



Işık Kirliliği: Eskişehir Örnek Uygulaması

Tuncay ÖZDEMİR^{1*}, Melek HAKSEVER²

¹ İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Battalgazi/Malatya

² İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Battalgazi/Malatya

Sorumlu Yazar (Corresponding author): tuncay@inonu.edu.tr

Özet

Işık kirliliği doğal karanlığın yapay ışıklarla bozulmasıdır. Genellikle şehirlerde ve yerleşim alanlarında görülür. Gece gökyüzünü aydınlatan sokak lambaları, reklam panoları, bina ışıkları gibi yapay ışık kaynakları ışık kirliliğine sebep olur. Işık kirliliği yıldızların görünürlüğünü azaltır. Doğal ekosistem dengesini bozar ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir. Ayrıca enerji israfına neden olur. Çünkü çoğu zaman gereksiz yere fazla ışık kullanılır. Bu tezde, Eskişehir il merkezi Tepebaşı ve Odunpazarı merkez ilçelerinde gece gökyüzü parlaklığı ölçümleri yapılarak, bu bölgeler için ışık kirliliği haritası oluşturulmuştur. Şehir merkezi her biri 3 km x 3 km kare alanlar olacak şekilde 40 farklı bölgeye ayrılmıştır ve bu alanların orta noktalarında gökyüzü parlaklık ölçümü yapılarak yıllar önce Bülent Aslan'ın "Işığın Kirli Yüzü: IŞIK KİRLİLİĞİ" adlı kitabındaki harita verileri ile karşılaştırılarak aradaki değişime bakılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi: 24.05.2025

Kabul Tarihi: 21.06.2025

Anahtar Kelimeler

Işık Kirliliği,
Gece Gökyüzü Parlaklığı,
Enerji Israfı,
Eskişehir

Light Pollution: Eskişehir Sample Application

Abstract

Light pollution refers to the disruption of natural darkness by artificial lighting. It is commonly observed in cities and residential areas. Artificial light sources such as streetlights, billboards, and building lights contribute to light pollution. Light pollution reduces the visibility of stars, disrupts the balance of natural ecosystems, and can have negative effects on human health. Additionally, it leads to energy waste as excessive lighting is often used unnecessarily. In this thesis, measurements of night sky brightness were conducted in the central districts of Tepebaşı and Odunpazarı in Eskişehir. A light pollution map for these areas was created. The city center was divided into 40 different regions, each covering an area of 3 km x 3 km. Sky brightness measurements were taken at the central points of these regions and compared with the map data from the book "Işığın Kirli Yüzü: IŞIK KİRLİLİĞİ" by Bülent Aslan from years prior to examine the changes over time.

Research Article

Article History

Received : 24.05.2025

Accepted: 21.06.2025

Keywords

Light Pollution,
Night Sky Brightness,
Energy Waste,
Eskişehir

1.Giriş

Işık kirliliği dünyanın en hızlı büyüyen kirlilik çeşitlerindendir. Işığın yanlış yerde, yanlış yönde, yanlış miktarda ve yanlış zamanda kullanılmasına ışık kirliliği denir (Aslan, 2018). Işık, elektromanyetik ışık spektrumunun insan gözü tarafından algılanmasına ve görme olayına da sebep olduğundan tarihte de bu konu hakkında birçok yaklaşımlarda bulunulmuştur. Örneğin ilk kapsamlı ışık ve görme teorisini geliştiren Empedokles (M.Ö.490-430), ışığın gözden çıkan

ışınlar olduğu ve nesnelere çarparak onları görünür kıldığını söyleyerek ışık ve görme arasındaki bağlantıyı kurmuştur. Fakat günümüzde biliyoruz ki, karanlık ortamlarda görme olayı gerçekleşmez. Çünkü görme olayının gerçekleşmesi için ışığın ortamdaki nesnelerden yansıyor gözümüze ulaşması gerekmektedir.

1.1. Işık kirliliğinin tanımı

Yıldızları ve samanyolunu görmemize engel olan, geceleri ışığın yanlış kullanılmasından kaynaklanan durum ışık kirliliği olarak bilinir. Oysaki gece ışıkların olmadığı yerlerde gökyüzünde parlayan çok sayıda yıldız vardır. Yıldızları gözlemlemenin yanı sıra, gözün hassasiyet seviyesi üzerindeki aydınlatma; gözün görme yeteneğini azaltır. Gece araç kullananlar için karmaşaya sebep olarak can kayıplarını arttırır. Üstelik yalnızca insanlar için değil, birçok canlı açısından zarara sebebiyet verir. Işık kirliliği yapay aydınlatma kullanımı ile başlamış, sanayileşme ile de gelişmiştir. Bina ve sokak aydınlatmaları, mülkiyet alanındaki ve reklam panolarındaki aydınlatmalar ışık kirliliğine neden olan en önemli etkenlerdir. Şüphesiz ki ışık kirliliğinden en çok etkilenenlerden biri astronomlardır. Uzaya doğru bilinçsiz kullanımından dolayı yayılan ışık, yansıtıcı yüzeylere çarparak atmosferdeki molekül ve partiküllerle etkileşir. Bu etkileşim sonucu ışık, atmosferde saçılır ve gökyüzünün doğal fon parlaklığını artırarak astronomik gözlemleri sekteye uğratır.

1.1.1. Işık ve görme

Gözün sağlıklı görebilmesi için ışık temel bir bileşendir. Işık olmadan görme olayının yok denecek kadar azalması ışığı görme olayında olmazsa olmaz bir koşulu haline getirmiştir. Bu yüzden; tarihin ilk dönemlerinden beri insanların güneş, ay ve yıldızlar gibi ışık saçan gök cisimlerine olan ilgi ve alakaları zaman içinde ışık üzerine araştırmalarda bulunmalarına zemin hazırlamıştır. Mısır, Mezopotamya, Hint ve Çin gibi eski uygarlıklardan kalan belgelerde ışık ve görme konularında ortaya konulmuş anlatımlara rastlanır ki astronomi biliminin temeli de bu meraklardan yola çıkılarak atılmıştır.

Bu yapay aydınlatmalardan bazıları;

- Yol, cadde ve sokak aydınlatmaları
- Binaların dış cephesinde yapılan aydınlatmalar
- Araç Işıkları
- Reklam panolarında kullanılan aydınlatmalar
- Park ve spor alanlarındaki aydınlatmalar
- Evlerden ve binalardan taşan ışıklar
- Fabrika ve ticari mülkiyet alanlarındaki aydınlatmalardır.



Şekil 1. Yapay aydınlatma örneği. (New York, Times Meydanı)

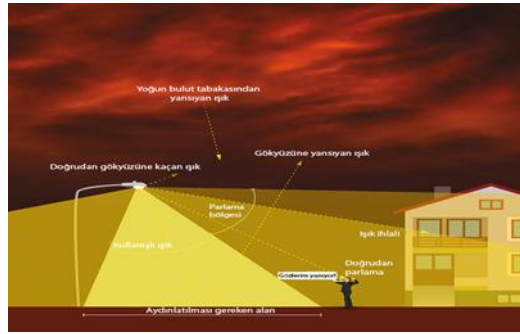
1.1.2. Işık kirliliği çeşitleri

Işık tecavüzü: Işığın istenmeyen ya da gerekmeyen yeri aydınlatmasıdır.

Göz kamaşması: Gözün alışık olduğu aydınlatma düzeyini aşıp görme yetisinin bozulması ve nesne görünürlüğünün kaybolmasıdır.

Dikine ışık: Doğrudan gökyüzüne giden ışıktır. Boşa gider ve uzayda kaybolur. Astronomlar ve gökyüzünün seyretmek isteyen herkes için en kötü ışık kirliliği çeşididir. Işığın atmosferdeki tozlar ve moleküller tarafından saçılması sonucu göğün doğal parlaklığı bozulur. Kamaşma ve ışık tecavüzü yaratan armatürler dikine ışık gönderirler şehirlerin üstüne uçaktan görülen ışık deniz çoğunlukla yukarıya doğru yanlış yönlendirilmiş ışıklardır.

Aşırı miktarda ışık: Belli bir işin yapılması için gereken aydınlatma miktarının aşan ışıktır. Fazla ışık her zaman iyi aydınlatma değildir (Komal Kaushik, 2022).



Şekil 2. Işık kirliliği çeşitleri (Gocova, 2013)

1.2. Işık kirliliğinin canlıların yaşamı ve ekolojik denge üzerindeki etkisi

1.2.1. Işık kirliliğinin bitkiler üzerindeki etkisi

Bitkiler de diğer canlılar gibi ışık ile etkileşim halindedir. Ancak bitkiler ışığı sadece fotosentez için değil; aynı zamanda biyolojik ritimlerini düzenlemek üzere de kullanır. Bu sebeple ışık kirliliği birçok açıdan bitkileri etkiler.

Fotosentez ve büyüme üzerindeki etkilerinden başlarsak; fotosentez ile bitkiler güneş ışığını kullanarak besin ve oksijen üretir. Ancak bitkiler sadece doğrudan ışıkla değil, ışığın günün farklı zamanlardaki değişimi ile de etkileşime girer. Gece olan aşırı ışık bitkilerin dinlenme süreçlerini etkileyerek, bitkilerin büyüme hızını yavaşlatabilir.

Bitki faunasının üzerinde de ışık kirliliğinin etkisi vardır. Bazı gece açan bitkileri olumsuz etkileyerek bazı bitki türlerinin gerilemesine yol açarak, bazı bitki türlerinin de avantajlı hale gelmesine neden olarak dengeyi bozabilir.

Bitkilerin çiçeklenme durumları genelde gün ışığına ve karanlık döneme bağlıdır. Yapay ışıklar bitkilerin çiçek açma zamanını uzatabilir veya kısaltabilir. Bazı bitkiler geceyi karanlık olarak algılayarak çiçek açar. Fakat yapay ışık olduğu durumlarda bu polinasyon süreci bozulabilir.

Işık kirliliği her bitkiyi aynı şekilde etkilemez. Örneğin; kısa gün ve uzun gün bitkileri yapay ışığa farklı tepkiler verir. Kısa gün bitkileri (meyve veren bitkiler gibi) ışık kirliliğine daha hassas olabilirken; uzun gün bitkileri (tahıllar gibi) daha az etkilenebilir. Yapay ışık bitkilerin büyüme hızını da olumsuz etkileyebilir. Bazı bitkiler yapay ışık ile çok hızlı büyürken bazı bitkiler yapay ışık altında sağlıklı gelişim göstermez. Sonuç olarak; ışık kirliliği bitkiler üzerinde birçok olumsuz etkiye sebep olabilir. Fotosentez, çiçeklenme, büyüme hızı, ekosistem işleyişi gibi temel süreçleri yapay ışık nedeniyle bozulabilir.

1.2.2. Işık kirliliğinin hayvanlar üzerindeki etkisi

Hayvanlar gökyüzünün doğal ışığını yön bulmadan üremeye kadar geniş spektrumlu durumlar için kullanırlar. İşte bu noktada ışık kirliliği onların doğal yaşamında dramatik sonuçlara sebep olurlar.

Tüm hayvanlar biyolojik bir saate sahiptir ve doğal ışıkların şiddetindeki değişimler bu biyolojik saatin temelini oluşturur. Işık kirliliği ise hayvanların biyolojik saatini bozar ve enerji tüketimlerini artırır, üreme hızında azalma ya da direk ölümlerine sebep olur. Geceleri avlanmaya çıkan yarasaların avlarının yapay ışık kaynaklarında toplanması, buna karşın yarasaların ışık altında görüşlerinin azalması gibi nedenler avlanmayı zorlaştırır. Dişi ateş böceklerinin bir doğa harikası olarak erkeğin onu bulması için yaktığı ışıklar onların üremesi için gereklidir. Ancak yapay ışık kaynakları erkeklerin yönlerini karıştırmasına sebep olduğundan bu durum ateş böceklerinin üreme hızını düşürür. Deniz kaplumbağaları yumurtadan gece vakti çıkarlar ve çıktıklarında denize ulaşmak için şehir ışıkları nedeniyle denizler yerine şehre doğru yönelir ve daha yaşamlarının ilk saatlerinde hayatlarını kaybederler.



Şekil 3. Karetta kareta yavruları

Çoğu gece aktif olan hayvan, doğal gece karanlığına göre uyku ve dinlenme sürelerini ayarlar. Yapay ışıklar, bu hayvanları rahatsız edebilir, uyku düzenlerini bozabilir ve stres seviyelerini artırabilir. Sonuç olarak ışık kirliliği, ekosistemlerin dengesini bozarak tüm ekosistemlerde uzun vadeli değişimlere yol açabilir. Bu nedenle, ışık kirliliği ile mücadele için daha bilinçli aydınlatma politikalarının uygulanması önemlidir (Andreas Jechow, 2019).

1.2.3. Işık kirliliğinin insanlar üzerindeki etkisi

Yapay aydınlatma insanların güvenlik için ateş yakması ile başlayan bir süreçtir. Fakat günümüzde reklam panoları, eğlence mekanları ve bina ışıkları gibi çok farklı amaçlarla kullanıldığından, oluşan ışık kirliliği insan sağlığına da zarar vermektedir. İnsan sağlığına zararlarını şu başlıklar altında inceleyebiliriz (Fabio Falchi, 2011).

1.2.3.1. Uyku düzeni ve melatonin üretimi

Yapay ışıklar özellikle gece saatlerinde uyku düzenini bozar. Vücudumuzun zamanlayıcısı olarak kabul ettiğimiz melatonin hormonu insan vücudunda salgılanan uyku düzenini kontrol eden bir hormondur. Melatonin hormonu gece karanlığında salgılanmaya başlar ve genellikle 22:00 ile 02:00 saatleri arasında en yüksek seviyeye ulaşır. Ancak LED ışıklar, tabletler, bilgisayar ekranları, telefonlar ve diğer farklı kaynaklardan gelen özellikle mavi yapay ışık melatonin üretimini baskılar. Bunun sonucunda kişi, daha geç uyur ve uyku kalitesi düşer. Melatonin seviyesinin düşmesi ile başka bir hormon olan kortizol hormonunun yükselmesine yol açar ve kanser riskini yükseltir. Uyku eksikliği, kronik yorgunluk ve düşük bağışıklık nedeniyle oluşan birçok sağlık sorununa yol açar.

1.2.3.2. Cilt sağılığı

Gece boyunca aşırı ışığa maruz kalmak cilt sağılığını etkiler. Mavi ışık, ciltteki kolajen üretimini engeller, bu da cildin elastikiyetini kaybetmesine, kırışıklıklarının artmasına, cilt yaşlanmasının hızlanmasına yol açar.

1.2.3.3. Göz sağılığı

Yapay ışık göz kaslarını zorlayarak, gözde kuruluk, yanma, bulanık görme, baş ağrısı gibi sorunlara yol açabilir. Özellikle uzun süreli mavi ışık maruziyeti, retinaya zarar vererek görme bozukluklarına yol açabilir. Ayrıca, gece saatlerinde sokak lambalarından veya araç farlarından gelen aşırı ışık gece görüşünü bozarak kaza yapılmasına yol açabilir.

1.2.3.4. Ruh sağılığı

Yapılan birçok çalışma, aşırı yapay ışığa maruz kalmanın biyolojik resmi bozacağından depresyon ve anksiyete gibi zihinsel sağılık sorunlarının riskini arttırabilir. Gece geç saatte parlak ışıklara maruz kalmak, Serotonin üretimini engelleyebilir, depresyon belirtilerini şiddetlendirebilir.

1.2.3.5. Biyolojik saat

İnsan vücudu, doğal olarak gece ve gündüz döngülerine göre çalışacak şekilde evrimleşmiştir. Gece karanlığında vücutta melatonin salgılandığını ve uykuya geçişin kolaylaştığını söylemiştik. Yapılan araştırmalara göre çalışan kadınlarda, gece çalışmayanlara göre daha fazla meme kanseri olduğu görülmüştür.

1.2.4. Işık kirliliğinin iklim değışiklikleri ve küresel ısınma üzerine etkisi

Işık kirliliğı doğrudan iklim değışikliği ve küresel ısınma üzerinde etkiye sahip değilse de dolaylı olarak ilişkisi birkaç ana faktör de yoğunlaşır. Bunlardan biri artan enerji tüketimi yüzünden daha fazla karbon salınımıdır. Özellikle enerji verimliliğı düşük, eski teknolojilerle çalışan eski sokak lambaları gibi aydınlatma sistemleri daha fazla enerji harcar. Bu durum, elektrik talebini ve dolayısıyla karbon salınımını arttırır çünkü elektrik üretiminin çoğunu fosil yakıtlardan sağlamaktayız. Fosil yakıtların yanması sonucu; Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan sera gazları (karbondioksit, metan, azot oksitler gibi) atmosferde birikerek sera etkisi oluşturur ve bu da küresel ısınma ve iklim değışikliği sorunlarını tetikler. Bu gazların atmosferde birikmesi, sera etkisini arttırarak ortalama sıcaklıkları yükseltir. Işık ihtiyacını karşılamak için harcanan elektrik miktarı ile fosil yakıt kullanımı ise doğru orantılıdır.

1.2.5. Işık kirliliğinin astronomi üzerine etkisi

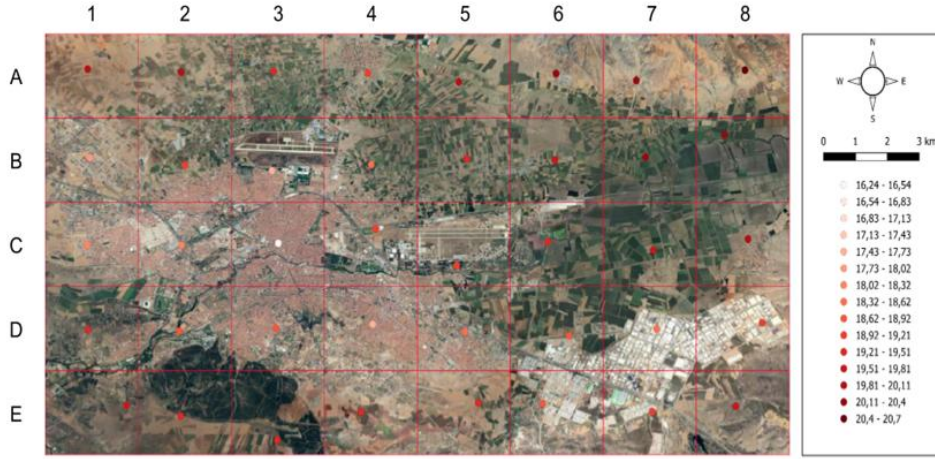
Işık kirliliğı astronomi gözlemlerinde çok ciddi sıkıntılar oluşturmaktadır. Yapay ışıkların parlaması sonucu; yıldızlar, galaksiler, yıldız kümeleri, gezegenler görünemez hale gelir. Gök cisimlerinin konumu belirlenemez. Toplanan verilerin kalitesi ve doğruluğı etkilenebilir. Araştırmalar ve bilimsel keşiflere yapay ışığın yarattığı gök parlaması engel olabilir.

2. Materyal ve Yöntem

SQM (Sky Quality Matter-Gökyüzü kalite ölçer) gece gökyüzündeki ışık kirliliğine ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Genelde astronomik gözlemler için kullanılır. Gökyüzündeki ışık seviyelerini, yani karanlık gökyüzünün miktarını ölçen bir cihazdır. Bu cihazın ölçtüğü değerler, genellikle Kadir bölü açısı saniye kare birimi ile ifade edilir. Bu cihaz, doğrudan bir ölçüm sonucu olarak daha düşük değerleri, örneğin 21 Kadir bölü açısı saniye kare, daha temiz yani karanlık bir gökyüzünü işaret ederken, yüksek değerler örneğin 18 Kadir bölü açısı saniye kare ışık kirliliğinin belirgin olduğu bölgeleri gösterir. Hem taşınabilir hem de oldukça hassas bir cihazdır. Gökyüzündeki ışık kirliliğini objektif bir şekilde ölçer.

Tablo 1. Alınan ölçümler yönlendirilmiştir

S/N	Nokta	North(39)	East(30)	Sıcaklık	MPSAS(90)	MPSAS(60)	MPSAS(30)
1	A1	83521	44636	14,8	20,00	19,52	18,19
2	A2	83432	48060	12,8	19,90	19,62	18,53
3	A3	83452	51441	10,6	19,48	18,88	17,56
4	A4	83395	54877	11,2	19,15	18,14	16,54
5	A5	83125	58208	22,8	19,90	19,70	18,45
6	A6	83386	61766	22,8	20,17	19,23	18,55
7	A7	83169	64702	23,5	20,34	19,86	19,06
8	A8	83494	68677	22,5	20,70	20,30	19,41
9	B1	80772	44723	14,1	17,86	16,45	15,42
10	B2	80533	48186	8,7	19,01	18,58	17,55
11	B3	80371	51374	23,8	17,66	16,84	16,56
12	B4	80563	55009	22,2	18,60	17,57	17,02
13	B5	80743	58501	23,8	19,26	18,19	17,65
14	B6	80702	61722	21,5	19,70	18,96	17,80
15	B7	80796	65040	19,9	20,16	19,80	19,11
16	B8	81480	67930	20,6	20,40	20,21	19,76
17	C1	78057	44624	19,9	18,32	18,11	17,45
18	C2	78065	48076	21,5	18,14	17,54	16,76
19	C3	78119	51609	22,2	16,24	15,56	14,24
20	C4	78563	55172	19,6	18,97	18,40	17,42
21	C5	77433	58133	22,8	19,05	18,52	18,17
22	C6	78168	61465	21,2	19,30	19,21	18,46
23	C7	77905	65319	20,9	19,62	19,00	18,10
24	C8	97825	68783	12,5	19,83	19,50	18,45
25	D1	75441	44654	18,3	19,39	18,95	18,50
26	D2	75390	47993	19	18,76	18,44	17,73
27	D3	75486	51528	18	18,62	18,16	17,46
28	D4	75605	55061	24,1	17,51	16,60	15,76
29	D5	75372	58433	22,8	18,34	17,50	15,98
30	D6	75252	62241	22,5	18,79	18,64	18,06
31	D7	75461	65444	19,9	18,50	17,25	15,44
32	D8	75655	69302	19,6	19,06	18,51	17,43
33	E1	73091	46061	20,9	19,60	18,94	18,35
34	E2	72761	48036	17,4	19,45	18,55	17,23
35	E3	72019	51572	18,3	19,39	18,94	16,88
36	E4	72886	54636	19,6	19,37	19,05	18,34
37	E5	73170	58915	19	19,51	19,24	18,58
38	E6	73152	61269	20,6	18,87	17,87	16,42
39	E7	72888	65277	19,9	19,06	18,90	18,20
40	E8	73066	68344	17,7	19,77	19,01	17,42

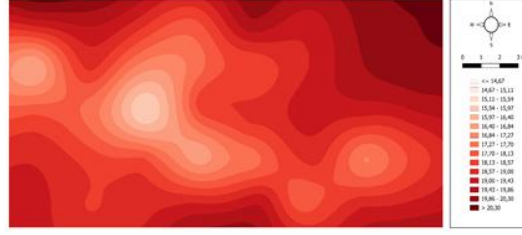


Şekil 4. Eskişehir il merkezinde 3x3 kilometrekare bölgeler ve ölçüm alınan noktalar

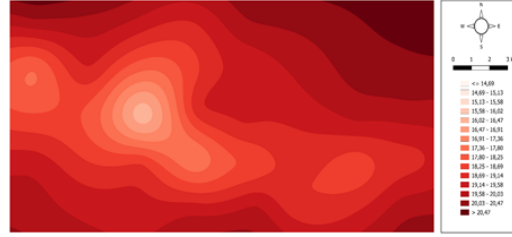
Eskişehir il merkezi, doğu batı yönleri boyunca 24 km ve kuzey güney yönleri boyunca 15 km uzunluğunda olan bölgenin birbirine eşit 3 x 3 km alanlara bölünerek 40 farklı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4). Her bölge batıdan doğuya (1-8), kuzeyden güneye (A-E) şeklinde isimlendirilmiştir. Arazi şartları ve ışık kaynaklarının izin verdiği kadarıyla ölçümler her bölgenin orta noktasından alınmaya çalışılmıştır. Her noktada 30,60 ve 90 derece olmak üzere 3 farklı SQm yönlendirmesi için ölçüm alınmıştır. 30 ve 60 derece ölçümleri alınırken SQM cihazı şehrin en parlak noktası olarak öngörülen C3 bölgesinin ortasındaki Es Park AVM ye doğru yönlendirilmiştir. Gece Ay battıktan sonra ve Ay doğumundan önce 21:00-01:00 saatleri arasında ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler, koordinatları ve o anki hava sıcaklığı Tablo 1.'de gösterilmiştir. Kuzey Koordinatlar 39.Enlemde, Doğu koordinatlar 30. boylamda olduğundan tablodaki koordinatlar kısaltılmış,39.83521 koordinatı 83521 olarak gösterilmiştir. Ölçümler alınırken çevresel ışık kaynaklarının tutarsız ölçümlere sebep vermemesi için bölgelerde en az üç en fazla yirmi ölçüm alınması gerekmiş ve seri ölçümler arası bir dakika olarak planlanmıştır. Trafik, yanıp sönen ışıklar vb. durumlarda alınan bazı ölçümler yok sayılmış arka arkaya en az 3 değer 0,01 sapma ile ölçülene kadar ölçümlere devam edilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde; 30 derece ölçümlerinde 14,24 en düşük ve 19,76 en yüksek, 60 derece ölçümlerinde 15,56 en düşük ve 20,30 en yüksek ,90 derece ölçümlerinde 16,24 en düşük ve 20,70 en büyük değer olarak ölçülmüştür. Alınan ölçümler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımına veri paketi olarak aktarılmıştır. Bu veriler ile öncelikle koordinat noktaları oluşturulmuş daha sonra bu noktalar 90 derece ölçümleri baz alınarak renklendirilmiştir. Ayrıca uydu görüntüsü de görsele eklenerek ölçüm alınan noktaların çevre ile olan ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de Tablo 1'deki veriler kullanılarak 3 farklı ışık haritası oluşturulmuştur.



Şekil 5. Yer yüzeyine 30 derece eğimle B3 noktasında bulunan Şehir merkezine doğru yönlendirilmiş SQM cihazı ile alınan ölçümler CBS yöntemleri ile ışık kirliliği haritasına dönüştürülmüştür



Şekil 6. Yer yüzeyine 60 derece eğimle B3 noktasında bulunan Şehir merkezine doğru yönlendirilmiş SQM cihazı ile alınan ölçümler CBS yöntemleri ile ışık kirliliği haritasına dönüştürülmüştür



Şekil 7. Yer yüzeyine 90 derece eğimle konumlandırılmış SQM cihazı ile alınan ölçümler CBS yöntemleri ile ışık kirliliği haritasına dönüştürülmüştür.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kaybolan ışık miktarı

Eskişehir il merkezi ve çevresinde yapılan ölçümler, ışık kirliliği haritası ve teorik bilgiler kullanılarak uzaya yayılan ve kayıp olan ışık miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

SQM cihazı tepe açısı $A=20$ olan koni sınırları içerisinde kalan alan dahilinde bulunan ışık miktarını kadir/açısanıye² cinsinden ölçmektedir.

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

$$L=\text{Parlaklık (cd/m}^2\text{)}$$

$$m=\text{SQM cihazından okunan gökyüzü parlaklığı (kadir/açısanıye}^2\text{)}$$

$$\text{Okunan } m \text{ değerine tekabül eden aydınlanma birim alan başına ışık miktarı (akı)}$$

$$E=L\Omega$$

$$E=\text{Aydınlanma(lm/m}^2\text{)}$$

$$\square=\text{SQM cihazının görüş alanının denk geldiği katı açıyı temsil eder}$$

Minimum Toplam Işık Akısını bulmak için birim alandaki ışık akısı (lm/m^2) değeri alan ile çarpılarak hesaplanır.

$$\phi_{0i}=E_{0i} A_i$$

Tüm alanların minimum toplam ışık akısı her alanın minimum toplam ışık akısının toplanması ile hesaplanır.

$$\phi_{(\text{toplam,minimum})}=\phi_0=\sum_i^n \llbracket E_{0i} A_i \rrbracket$$

Burada n yüzey sayısıdır. Bu konu ile yapılan akademik çalışmalarda yeryüzünde atmosfere yayılan ışık miktarının %73 ünün Atmosferden hiç saçılmadan uzaya dağıldığı bilinmektedir. Ayrıca bir çok çalışmada açıya bağlı gök parlaklığı değişim katsayısı 4 olarak

hesaplandığından, gök parlaklığı değerinin SQM cihazı ile yapılan ölçümün 3,7x4 katı kadar büyük olması gerekir.

$$73/(100-73)+1=3,7$$

Tablo 2. Eskişehir ışık kirliliği verileri

Nokta	MPSAS(90)	L (cd/m ²)	E (lm/m ²)	A (m ²)	ϕ_{oi} (lm)	$\phi_{oi} \times 3,7 \times 4$ (lm)
A1	20	0,0011	0,0068	9000000	61072,56	903873,91
A2	19,9	0,0012	0,0074	9000000	66964,73	991078,03
A3	19,48	0,0017	0,011	9000000	98593,01	1459176,57
A4	19,15	0,0024	0,0148	9000000	133612,21	1977460,64
A5	19,9	0,0012	0,0074	9000000	66964,73	991078,03
A6	20,17	0,0009	0,0058	9000000	52221,11	772872,49
A7	20,34	0,0008	0,005	9000000	44652,54	660857,54
A8	20,7	0,0006	0,0036	9000000	32051,34	474359,77
B1	17,86	0,0078	0,0487	9000000	438375,36	6487955,29
B2	19,01	0,0027	0,0169	9000000	152000,89	2249613,18
B3	17,66	0,0093	0,0586	9000000	527043,1	7800237,90
B4	18,6	0,0039	0,0246	9000000	221741,07	3281767,79
B5	19,26	0,0021	0,0134	9000000	120738,6	1786931,27
B6	19,7	0,0014	0,0089	9000000	80509,32	1191537,87
B7	20,16	0,0009	0,0059	9000000	52704,31	780023,79
B8	20,4	0,0007	0,0047	9000000	42251,89	625327,96
C1	18,32	0,0051	0,0319	9000000	286976,37	4247250,23
C2	18,14	0,006	0,0376	9000000	338724,13	5013117,09
C3	16,24	0,0345	0,2166	9000000	1949153,9	28847477,86
C4	18,97	0,0028	0,0175	9000000	157705,24	2334037,60
C5	19,05	0,0026	0,0163	9000000	146502,87	2168242,48
C6	19,3	0,0021	0,0129	9000000	116371,37	1722296,22
C7	19,62	0,0015	0,0096	9000000	86665,48	1282649,06
C8	19,83	0,0013	0,0079	9000000	71424,32	1057079,98
D1	19,39	0,0019	0,0119	9000000	107113,97	1585286,82
D2	18,76	0,0034	0,0213	9000000	191357,78	2832095,20
D3	18,62	0,0038	0,0242	9000000	217693,84	3221868,78
D4	17,51	0,0107	0,0672	9000000	605126,45	8955871,40
D5	18,34	0,005	0,0313	9000000	281738,46	4169729,18
D6	18,79	0,0033	0,0207	9000000	186142,75	2754912,75
D7	18,5	0,0043	0,027	9000000	243134,25	3598386,83
D8	19,06	0,0026	0,0161	9000000	145159,72	2148363,91
E1	19,6	0,0016	0,0098	9000000	88276,71	1306495,29
E2	19,45	0,0018	0,0113	9000000	101355,22	1500057,30
E3	19,39	0,0019	0,0119	9000000	107113,97	1585286,82
E4	19,37	0,0019	0,0121	9000000	109105,37	1614759,50
E5	19,51	0,0017	0,0107	9000000	95906,08	1419409,96
E6	18,87	0,0031	0,0192	9000000	172920,36	2559221,34
E7	19,06	0,0026	0,0161	9000000	145159,72	2148363,91
E8	19,77	0,0013	0,0084	9000000	75482,48	1117140,63
	Toplam	0,1453	0,9131	360000000	8217807,6	121623552,21

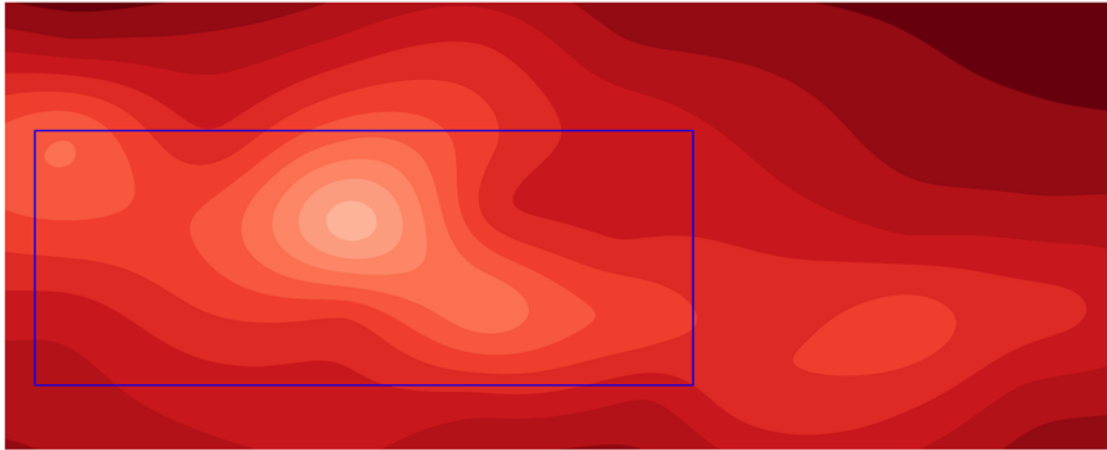
Yer yüzeyinden yayılan toplam ışık akısı aşağıdaki işlemle bulunur.

$$=\phi_{0i} \times 3,7 \times 4$$

Her alan için ayrı olarak hesaplanan ışık kirliliği verileri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Eskişehir ilinin içinde bulunduğu 360000000 m² lik 40 bölgeden alınan gök parlaklığı verileriyle toplam uzaya kaçan ışık akısı 90 derece açıda 121,6 milyon lümen olarak hesaplanmıştır. Gece aydınlatma için kullanılan lambaların etkinlik değeri 100lm/W olarak kabul edilir ise ışık kirliliğine sebebiyet veren toplam ışık akısı 121,62 Mlm, anlık değeri ise

1216,2 kW güce eşittir. Günümüzde kentlerde sadece sokak aydınlatmaları için harcanan enerji kentin toplam harcadığı enerjinin %4-%6 sına karşılık gelmektedir. Bu değere reklam amaçlı aydınlatmalarının, bina cephe aydınlatmalarının eklenmesi ile %10 lara çıkacağı görülmektedir (Aslan Z. , 2024). Eskişehir Büyükşehir belediyesi tarafından Aralık 2023-Ekim 2024 tarihleri arasında tüketilen elektrik miktarı 9764,29 MWh yapılan ödeme ise 44,81 milyon TL olduğu Tablo 3.’te gösterilmiştir. Ortalama bir aylık tüketim 887,66 MWh iken Ekim 2024 ayında kWh başına 5,23 tl ödeme yapıldığı görülmektedir. Sokak aydınlatmaları, reklam panoları, bina dış cephelerinde bulunan aydınlatmaların aktif tüketimin yaklaşık olarak %10’una tekabül ettiği kabul edilirse; aktif tüketimin %10 u 88,76 MWh olarak hesaplanır.



Şekil 8. Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı ölçümlerin alanı mavi dikdörtgen içerisinde belirtilmiştir

3.2. Yapılan çalışmalar ile yeni ölçümlerin karşılaştırılması

1 Ocak 2012-1 Ocak 2015 yılları arasında Tike projesi kapsamında pilot proje statüsünde, Eskişehir kent merkezi ve yakın çevresinin gece gökyüzü parlaklığı Bülent ASLAN ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışma alanının bu projede ölçüm yapılan alanlara göre kıyaslaması Şekil 8’de, alanın uydu görüntüsü Şekil 9’da ve yapılan ölçümler ile oluşturulmuş ışık kirliliği haritası Şekil 10’ da gösterilmiştir. Aynı alan bu proje ölçümleri ile tekrar oluşturularak daha iyi bir kıyaslama yapılabilmesi için Şekil 11’ de aynı renk aralıkları kullanarak tarihsel değişimle ışık kirliliğinde değişim gösterilmiştir.

3.3. Karşılaştırma yöntemi

Her iki çalışma verileri ile oluşturulmuş olan ışık kirliliği haritaları özdeş alanlara bölünmüştür. “i1,i2,i3,i4,j1,j2,j3 ve j4” alanları 3x3 km alanı,”i5 ve j5” alanları 3x2 km alanı,”k1,k2,k3 ve k4” alanları 2x3 km alanı ve “k5” alanı 2x2 km alanı belirtmektedir. Her iki çalışma alanlarının oranlarının farklı olması nedeni ile bu tarz bir ızgara kullanılmıştır. Ayrıca her iki çalışmanın verileri farklı yazılımlar ile oluşturulduğundan bu projede belirlenen alanlar daha basık gözükmemektedir.

3.3.1. Karşılaştırma

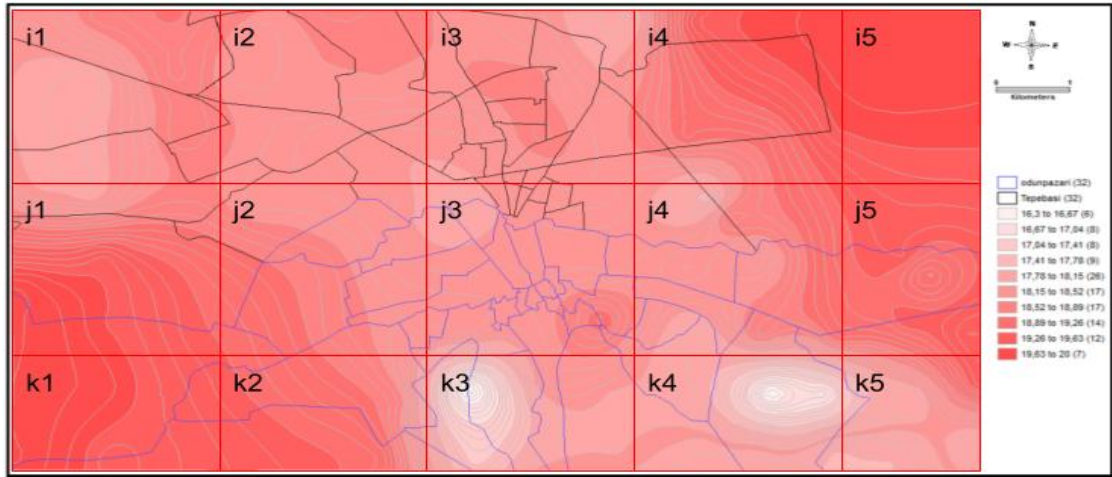
Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada her 1x1 km alandan veriler toplanarak hazırlanmıştır. Bu projede ise daha önce de bahsedildiği gibi 3x3 km alanlarda ölçümler yapılmıştır. Bu sebep çözünürlük farkı oluşmaktadır. Ancak bazı

Tablo 3. Eskişehir Büyükşehir belediyesi tarafından Aralık 2023-Ekim 2024 tarihleri arasında tüketilen elektrik miktarı ve yapılan ödeme tablosu alanlardaki değişimler çözünürlük farkı ile açıklanamaz

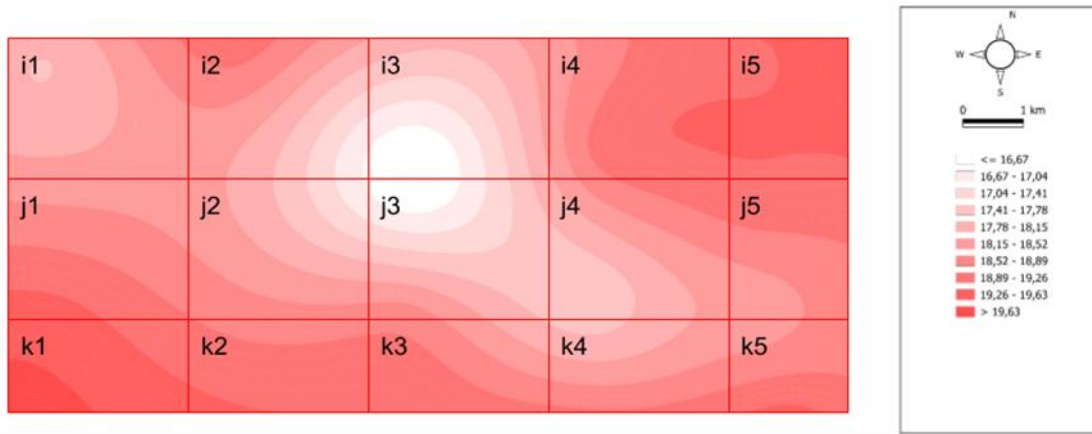
Dönem	Harcanan Elektrik (kW/h)	Ödeme (TL)
Aralık 2023	1152393,73	4595757,06
Ocak 2024	1608920,60	6482568,66
Şubat 2024	483171,38	1981106,01
Mart 2024	628542,85	2571340,81
Nisan 2024	708882,64	2939010,95
Mayıs 2024	861129,46	3654064,10
Haziran 2024	802906,93	3677254,18
Temmuz 2024	979407,21	5559564,01
Ağustos 2024	967617,66	5369221,77
Eylül 2024	640315,93	3105382,19
Ekim 2024	931009,15	4876425,45
Toplam	9764297,54	44811695,19
Aylık Ortalama	887663,41	4073790,47



Şekil 9. Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı ölçümlerin alanının uydu görüntüsü



Şekil 10. Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı ölçümler neticesinde oluşturdukları ışık kirliliği haritası



Şekil 11. Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı çalışma alanında bu proje verileri ile oluşturulan ışık kirliliği haritası

3.3.2. Genel karşılaştırma

Her iki çalışmada da SQM ölçüm değerleri 16,30 ile 20,00 arasında çıkmıştır. Ancak bu proje verileri ile oluşturulan ışık kirliliği haritasından da anlaşılabileceği gibi aradan geçen zamanla ışık kirliliğinin yoğunluğunda artış mevcuttur. Özellikle şehir merkezinin büyümesi nüfus artışı ve nüfusun gençleşmesi bu kirliliğin artışında etken olduğu değerlendirilmiştir.

Eskişehir ili 2012 yılında büyükşehir statüsüne geçmiştir ve o dönemdeki nüfusu yaklaşık 660.000 civarında iken günümüzde nüfusu 950.000 üzerine çıkmıştır. Şehirde bulunan Anadolu Üniversitesi, Osmangazi Üniversitesi ve Eskişehir Teknik Üniversitesi bölgenin popülerliğini arttırmış, nüfusun daha genç olmasına sebep olmuştur.

3.3.2.1. “i2,i3,j2 ve j3” alanlarının kesişim noktası (Es Park AVM)

Bu bölgede Eskişehir’deki en yoğun alışveriş merkezi olan Es Park AVM bulunmaktadır. Tarihsel verilere baktığımızda Es Park AVM 2007 yılında yapımı tamamlanıp hizmete açılmıştır. Yapıldığı bölgede aynı zamanda 1927-2007 yılları arasında faaliyet gösteren Kılıçoğlu Toprak İşleme Fabrikası’nın kapatılarak yeni organize sanayi taşınmıştır. 2007 yılında bölge yerleşimden daha çok şehrin sanayi ihtiyacı için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu

bölge şehrin yeni eğlence ve yaşam merkezlerinin artması ile daha yoğun hale gelmiştir. Bu da yıllar içerisinde bölgedeki ışık kirliliğinin artmasına sebep olmuştur.

3.3.2.2.“k3” alanı

Bu bölgede şu anda bulunan Yenikent Olimpik Yüzme Havuzu 2011 yılında hizmete açılmış ancak büyük bir tesis olduğundan yapımı 2016 yılında tamamlanmıştır. Yapıldığı bölgenin daha önceden boş bir arazi olması nedeni ile Bülent Aslan ve arkadaşlarının yaptığı çalışma esnasında inşaat çalışmalarının gece ışıklandırması nedeni ile oluşan ışık kirliliğinin inşaatın tamamlanması ile azaldığı değerlendirilmektedir.

3.4. Işık kirliliği için uluslararası alınan önlemler ve Türkiye’de alınan/alınması gereken önlemler

Işık kirliliği doğal çevreyi, ekosistemleri ve insan sağlığını olumsuz etkileyen bir çevre sorunu olarak dünya genelinde giderek daha fazla önem kazanıyor. Birçok ülke, bu sorunu azaltmak için çeşitli uluslararası önlemler almaktadır. International Dark-Sky Association (IDA) Uluslararası Işık Kirliliği Konferansları düzenler ve ışık kirliliği ile ilgili mücadelede öncü bir organizasyondur. Dünya çapında ışık kirliliği ile mücadele eden yerel toplulukları destekler ve karanlık gökyüzü parkları kurar. IDA’nın önerileri ve standartları ise ülkeler tarafından uygulanarak ışık kirliliğini azaltmaya yönelik politikalar geliştirir. Örneğin birçok ülke tarafından sokak aydınlatmalarının tasarımı ve yönlendirmesi için standartlar oluşturulmuştur. Avrupa birliği, enerji verimi ve çevre dostu aydınlatma sistemlerine geçişi teşvik eder. Bazı ülkeler karanlık gökyüzü rezervi kurmuş ve bu tür bölgeleri astronomik gözlemler için korumaktadır.

İngiltere’de 2013 yılında Northumberland Ulusal Parkı, İngiltere’nin ilk karanlık gökyüzü parkı olarak ilan edilmiştir. Yorkshire gibi bazı diğer bölge parkları da benzer şekilde karanlık gökyüzü rezervleri ilan edilmiştir. Bu tür alanlar, yerel yönetimler tarafından korunan doğal alanlar olup halkın yıldız gözlemi yapabilmesi için düşük ışık seviyelerinde tutulur. İspanya 2001 yılında, gece gökyüzünü korumaya yönelik yasa çıkarmıştır. Bazı doğal alanları karanlık gökyüzü parkları olarak tanımlamıştır. Fransa 2013 yılında Paris’te gece saatlerinde gereksiz aydınlatmanın kapatılması ile ilgili bir yönelik yönetmelik çıkarmıştır. Kanada, Almanya, Avustralya, İtalya, Yeni Zelanda ve Japonya’da karanlık gökyüzü bölgeleri belirleyerek ışık kirliliğini azaltmak için çalışmalar yapmaktadır.

4.Sonuç

Yapılan çalışma sırasında çok fazla yanlış ve gereksiz aydınlatma olduğu görülmüştür. Özellikle sokak lambalarının ışık yoğunluğunun fazla olduğu ve ışık taşması şeklinde konumlandırıldıkları görülmektedir. Bu durum ışık kirliliğine sebep olmaktadır. Işık kirliliğini önlemek için;

- Sokak lambaları ve dış mekan aydınlatmaları yere doğru yönlendirilmelidir.
- Daha az enerji tüketen düşük güçlü ve LED ampuller kullanılmalıdır.
- Zamanlayıcı ve sensör kullanımı aydınlatmaların gereksiz yere açık kalmasını önleyerek ışık kirliliği önlenebilir.
- Şehirlerde özel aydınlatma tasarımları yaparak ışığın sadece ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılması sağlanabilir.
- Doğal yaşamı korumak için özel karanlık gökyüzü alanları oluşturulabilir.
- Halk ışık kirliliği konusunda bilinçlendirilmelidir.

-Teknoloji kullanılarak akıllı aydınlatma sistemleri ile birlikte güneş enerjisi ile çalışan aydınlatmalar daha az elektrik enerjisi tüketerek çevreye daha az zarar vermeyi amaçlayabilir.

Işık kirliliği hem çevreye hem de insan sağlığına ve diğer canlılara zarar veren önemli bir sorundur. Bu sorunu önlemek için yukarıdaki yöntemlerin uygulanması, daha sağlıklı bir çevre ve doğal gece atmosferinin korunması için büyük bir öneme sahiptir.

Kaynakça

- Andreas Jechow, F.H., 2019. How dark is a river? Artificial light at night in aquatic systems and the need for comprehensive night-time light measurements. *Wire's Water*, 1388.
- Aslan, B., 2018. Işığın Kirli Yüzü:Işık Kirliliği. Ankara: Ada Eğitim Kooperatifi.
- Aslan, Z., 2024. Işık Kirliliği - Teknolojinin Yanlış Uygulamaları ve Türkiye’de Işık Kirliliği Çalışmaları. Ankara: Nobeş Akademik yayıncılık.
- Fabio Falchi, P.C., 2011. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, 2714-2722.
- Gocova, A., 2013. The Night Issue. *Alternatives Journal*, 39:5.
- Komal Kaushik, S.N., 2022. Studying light pollution as an emerging environmental concern in India. *Journal of Urban Management*, 392-405.