzerinde yerinde ölçüm yapılan noktaların gösterimi.

SQM ölçü birimine dönüştürülen görüntüden yerinde ölçümlerin yapıldığı noktalar kullanarak piksel değerleri okutulmuştur. Şekil 7’de kullanılan uydu görüntüsü üzerinde yerinde ölçüm yapılan

noktalar haritalandırılmıştır. SQM ölçümleri ve uydu görüntüsü piksel değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve Eşitlik 4 kullanılarak:

$$y = 0.322 x + 12.9 \quad (4)$$
$$R^2 = 0.10 \text{ bulunmuştur.}$$

R^2 değerinin düşük olması ölçüm yapılan noktaların birçoğunun kümülatif olarak aynı piksele toplanması ve aynı değeri almasından yani uydu görüntüsünün yersel çözünürlüğünün düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4. Arazi Gözlemleri

Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü, eğitim ve akademik faaliyetlerin yanında bünyesinde bulundurduğu araştırma hastanesi ile birden fazla alanda faaliyet göstermektedir. Kampüs genelinde bu çalışmanın gerçekleştirildiği zaman diliminde özellikle ulaşımın sürdürüldüğü ortak kullanım alanlarında aydınlatılan bölgelerde tabelaların okunabildiği ve güvenlik açısından yönlendirmelerin fark edilebildiği şekilde aydınlatmanın sağlandığı gözlenmiştir (Şekil 8). Ayrıca eğitim, barınma ve sağlık faaliyetlerinin sürdürüldüğü kullanım alanlarında projektörler ve aydınlatma direkleri vasıtasıyla aydınlatma işlevinin hizmet faaliyetlerini aksatmayacak şekilde aydınlatıldığı tespit edilmiştir.

Eğitim, barınma, sağlık ve ulaşım faaliyetlerinin gerçekleşmediği özellikle tarımsal alanlarda ise aydınlatma tertibatlarının güvenlik ve ulaşımaya yönelik olarak teşkil edildiği ve tüm kampüs arazinin aydınlatılması yerine işlevine uygun alan aydınlatmasının gerçekleştirilerek hizmet faaliyetlerinin sürdürüldüğü anlaşılmıştır (Şekil 9).



Şekil 8. Ortak alan aydınlatmasına ait bir görüntü



Şekil 9. Balcalı kampüsünden bir görüntü

Gerçekleştirilen arazi çalışması neticesinde kampüsün aydınlatılmasında halojen ve led (light-emitting diode, ışık yayan diyot) lamba barındıran armatürler ve projektörlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Söz konusu aydınlatma ekipmanlarının güç tüketimleri ve aydınlatma özellikleri kampüs genelinde değişmekte olup güvenlik ve aydınlatma amacıyla ilgili teçhizatlar kullanılmaktadır.

4. SONUÇLAR

Balcalı kampüsünde gerçekleştirilen araştırma neticesinde, yerleşkenin kuzey-kuzey batı kesimlerinde daha düşük MPSAS değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir. Söz konusu bölgeler kampüste eğitim, sağlık ve konaklama faaliyetlerinin sürdürüldüğü önemli bölgeler olup güvenlik ve ulaşım açısından kampüsün diğer bölgelerine göre daha aydınlık olduğu görülmüştür. Ulaşım ve hizmet faaliyetlerinin sürdürülmediği bölgelerinde ise Balcalı kampüsünün daha karanlık bölgelerin olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmada en düşük MPSAS değeri 13,19 kadir/açısanıye² ve en yüksek MPSAS değeri 19,16 kadir/açısanıye² olarak ölçülmüştür. Balcalı yerleşkesinde ortalama MPSAS değeri ise 18 kadir/açısanıye² civarındadır. Söz konusu değerlerin yükselmesi mevcut ışık kirliliğinin azaltılması açısından önemli olduğundan özellikle düşük MPSAS değerlerinin bulunduğu bölgelerin ulaşım, sağlık ve güvenlik hususlarını aksatmayacak şekilde yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu hususta özellikle bakım işletme müdürlüğü ile birlikte eğitim ve sağlık hizmetlerinin sürdürülmediği alanlarda projektörlerin sayılarının düşürülmesi ya da aynı bölgeyi aydınlatan aydınlatma tertibatlarının sayısının azaltılması önerilmektedir.

Bu çalışmada ölçülen ışık değerleri (en düşük 13,19 kadir/açısanıye² ile en yüksek 19,16 kadir/açısanıye²) literatürde ışık kirliliği çalışan araştırmacılara ait veriler ile birlikte değerlendirildiğinde (en düşük 16,53 kadir/açısanıye² ile en yüksek 20,68 kadir/açısanıye²) [14,36,37] Balcalı kampüsünde daha düşük ölçüm değerleri (8 farklı noktada, Çizelge 1) ölçüldüğü anlaşılmıştır. Fazla aydınlık değerlerinin okunduğu söz konusu noktalarda gerçekleştirilen arazi çalışmasında aydınlatma tertibatlarının sayısı sebebiyle ışık ölçerinin doğrudan maruz kalması sebebiyle düşük ölçüm sonuçlarının ölçüldüğü görülmüştür. Araştırma kapsamında ölçümü gerçekleştirilen 56 nokta ise literatürde yer alan ölçüm sonuçları [14,36,37] ile karşılaştırıldığında benzer değerlerin ölçüldüğü

tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada UZAYMER’de ölçülen 19,03 kadir/açısanıye² değerinin Atatürk Üniversitesinde bulunan ATA50 teleskobu etrafında ölçülen değerler (17,70 kadir/açısanıye² ile 19,26 kadir/açısanıye² arasında) [14] ile UZAYMER’de daha önce Solmaz ve ark. tarafından gerçekleştirilmiş çalışmada tespit edilen değerler (16,8 kadir/açısanıye² ve 19,4 kadir/açısanıye² arasında) [37] ile kıyaslanması durumunda diğer araştırmacılar tarafından ölçülen değer aralığında uyumlu olduğu görülmüştür.

Balcalı kampüsünde ışık kirliliği ve aydınlatma verimliliği açısından gerçekleştirilecek olan bir sonraki çalışmada kampüs genelinde verimsiz ve uygun olmayan aydınlatmanın belirlenmesi ve daha az enerji tüketen aydınlatma teçhizatlarının belirlenmesi gerekmektedir. Literatür incelendiği zaman led aydınlatma armatürlerinin kullanılması durumunda enerji tasarrufu sağlayarak çevre kirliliğini azaltacağı bilinmektedir [42-44]. Gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında kampüsün ana bulvarı üzerindeki aydınlatma tertibatlarının yenilendiği ve led ampuller kullanılması suretiyle daha verimli aydınlatma tertibatlarının teşkil edilmeye başlandığı görülmüştür. Ayrıca ana bulvar üzerindeki yenilenme ve bakım çalışmalarının neredeyse bittiği ve ara caddelerde ilgili çalışmaların sürdürüldüğü anlaşılmıştır. Fakat söz konusu çalışmaların kampüsün kuzey-kuzeybatı ve sağlık hizmetlerinin sağlandığı bölgelerin haricindeki diğer alanların da uygulanması aydınlatma verimliliği ve enerji tasarrufu hususunda önemli olacağı düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Işık ölçer cihazının (SQM) temini için Çağ Üniversitesi’ne ve Öğr. Gör. Dr. Arif SOLMAZ’a teşekkür ederiz. Çalışmamızın sürdürülebilirliği ve arazi çalışmalarındaki destekleri için Çukurova Üniversitesi Yönetimine, Genel Sekreterliğine, Güvenlik Müdürlüğüne, Prof. Dr. Nazım AKSAKER, Doç. Dr. Mehmet Eren ÖZTEKİN ve Hüseyin DÜNDÜ’ye teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. UNEP, 2013. The Rapid Transition to Energy Efficient Lightning: An Integrated Policy Approach. The United Nations Environment Programme/Global Environment Facility, 7.
2. Zencirci, S. A., Işıklı, B., 2017. Hava Kirliliği. Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi, 2(2), 25-36.
3. Gülmez, A., 2015. OECD Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Hava Kirliliği İlişkisi: Panel Veri Analizi. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(3), 18-30.
4. İlkılıç, C., Behçet, R., 2006. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Etkisi. Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 5(1), 66-72.
5. Özdemir, S., Özkan, K., Mert, A., 2020. An Ecological Perspective on Climate Change Scenarios. Biological Diversity and Conservation, 13(3), 361-371.
6. Yalçın, C., 2017. Işık Kirliliği Üzerine Sosyolojik Bir Değerlendirme. Mavi Atlas, 5(2), 337-354.
7. Yıldız, N. D., Yılmaz, H., 2005. Işık Kirliliği, Ortaya Çıkardığı Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1), 117-123.
8. Demir, H., Çıracı, G., Kaya, R., Ünver, Ü., 2020. Aydınlatmada Enerji Verimliliği: Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Durum Değerlendirmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25(3), 1637-1652.
9. Aydoğdu, E., 2019. Mevcut Ticari Binaların Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliği Analizi İçin Örnek Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
10. Demirci, T., 2021. Kentlerin Aydınlatılması Bağlamında Işık Kirliliği Sorunsalı ve İzmir Büyükşehir ve İlçe Belediyelerinin Yaklaşımları. Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(2), 72-80.
11. Karimi Ansari, B., 2013. Işık Kirliliği (Karanlık Kirliliği) ve Çevreye Olan Etkileri. Çukurova

- Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 11-22.
12. Şahin, M., Akaltun, Y., Oğuz, Y., 2017. Investigation of the Environmental Effects of Light Pollution which External Lighting Systems Caused. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 10(2), 278-286.
 13. Gökçek, Ö. B., Gümüş, M. G., Bozdağ, A., Özlü, S., Savaş, C., 2018. Niğde İli Kent Merkezinde Aydınlatmadan Kaynaklanan Işık Kirliliğinin İncelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 514-521.
 14. Nasıroğlu, İ., Güney, Y., Kılıç, Y., Niaei, M. S., Tozoğlu, B., 2020. Atatürk Üniversitesi Kampüsünün Gökyüzü Kalite Ölçümü (Işık Kirliliği). *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 1(1), 431-432.
 15. Babaoğlu, G., 2017. 5. Sınıf Öğrencilerinin Işık Kirliliğine Yönelik Algıları. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 1(2), 45-56.
 16. Seyhan, R. K., Aksaker, N., Kurt, Z., Erdoğan, M. A., 2020. Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak Dünya Geneline Işık Kirliliği Analizi. *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 1(2), 771-772.
 17. Devlen, A., 2018. Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin Gökyüzü Parlaklık Ölçümleri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 401-408.
 18. Gronkowski, P., Tralle, I., Wesolowski, M., 2018. Visibility of Comets During Their Outbursts and The Night Sky Light Pollution-Use The Bortle Scale. *Astronomische Nachrichten*, 339(1), 37-45.
 19. Karagöz Küçük, Z., Ekren N., 2021. Light Pollution and Smart Outdoor Lighting. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(2), 191-200.
 20. <https://astro.org.sv/imagendeldia/mayo-16-2019-cielos-oscuros-enciendan-la-noche-mayo-16-2019-cielos-oscuros-enciendan-la-noche/> Erişim Tarihi: 28.11.2022.
 21. Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., Cinzano, P., Elvidge, C. D., 2019. Light pollution in USA and Europe: The Good, the Bad and the Ugly. *Journal of Environmental Management*, 248, 109227.
 22. Aksaker, N., Yerli, S. K., Erdoğan, M. A., Kurt, Z., Kaba, K., Bayazit, M., Yesilyaprak, C., 2020. Global Site Selection for Astronomy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 493(1), 1204-1216.
 23. Görsel, <http://www.isikkirliligi.org/index.php/gorsel>, Erişim Tarihi: 28.11.2022.
 24. McCullagh, M. J., 1988. Terrain and Surface Modelling Systems: Theory and Practice. *Photogrammetric Record*, 12(72): 747-779.
 25. Robinson, G. J., 1994. The Accuracy of Digital Elevation Models Derived From Digitised Contour Data. *Photogrammetric Record*, 14(83): 805-814.
 26. Burrough, P. A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford: Oxford University Press, 220.
 27. <https://www.cu.edu.tr/institutional/university/genel-bilgi>, Erişim Tarihi: 28.11.2022.
 28. Sky Quality Meter-LU-DL, <http://www.uniheron.com/projects/sqm-lu-dl/>, Erişim Tarihi: 28.11.2022.
 29. Suomi NPP, https://www.nasa.gov/mission_pages/NPP/mission_overview/index.html, Erişim Tarihi: 30.11.2022.
 30. Adana Bölgesinde 23 Temmuz Hava Durumu, <https://tr.weatherspark.com/d/99280/7/23/23-Temmuz-tarihinde-Adana-Türkiye-Ortalama-Hava-Durumu#Figures-Temperature>, Erişim Tarihi: 29.11.2022.
 31. Achilleos, G.A., 2011. The Inverse Distance Weighted Interpolation Method and Error Propagation Mechanism - Creating a DEM from an Analogue Topographical Map. *Journal of Spatial Science*, 56(2), 283-304.
 32. Güney, Y., Nasıroğlu, İ., 2021. ATA50 Teleskobunda Gece Gökyüzü Kalitesi Ölçümleri. *Atatürk Üniversitesi Anadolu Fizik ve Astronomi Dergisi*, 1(1), 20-22.
 33. Conversion Calculator - NELM (V) to MPSAS (B) systems, <http://uniheron.com/projects/darksky/NELM2BCalc.html>, Erişim Tarihi: 29.11.2022.

34. Bortle, J. E., 2001. Introducing the Bortle Dark Sky Scale. *Sky & Telescope*, 101(2), 126.
35. Bortle, J. E., 2006. The Bortle Dark-sky Scale. *Sky & Telescope*, <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/>, Erişim Tarihi: 30.11.2022.
36. Yılmaz, A., Özdemir, T., 2021. Measurement and Determination of Light Pollution: Case Study of Malatya City. *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2(1), 38-43.
37. Solmaz, A., Aksaker, N., Akyüz, A., Kurt, Z., Allak, S., Aladağ, Y., Karakılçık, M., Emrahoğlu, N., Emin Özel, M., 2021. ÇÜ Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER): I. Gözlem Koşulları ve Güncel Projeler. *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2(1), 1-12.
38. Nighttime Light VIIRS, <https://eogdata.mines.edu/products>, Erişim Tarihi: 10.12.2022.
39. Nurbandi, W., Yusuf, F. R., Prasetya, R., Afrizal, M. D., 2016. Using Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Imagery to Identify and Analyze Light Pollution. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 47(1), 012040.
40. Sanchez de Miguel, A., Kyba, C., Zamorano, J., Gallego, J., Gaston, K. J., 2020. The Nature of The Diffuse Light Near Cities Detected in Nighttime Satellite Imagery. *Scientific reports*, 10(1), 1-16.
41. Aksaker, N., Yerli, S. K., Kurt, Z., Bayazit, M., Aktay, A., Erdoğan, M. A., 2020. A Case Study of Light Pollution in France. *Astrophysics and Space Science*, 365, 153.
42. Farsakoglu, O.F., Atık, İ., Hasırcı, H.Y., 2014. LED Aydınlatma Sistemlerinin Çevre Kirliliğini Azaltmadaki Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1-2), 94-103.
43. Yılmaz, E., Erden, O., Kocadağ, N., 2019. Sokak Aydınlatması Dönüşümü Fayda Maliyet Analizi Üzerine Bir Mühendislik Ekonomisi Çalışması. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(3), 280-289.
44. Kocaman, B., 2020. Kapalı Otopark Aydınlatmasında Floresan ve Led Lambanın Enerji Verimliliği Açısından Karşılaştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(3), 1640-1648.

