

# Işık Kirliliği



# Astronomi ve Işıık Kirliliği

Gökbilimciler, karanlık bir gökyüzü olmadan derin uzaydaki uzak gök cisimlerinden gelen sönük ışıkları alamazlar. Karanlık gökyüzü, evrenin gizemlerini anlamak için vazgeçilmez bir bilimsel kaynaktır. Karanlık gökyüzü ayrıca tüm medeniyetlerin kültürel ve doğal mirasının önemli bir parçasıdır.

Astronomik gözlemlerinin çoğu şehirlerin ve kasabaların ışığından kaçmak için uzak yerlere inşa edilir. Bu gözlemleri yine de ışık kirliliği tehdidi altındadır. Örneğin, bu sayfanın sol alt tarafında Hawaii'deki Mauna Kea dağının zirvesine ulaşan şehir ışıkları gösterilmektedir. Mauna Kea Gözlemevi dünyanın en iyi astronomi gözlem yerleşkelerinden biridir. Aydınlatma yönetmelikleri, bu alanları ışık kirliliğinden korumak için oldukça önemli bir araçtır.

Hawaii'nin zirvesindeki dünyanın en büyük teleskopları Keck Gözlemevi ve Subaru Teleskobu ile birlikte Pleiades, Venüs ve yıldızlar.  
(Kaynak: Dr. Hideaki Fujiwara – Subaru Teleskobu, NAOJ)



## Uluslararası Astronomi Birliği ve karanlık gökyüzünün korunması

Uluslararası Astronomi Birliği neredeyse 100 ülkeden 10.000'den fazla profesyonel astronomu bir araya getiriyor. Bu birliğin görevi, uluslararası işbirliği yoluyla astronomi biliminin tüm yönlerini tanıtmak ve korumaktır.

Bu broşür dünya çapında ışık kirliliği alanındaki uzmanların önemli bulgularının bir derlemesidir. Bilgiler, Uluslararası Astronomi Birliği tarafından 2015 Uluslararası Işık Yılı sırasında düzenlenen Kozmik Işık programı çatısı altında toplandı. Bu broşürün amacı; özellikle LED'lerin kullanımı ile birlikte, ışık kirliliği anlayışımızdaki son gelişmelerle ilgili bilgileri vermek, astronomi camiasını desteklemek ve halkın ışık kirliliği araştırmaları konusundaki farkındalığını artırmaktır.

## Gökyüzü Parıltısı

Işık kirliliği, yapay dış mekân aydınlatmasının çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olabilecek şekilde yanlış kullanımudur. Yapay kaynaklardan yukarı doğru (yatay ve daha üstü açılarda) yayılan fazla ışık, atmosferdeki bulutlar, sis veya küçük parçacıklar gibi aerosoller tarafından saçılır. Bu saçılma çok uzaklardan görülebilen yaygın bir parıltı oluşturur. Gökyüzü parıltısı ışık kirliliğinin en yaygın biçimlerinden biridir.

İkincil saçılmalar nedeniyle tek bir ışık kaynağı, gökyüzü parıltısına kırsal alanda şehirlere göre daha fazla etki eder. Martin Aube'ye göre, şehirlerdeki gökyüzü parıltısının %10'u ve kırsal alanlarda gökyüzü parıltısının %50'si ikincil yansımalarından kaynaklanıyor.

Salzburg (Avusturya) üzerindeki yıldızlar ve gökyüzü parıltısı.  
(Kaynak: Andreas Max Böckle)

## Işık Tacizi

Işık tacizi sağlığını bile etkileyebilecek diğer bir yaygın sorundur. Geceleri istenmeyen ışık, evlerin ve dairelerin pencerelerinden sızarak, ışığa aşırı maruz kalma nedeniyle uyku bozukluklarına neden olabilir.



Kaynak: Ducky Tse / Friends of the Earth (HK)

## Kamaşma

Geceleyin aşırı parlaklık yüksek zıtlık yaratır ve görünürlüğü azaltır; bu da aşırı durumlarda rahatsızlığa veya kör edici bir etkiye neden olur. Bu durumlar en çok kataraktı olan yaşlı insanları etkiler.



Kaynak: E. Hanlon



ÇOK KÖTÜ



KÖTÜ



İYİ

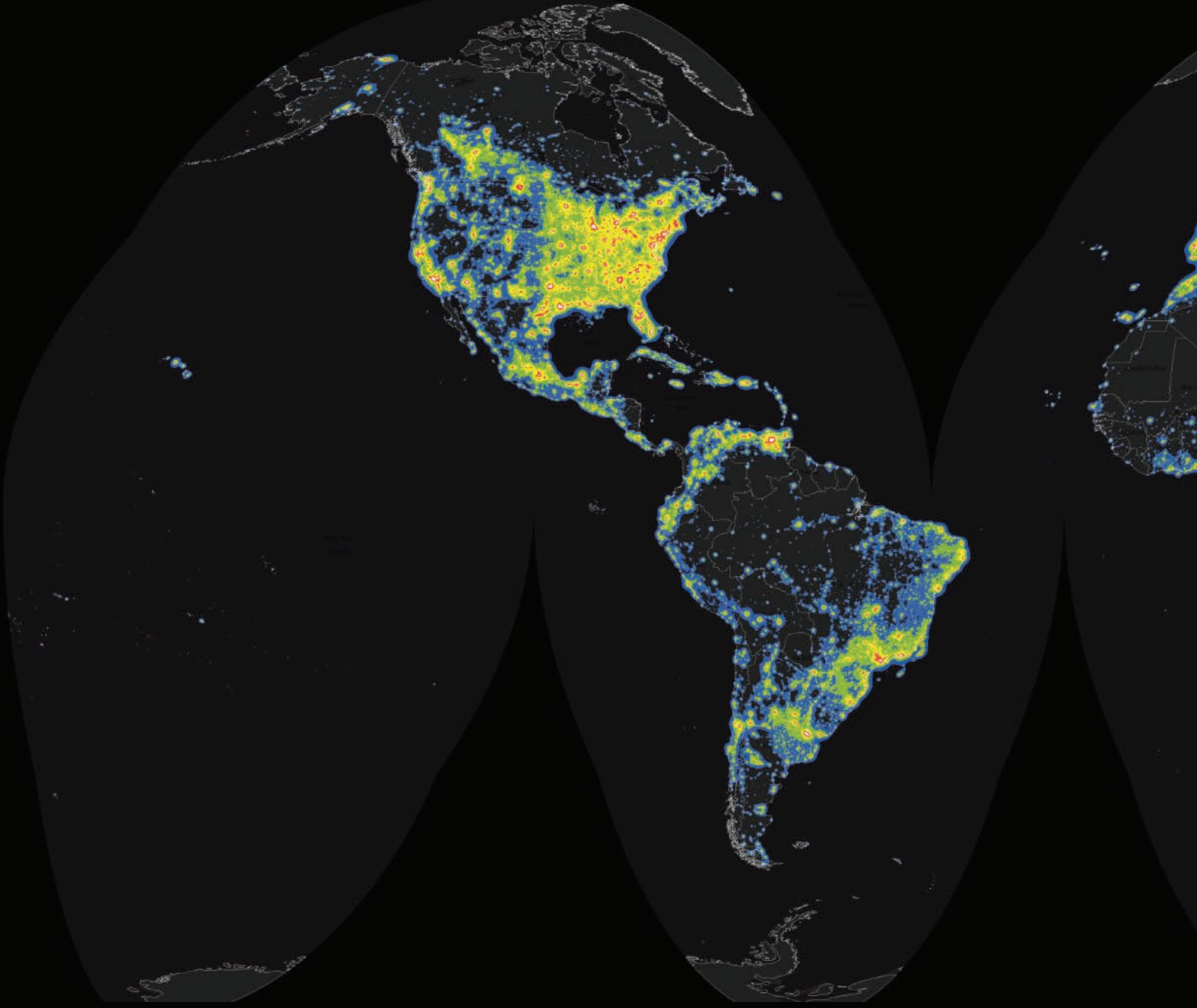


EN İYİ

## Çözüm

Gökyüzü parlaklığını azaltmak için önerilen bir çözüm; tam perdelenmiş ışık armatürleri kullanmaktır. Böylece ışığın yerdeki izdüşümü yani aydınlatması uzaktan görülebilir, ancak ışık kaynağının kendisi görülmez. Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği (IDA) ABD'deki dış ortam aydınlatmasının en az %30'unun, çoğunlukla perdelenmeyen armatürler nedeniyle, boşa harcandığını tahmin ediyor. Perdelenmemiş, gökyüzüne doğru ışıyan ve uzaydan görülebilen ışık çoğunlukla enerji israfıdır. Diğer bir strateji ise; aydınlatma kullanılan yerlerin sayısını ve aydınlatma sürelerini azaltmak olacaktır. Aydınlatmayı doğru yerde ve gerektiği zaman kullanmak yeterli olacaktır. Bu çözümler ayrıca ışık tacizini ve gökyüzü parlaklığını da azaltacaktır. Daha fazla ağaç dikmek de ikincil yansımalarla ışığın gökyüzüne doğru ışmasını önlemeye yardımcı olabilir.

# 2016 dünya ışık

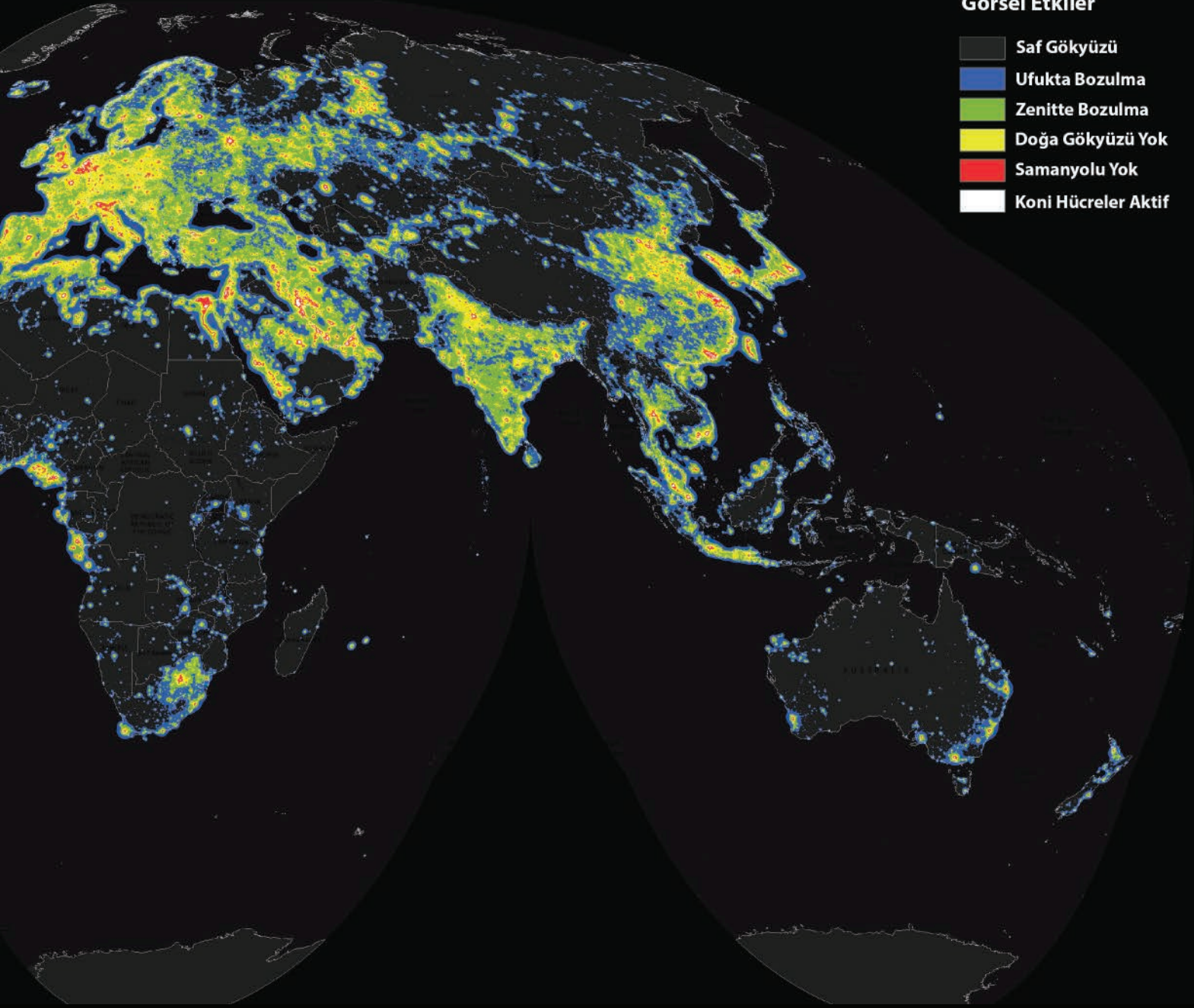


En güncel Dünya ışık kirliliği haritası 2016 yılında Fabio Falchi ve ark. tarafından yayınlanmıştır.

Haritadaki renkler farklı seviyelerdeki ışık kirliliğini belirtir. Siyah, bozulmamış karanlık bir gökyüzünü gösterirken, sırasıyla mavi, yeşil, sarı ve kırmızı renkler kötü yönde artan ışık kirliliği seviyelerini gösterir. Haritadaki beyaz yerler "konilerin aktif", ışık kirliliğinin en kötü olduğu şehirleri belirtir.

İnsan gözünün retinası koni ve çubuk hücrelerden oluşur. Bu hücreler ışık sinyallerini beynimize iletmekten sorumlu alıcılardır.

# kirliiği haritası



Koni hücreler renk bilgisinden sorumludur ve yalnızca aydınlatma yeterince parlak olduğunda etkinleşir. Dolayısıyla, karanlık ortamlarda donuk renkler görürüz ya da renkleri hiç seçemeyiz. Aynı nedenle, bir teleskoptan baktığımızda, derin uzay cisimlerini internette gördüğümüz görüntüler kadar güzel ve renkli göremeyiz. Teleskobun karanlık göz merceğinden baktığımızda koni hücreleri etkinleşmez. Örneğin Hubble Uzay Teleskobu görüntüleri, gözlerimizin görebileceğinden farklı olarak saatlerce pozlama içeriyor. Ayrıca bu görüntüler bazen yapay olarak da renklendirilebilirler.



Calgary'de (Kanada) sodyum lambalarının LED'ler ile değiştirilmesinin sonuçları. (Kaynak: NASA)

## LED devrimi?

Yukarıdaki görüntüler Kanada'daki Calgary kentinin aydınlatmasının LED'lere geçişle nasıl değiştiğini göstermektedir. LED'lerin yoğun mavi ışığı kolaylıkla görülebiliyor. LED'ler veya "ışık yayan diyotlar" düşük maliyetleri, uzun ömürleri, düşük enerji tüketimi, çevre dostu olmaları ve düzenleme kolaylıkları ile bilinirler ve bu nedenle seri olarak üretilir ve yaygın olarak kullanılırlar. Kamusal alandaki aydınlatmalar, geleneksel armatürlerden daha çevre dostu olan LED'lerle değiştirilmeye başlandı.

Son çalışmalar, enerji tasarruflu LED'lerin ışık kirliliğini azaltmaya yardımcı olmadığını göstermiştir. İnsanlar düşük maliyetli LED'leri kullanarak daha fazla aydınlatma oluştururlar, bunun sonucunda da ortamlar daha parlak hale gelir. Bir başka sorun ise; LED'lerin tayfındaki güçlü mavi renkli bileşendir. Bu mavi ışık daha fazla saçılarak hem ekosistemi hem de insan sağlığını etkiler.

Düşük basınçlı sodyum lambasının tayfı



Yüksek basınçlı sodyum lambasının tayfı



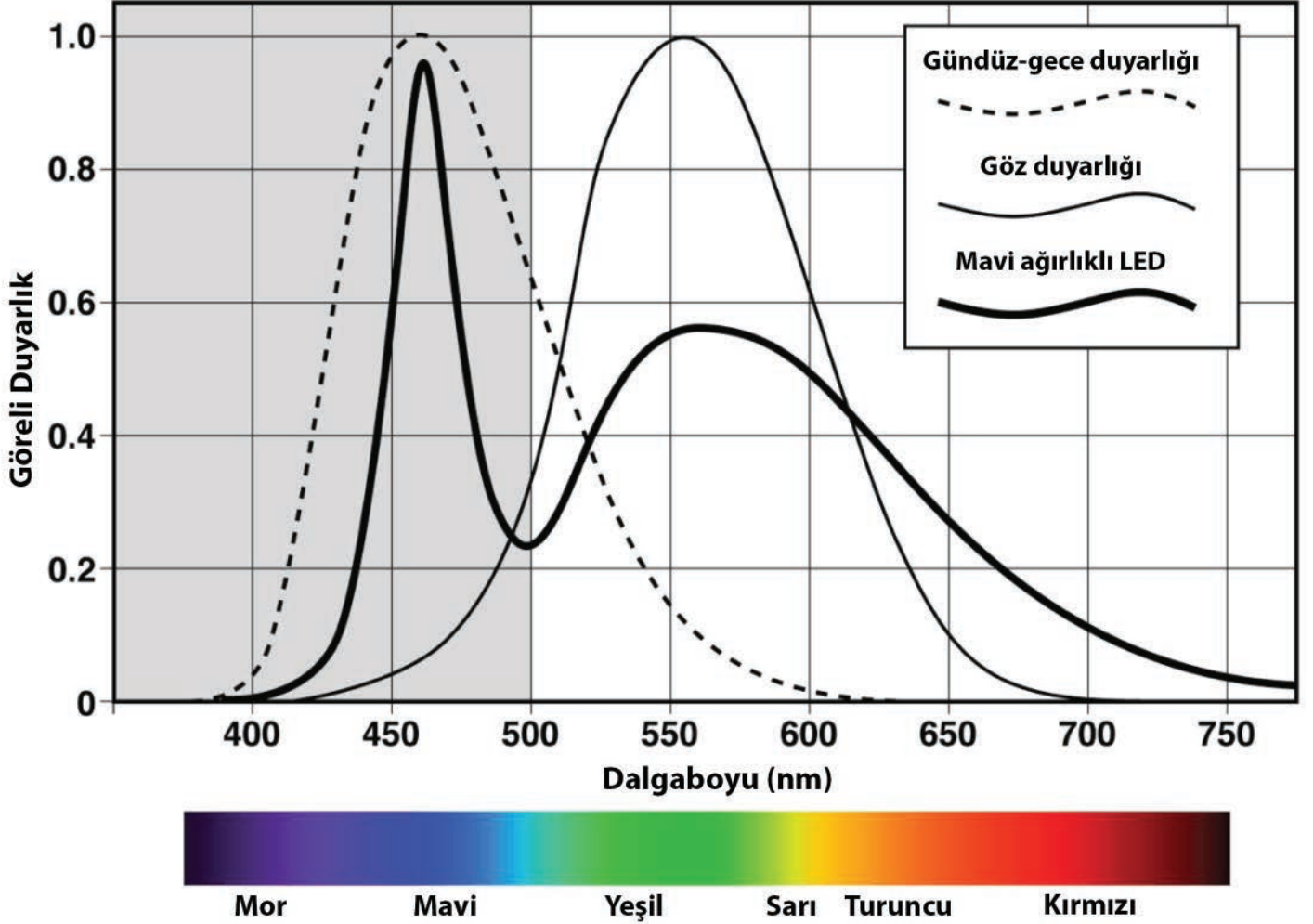
4100K sıcaklığındaki LED tayfı





## LED'lerin tayfını anlayalım

Düşük basınçlı ve yüksek basınçlı sodyum lambaları gibi geleneksel aydınlatmalar, astronomik gözlemler sırasında filtrelenebilen görece dar bantlı tayflara sahiptir. Bununla birlikte, LED'lerin genel olarak filtrelenmesi kolay olmayan geniş bir tayfı vardır. Fosforla dönüştürülmüş kehribar renkli LED'ler gibi dar bantlı LED'ler piyasada yaygınlaşmaktadır ve filtrelenebilme, enerji verimliliği ve hatta renk sunumu açısından kabul edilebilir bir seçim olabilirler.



Kaynak: Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği

2014 Nobel Fizik Ödülü "parlak ve enerji tasarruflu beyaz ışık kaynaklarını mümkün kılan verimli mavi ışık yayan diyotların (LED) icadı" için verildi. Bu açıklama, günümüzde kullanılan beyaz LED'lerin önemli bir özelliğini belirtmektedir. Düşük maliyetli, enerji tasarruflu beyaz LED'ler aslında mavi ışık bakımından zengindir (şekildeki kalın düz çizgi).

Yukarıdaki şekildeki ince düz çizgi, iyi aydınlatılmış koşullar altında gözlerimizin hassas olduğu dalga-boyu aralığını göstermektedir. Kesikli çizgi ise vücudumuzun 24 saatlik ritimle, gündüz-gece döngüsüne duyarlılığını gösterir.

Mavi ışıkça zengin LED'ler vücudumuzun doğal ritminin hassasiyeti ile örtüşüyor ve bu nedenle uyku alışkanlıklarımız üzerinde önemli bir etki yaratıyor.

## Mavi ışık uykuyu etkiliyor

1990'larda bilim insanları, insan gözünde iyi bilinen koni ve çubuk hücrelerden farklı olan üçüncü bir ışık algılama hücresi keşfettiler. Bu yeni tür ışık algılayıcı hücre, gündüz-gece döngüsünü belirleme ve izleme işlevini yerine getiren bir tür foto pigment olan "melanopsin" içerir. Melanopsin en çok mavi ışığa duyarlıdır.

Melanopsin, uykulu hissetmenize neden olan bir hormon olan "melatonin" üretimini kontrol eder. Melanopsin hücreleri ışığı tespit ettiğinde (normalde gündüzleri), melatonin üretimi durur ve daha uyanık hissedersiniz. Karanlık olduğunda ve melanopsin hücreleri ışık algılamadıklarında melatonin üretilmeye başlar ve kendimizi yorgun hissederiz. Geceleri uzun süreyle mavi ışığa maruz kalmanız sizi uyanık tutar.

İnsan gözünün retinasındaki sinir hücreleri. (Kaynak: Wei Li, Ulusal Göz Sağlığı Enstitüsü, ABD Sağlık Bakanlığı)

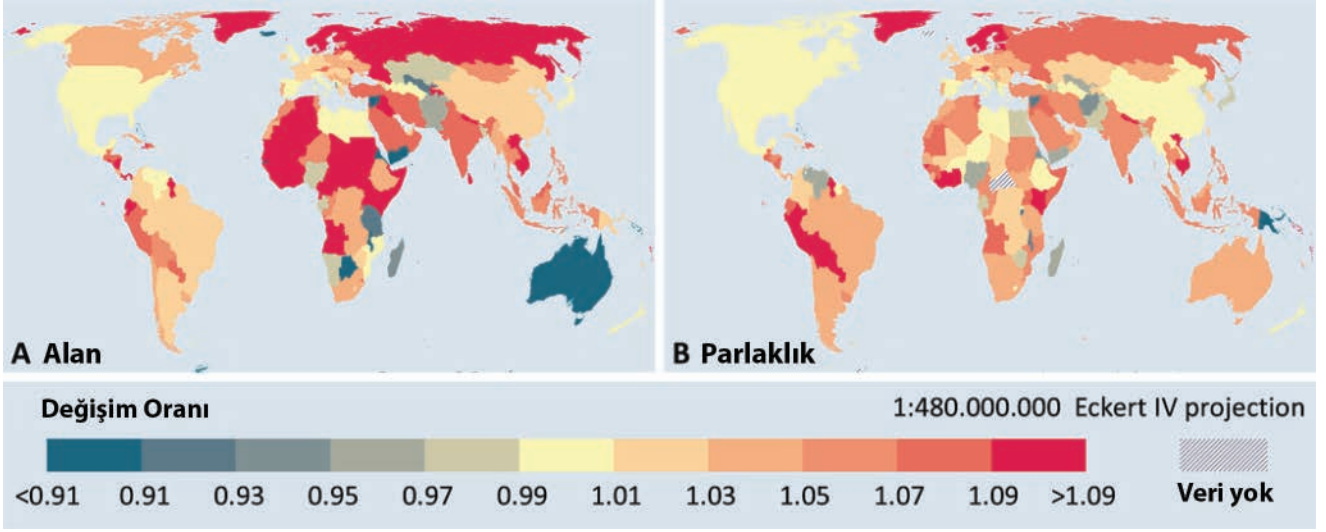
## Işık kirliliği ve sağlığınıza etkileri

Melatonin ayrıca bir antioksidan olarak vücudumuza uykunun ötesinde faydalar sağlar. Vücudumuzu onarmaya yardımcı olur ve kanseri engelleyen süreçlerle ilgili hormonları düzenler. LED'ler mavi ışık bakımından zengin olduğundan, melatonin üretimini durduracak güçlü bir etkiye sahiptir.

Amerikan Tabipler Birliği 2009 yılında kabul ettiği bir kararda "ışık tacizinin insan ve hayvan gece-gündüz ritminin bozulmasında rol oynadığını; azaltılmış melatonin üretimi, bastırılmış bağışıklık sistemleri ve meme kanseri gibi kanser oranlarında artış göstermesinde etkin olduğundan şüphelenildiğini belirtti. Aynı birlik 2016 yılında, LED'ler hakkında bir resmi politika bildirisi yayınlarak "beyaz LED lambaların gece-gündüz ritimleri üzerinde geleneksel sokak lambalarına göre beş kat daha fazla etkili olduğunu" açıkladı.

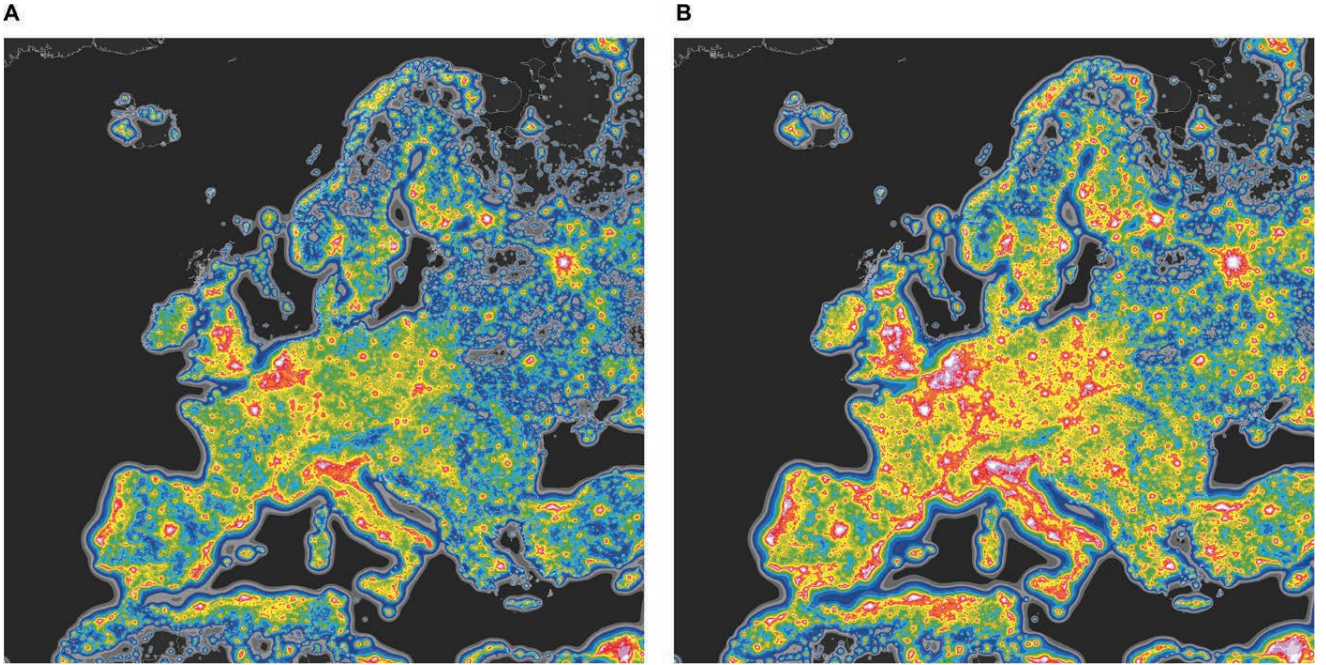
# LED'ler ışık kirliliğini daha da arttırıyor

LED'ler ışık kirliliğiyle mücadelede başarısız kaldığı gibi ayrıca ışık kirliliğini daha da kötüleştirir. Christopher C. M. Kyba ve ark. tarafından uydu verileri kullanılarak yapılan bir çalışmada 2012-2016 yılları arasında dünyamızın %9.1 oranında daha fazla aydınlatıldığı gösterildi.



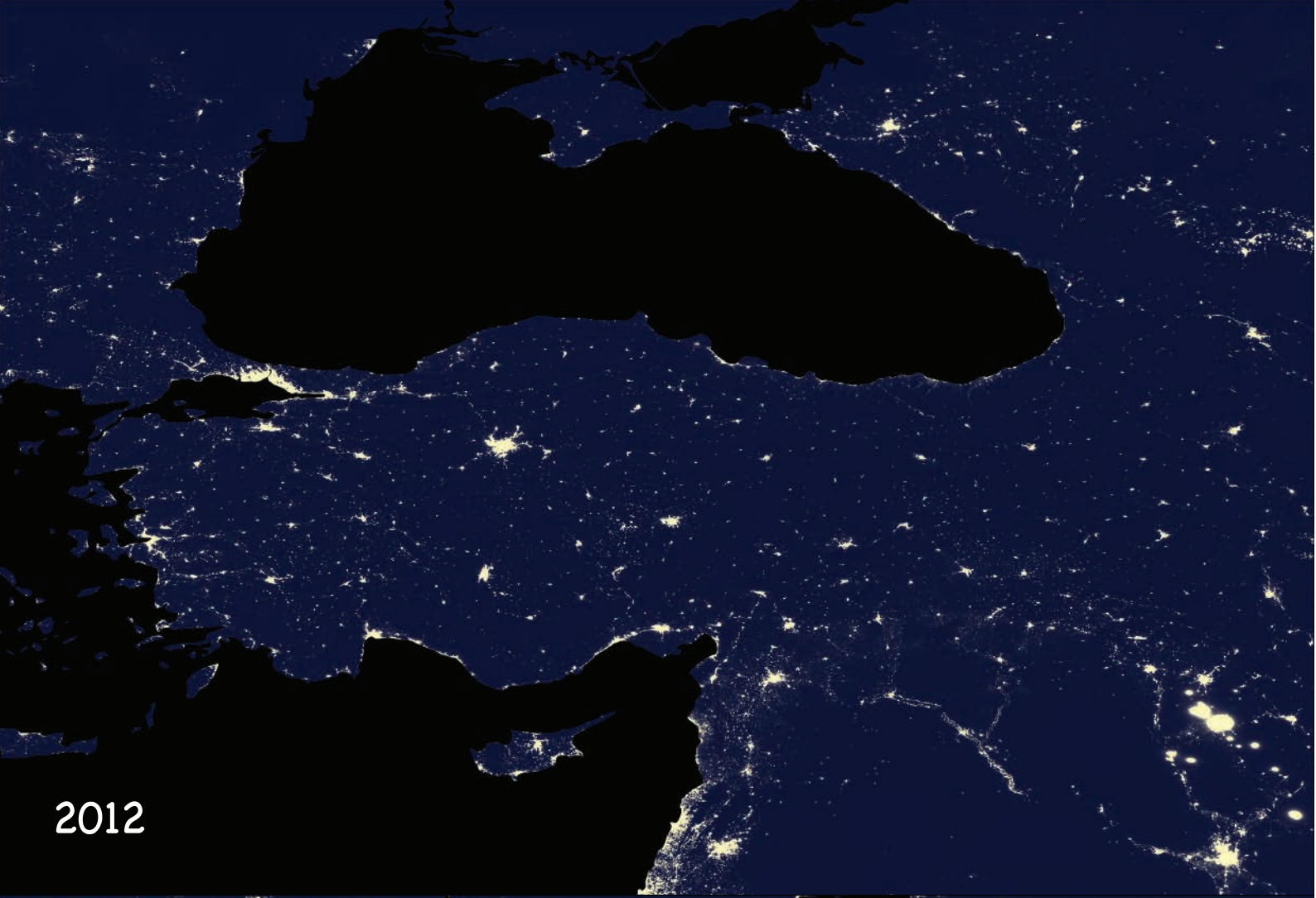
Kaynak: Christopher C. M. Kyba ve ark. Sci Adv 2017

Yukarıdaki haritalar yapay aydınlatmada meydana gelen yıllık değişimleri, (A) aydınlatma alanında; (B) parlaklığında göstermektedir. Yemen ve Suriye gibi savaşta olan birkaç istisna ülke hariç, dünyanın çoğunda parlaklığın arttığı görülmektedir.



Kaynak: Fabio Falchi ve ark. Sci Adv 2016

Mavi dalgaboyu açısından zengin LED'lerden çıkan ışık daha kolay saçılarak daha fazla ışık kirliliği oluşturur. Yukarıdaki haritalar, Avrupa'nın doğal gökyüzü parlaklığına kıyasla yapay gökyüzü parlaklığını göstermektedir. Soldaki harita (A) mevcut ışık kirliliği seviyesini gösterirken, sağdaki harita (B) tüm aydınlatmaların 4000K LED'lerle değiştirildiğinde algılanacak gökyüzü parlaklığı tahminini göstermektedir.



NASA'nın Suomi NPP uydusundaki VIIRS detektörü ile 2012 - 2019 yılları arasında Türkiye'nin ışık kirliliği haritasında belirlenen değişim. (Kaynak: N. Aksaker ve ark., 117F309 nolu "Astronomik Gözlemleri İçin Yer Seçimi" başlıklı TÜBİTAK-1001 Projesi)

## Hangi rengi kullanmalıyız?

Mavi ışığın astronomiye başka bir etkisi daha var; birçok yeni doğan yıldız ve galaksiye ait ışınım mavi dalga-böylarında maksimuma ulaşır ancak mavi aydınlatma ışıkları kuvvetli bir şekilde saçıldığından (gökyüzü bu yüzden mavidir) bunu engeller. Ayrıca, ekosistemler ve halk sağlığı üzerindeki etkisi düşünüldüğünde mavi ışıklandırma önerilmez.

Kırmızı ışık, doğrusal yayılma için en uzun menzile sahiptir ve en uzak mesafelerde bile yapay bir gökyüzü parlaması yaratır. Bu yüzden kırmızı ışıklandırma da önerilmez.

Renk sunumu gerekliliklerine uygun olarak, mümkün olan en dar enerji aralığına sahip kehribar (amber) veya sarı ışığın kullanılması şiddetle önerilmektedir.



Kaynak: Rémi Boucher / Mégantic Dağı Uluslararası Karanlık Gökyüzü Parkı

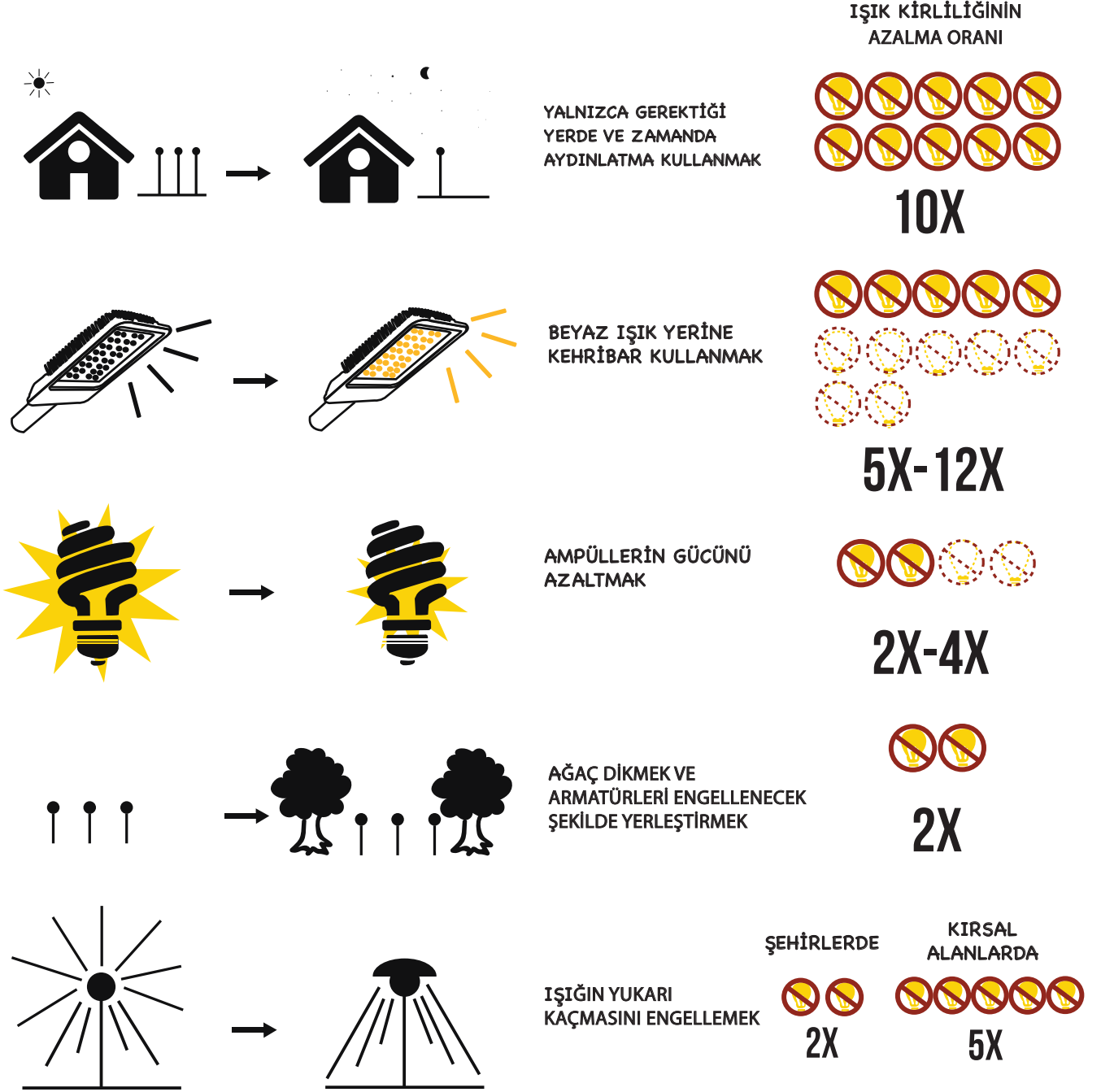
## Çevreye duyarlı ve astronomi dostu LED'ler

Mavi dalgaboyu açısından zengin LED'lerin insan sağlığı ve çevre üzerinde güçlü bir etkisi olduğundan, endüstri çevre dostu LED'ler üretebilmek için yeni teknolojiler geliştirmektedir. Doğaya ve astronomiye etkileri en az olan tam kehribar LED'ler, düşük basınçlı sodyum lambasına benzeyen çok dar bir bant genişliği ile geliştirildi. Ancak bu tür kehribar LED'lerin verimi düşük olduğu için henüz ideal bir ticari ürün değiller.

Fosforla dönüştürülmüş (PC) kehribar LED'ler son yıllarda geliştirilen yeni teknolojilerden biridir. Tam kehribar LED'lerden daha geniş bir spektruma ve daha fazla ekolojik etkiye sahip olmalarına rağmen, renklerin daha iyi görülmesi ve tam kehribar LED'lerin veriminin iki katı verime sahip olmaları makul bir uzlaşma sağlar.

Yukarıdaki fotoğraflar Sherbrooke (Kanada)'daki Bishop Üniversitesi kampüsünde, 4000K beyaz LED'lerden fosforla dönüştürülmüş kehribar LED'lere geçmeden önceki ve sonraki durumu gösteriyor. Fosforla dönüştürülmüş LED'ler aynı optik bileşenlerle kullanılmış ve güçleri yarı yarıya azaltılmıştır. Martin Aubé ve ark. bu değişikliğin, insan gözü tarafından algılanan 4000K beyaz LED'lerin neden olduğu gökyüzü parlaltısını %88 oranında azalttığını ve ayrıca melatonin baskılanmasının da orijinal seviyenin %4'üne düştüğünü gösterdiler. Bu muazzam bir düşüş. Bu azalmayı sağlamak için yapılması gerekenler; LED'lerin ışımaya verimini azaltmak ve renklerini beyazdan kehribara değiştirmek.

# Işık kirliliğini nasıl etkili bir şekilde azaltabiliriz?



Veriler için kaynak: Martin Aubé (Cégep de Sherbrooke)  
Çizim: Elian Abril Diaz Rosas / IAU Office for Astronomy Outreach

Bu şema ışık kirliliğini azaltma yollarının etkinliğini özetlemektedir. En etkili yol; aydınlatmayı kapatmak veya miktarını azaltmaktır. Beyazdan sarı ışığa geçiş de büyük bir fark yaratır. İkincil yansımaları azaltmak için daha fazla ağaç dikebiliriz. Ayrıca ışığın gökyüzüne doğru ışmasını önlemek için tamamen perdelemeli armatürlerin kullanılması yararlı olur. İkincil yansımalar, kırsal alanlarda şehirlerdekinden daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, burada tarif edilen çözümlerin kırsal alanlarda daha önemli bir etkisi vardır.

# Işık kirliliğini önleme çabalarını desteklemek için ulusal ve uluslararası kuruluşlarla nasıl işbirliği yapabilirsiniz?

Türkiye'deki ve dünyadaki kuruluşlara ait aşağıda verilen eğitim programları ve kaynaklar, okullarda ve topluluklarda ışık ve doğru aydınlatma konusunda farkındalık yaratmanıza yardımcı olabilir:



## Geceleyin Dünya

Geceleyin Dünya, ışık kirliliğinin etkileri hakkında farkındalık yaratmak için yürütülen uluslararası bir halk bilim projesidir. İnsanlar buldukları yerdeki gökyüzüne ait parlaklık ölçümlerini yaparak sonuçlarını gönderirler.

[www.globeatnight.org](http://www.globeatnight.org)



## Doğru Aydınlatma Öğrenim Seti

Bu set 2015 yılında Uluslararası Işık Yılı kapsamında geliştirilmiştir. Setteki altı etkinlik, doğru aydınlatma teknikleriyle, vahşi yaşam, gece gökyüzü, göz sağlığı, enerji israfı, güvenlik ve evlerimize ışık tacizi konularında problem temelli çözüm üretilmesini destekliyor.

[www.noao.edu/education/qltkit.php](http://www.noao.edu/education/qltkit.php)



## Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği Kaynakları

Uluslararası Karanlık Gökyüzü Birliği (IDA)'nın amacı çevreye duyarlı dış aydınlatma kullanarak, karanlık gökyüzü mirasımızı ve gece ortamını korumak ve bozulmasını engellemektir. Bu ağ sayfasında IDA tarafından üretilen çeşitli materyaller bulunmaktadır.

[www.darksky.org/resources/](http://www.darksky.org/resources/)

[isikkirliligi.org](http://isikkirliligi.org)

## Türkiye'de Işık Kirliliğini Engelleme Çalışmaları

Işık kirliliği, doğru aydınlatma ve bu konudaki temel kavramlar hakkında bilgiler içermekte ve yasal mevzuata ait belgeler paylaşılmaktadır. TİKE Projesi İstanbul Kültür Üniversitesi tarafından desteklenmektedir.

[www.isikkirliligi.org](http://www.isikkirliligi.org)



## Türk Astronomi Derneği

Türkiye'de astronomi ve uzay bilimlerinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını sağlayan, ülke astronomisini ulusal ve uluslararası düzeyde temsil etmeyi, eğitime ve araştırmaya yön vermeyi, sorunlarına çözüm aramayı amaçlayan bir meslek kuruluşudur. TAD'ın Işık Kirliliği Komisyonu ulusal paydaşlarla işbirliği halinde, başta büyük gözlemlerinin olduğu şehirler olmak üzere Türkiye'de ışık kirliliğini azaltmak ve engellemek için yasal girişimlerde bulunmaktadır.

[www.tad.org.tr](http://www.tad.org.tr)

Editör  
Sze-leung Cheung

Yayın Danışmanı  
Constance Walker

Tasarım  
Sze-leung Cheung

Redaksiyon  
Hannah Harris  
Yolande McLean

Yayınlanma Tarihi:  
Nisan 2018

Kaynaklar

Aksaker, Nazım ve ark. (2020), "Astronomik Gözlemler için Yer Seçimi", TÜBİTAK-1001 Projesi, 117F309.

Aubé, Martin. (2015). Physical behaviour of anthropogenic light propagation into the nocturnal environment. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences. 370. 10.1098/rstb.2015.0143.

Aubé, Martin. (2016). The LED outdoor lighting revolution: Opportunities, threats and mitigation for urban and rural citizens.

Falchi, Fabio et al. (2016) The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness. Science Advances 10 Jun 2016 : e1600377

Kyba, Christopher et al. (2017). Artificially Lit Surface of Earth at Night Increasing in Radiance and Extent. Science Advances 22 Nov 2017 : e1701528

AMA Adopts Guidance to Reduce Harm from High Intensity Street Lights  
American Medical Association Press Releases  
<https://www.ama-assn.org/ama-adopts-guidance-reduce-harm-high-intensity-street-lights>

Bu broşür Türk Astronomi Derneği tarafından Türkçeleştirilmiştir.

Çeviri: Zuhul Kurt ; Redaksiyon-Uyarlama: Sinan Aliş



Bu çalışma IAU OAO tarafından Creative Commons Atıf-GayriTicari-AynıLisanslaPaylaş 4.0 Uluslararası (CC BY-NC-SA 4.0) lisansı ile üretilmiş broşürün kısmen düzenlenmiş halidir.

Yıldızlar olmadan dünya,  
çiçeksiz bir dünya gibidir.

Silvia Torres-Peimbert  
Uluslararası Astronomi Birliği Başkanı

2015 Uluslararası Işık Yılı kapanış töreninden.

Şehir ışıkları ve yıldızların Uluslararası  
Uzay İstasyonundan görünümü. (Kaynak: NASA)



Uluslararası Astronomi Birliği  
Astronomi Bilim-Toplum Ofisi

[www.iau.org/public](http://www.iau.org/public)

Mevcut ve Gelecekteki Gözlemevi  
Yerleşkelerinin Korunması adlı IAU  
Komisyonu (C.B7) işbirliğiyle



International  
Day of Light