

PARILTI DAĞILIMI DÜZGÜN OLMAYAN ARMATÜRLER İÇİN CIE 232:2019 KONFORSUZLUK KAMAŞMASI HESAP YÖNTEMİ

X. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu
16-17 Ekim 2019

Dr. Öğr. Üyesi Lale Erdem Atılğan

İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
erdeml@itu.edu.tr

- Konforsuzluk kamaşması, görsel konforun en önemli bileşenlerinden biridir.
- Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de L'Eclairage – CIE) tarafından yayınlanan uluslararası aydınlatma kelime dağarcığında konforsuzluk kamaşması tanımı:
‘cisimlerin görüntüsünün bozulmasına sebep olmasa bile rahatsızlık veren kamaşma’
 - Görsel Konfor Olasılığı
 - Birleşik Kamaşma Endeksi
 - İngiliz Kamaşma Endeksi
 - Kamaşma Limitleme Sistemi
- CIE 117:1995 İç Aydınlatmada Konforsuzluk Kamaşması - Birleşik Kamaşma Endeksi (Unified Glare Rating – UGR)
- TS EN 12464-1 Işık ve Aydınlatma – Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması – Bölüm 1 – Kapalı Çalışma Alanları

- Temel UGR yöntemi,
 - ışık kaynağının ortalama parıltısı,
 - çevre parıltısı,
 - kamaşmayı yapan kaynağın gözde açtığı uzay açısı,
 - kaynağın görüş alanındaki pozisyonuna bağlı olarak hesap yaparak nümerik bir konforsuzluk kamaşması değeri sunmaktadır.
- LED çiplerinin,
 - boyutları küçük,
 - parıltıları yüksek,
 - çok sayıda ufak kaynak armatürler içinde bir arada,
 - geleneksel kaynaklardan farklı optik sistemler,
 - yüksek parıltı kontrastları ve bölgesel olarak yüksek tepe değerleri.



- Literatürdeki çalışmalar, bu özellikleri barındıran ve “düzgün olmayan parıltı dağılımına sahip” olarak tanımlanan kaynakların, mevcut kamaşma formülleri kullanılarak yapılan hesaplara kıyasla daha yüksek konforsuzluk kamaşması yarattığını göstermektedir.
- Çalışmaların çoğunda, benzer ortalama parıltı değerleri için düzgün dağılımlı ve düzgün olmayan dağılımlı kaynaklar arasında belirgin bir konforsuzluk kamaşması farkı olduğu ortaya koyulmaktadır.
- CIE 232:2019 – Discomfort Caused by Glare from Luminaires with a Non-Uniform Source Luminance – Kaynak Parıltısı Düzgün Olmayan Armatürlerden Kaynaklanan Konforsuzluk Kamaşması



Birleşik Kamaşma Endeksi - UGR

- CIE'nin 117-1995 Discomfort Glare in Interior Lighting – İç Aydınlatmada Konforsuzluk Kamaşması yayınında tanımladığı Birleşik Kamaşma Endeksi UGR değeri:

$$UGR = 8 \log \left(0,25 / L_b \sum L_s^2 \omega / p^2 \right)$$

Buradaki dört temel parametre;

L_b : Gözlemcinin göz adaptasyon seviyesini belirleyen genel alan parıltısı veya arkaplan parıltısı [cd/m^2],

L_s : Gözlemci doğrultusundaki kaynak parıltısı [cd/m^2],

ω : Işık kaynağının gözlemcinin gözünde açtığı uzay açısı [sr],

p : Işık kaynağının gözlemcinin görüş alanındaki açısal konumuna bağlı olan Guth pozisyon endeksi'dir.

Denklemdaki toplama işareti görüş alanındaki tüm kaynakların oluşturduğu konforsuzluk kamaşmasının bir araya getirilmesi içindir.

Birleşik Kamaşma Endeksi - UGR

$$UGR = 8 \log \left(0,25 / L \downarrow b \sum \uparrow L \downarrow s \uparrow^2 \omega / p \uparrow^2 \right)$$

- UGR sistemi, 2002 senesinde CIE 147:2002 ile geliştirilerek orjinal UGR formülü küçük, büyük ve karmaşık kaynaklar için hesaplamaları içerecek şekilde çeşitlendirilmiştir.
- Buna göre, görünen alanı 0,005 m²'den küçük olan (örn. 80 mm çaplı bir disk) ışık kaynakları için alan değeri 0,005 m² kabul edilmekte ve kaynağın parlıltısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

Burada,

L : Parlıltı [cd/m²],

I : Işık şiddeti [cd],

A_p : Görünen alandır [m²].

$$L = I / A \downarrow p = 200 \cdot I$$

- Literatürdeki çalışmalar, küçük kaynaklar için tanımlanan yöntemin de boyutları 0,005 m²'den oldukça küçük olan LED çipleri için uygun sonuçlar vermediğini göstermektedir.

CIE 232:2019 Hesap Yöntemi

CIE 232:2019 teknik notunda parıltı dağılımı düzgün olmayan kaynaklar için kamaşma hesabı 3 farklı yöntemle ele alınmaktadır. Bu yöntemlerden biri standartta “tercih edilen” yöntem olarak tanımlanmıştır ve bu çalışmada incelenecektir. Yeni hesap yöntemi, literatürden 60 çalışmayı inceleyerek, orjinal kamaşma endeksi UGR’yi bir düzeltme katsayısıyla güncellemektedir.

- LED’ler arası mesafe,
- LED’lerin yerleşim sıklığı,
- ışık kaynağının yüzey alanı,
- çevre ve kaynak arasındaki parıltı oranı,
- LED ve çevresi arasındaki parıltı değişimleri,
- ışıklı yüzey yüzdesi (parıltı alan oranları),
- bakış doğrultusu,
- direkt, yan görüş,
- arka plan parıltısı,
- kaynak altında gerçekleştirilen işin zorluğu,
- ve benzeri parametreler.

Buna göre parıltı dağılımı düzgün olmayan ışık kaynakları için önerilen birleşik kamaşma endeksi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

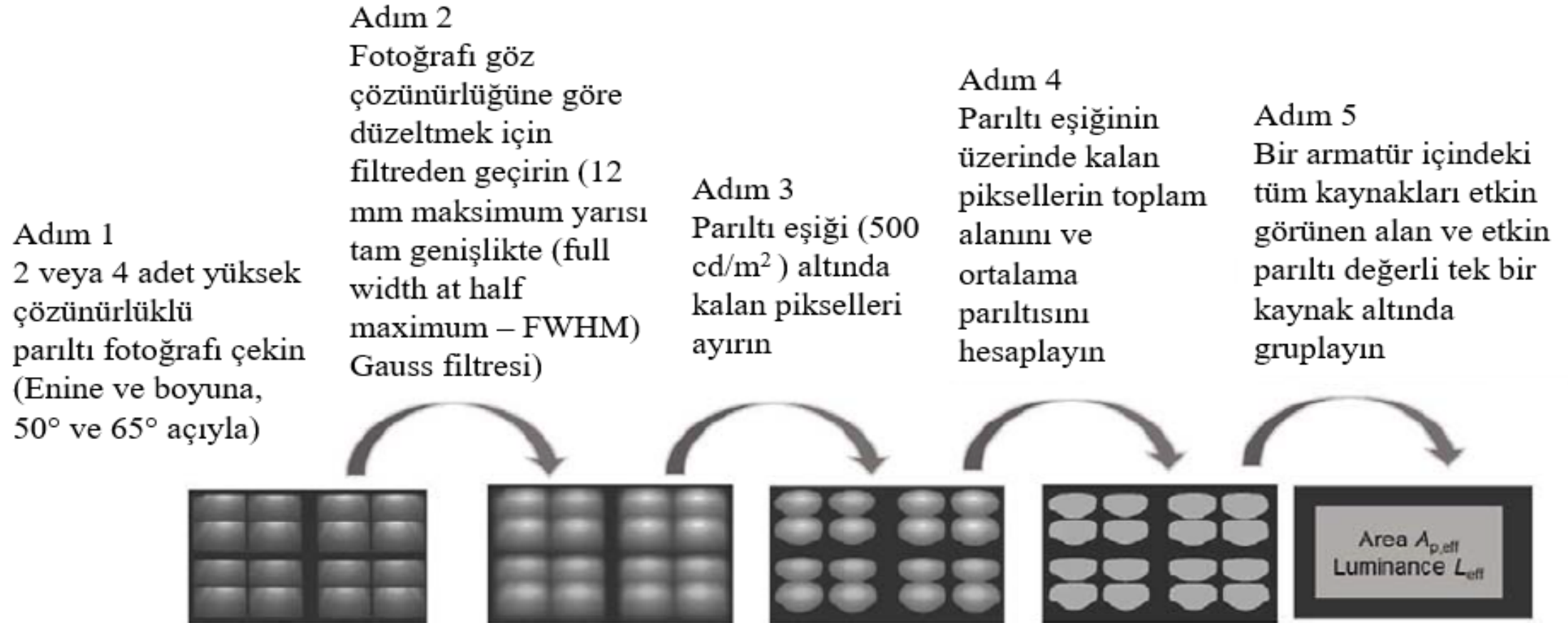
$$UGR' = 8 \log \left(0,25 / L_{\text{b}} \sum_{i=1}^n k_i^2 L_{\text{si}}^2 \omega_i / p_i^2 \right)$$

CIE 232:2019 Hesap Yöntemi

$$UGR = 8 \log \left(0,25 / L_{\downarrow b} \sum_i L_{\downarrow s_i}^2 \omega / p_i^2 \right)$$

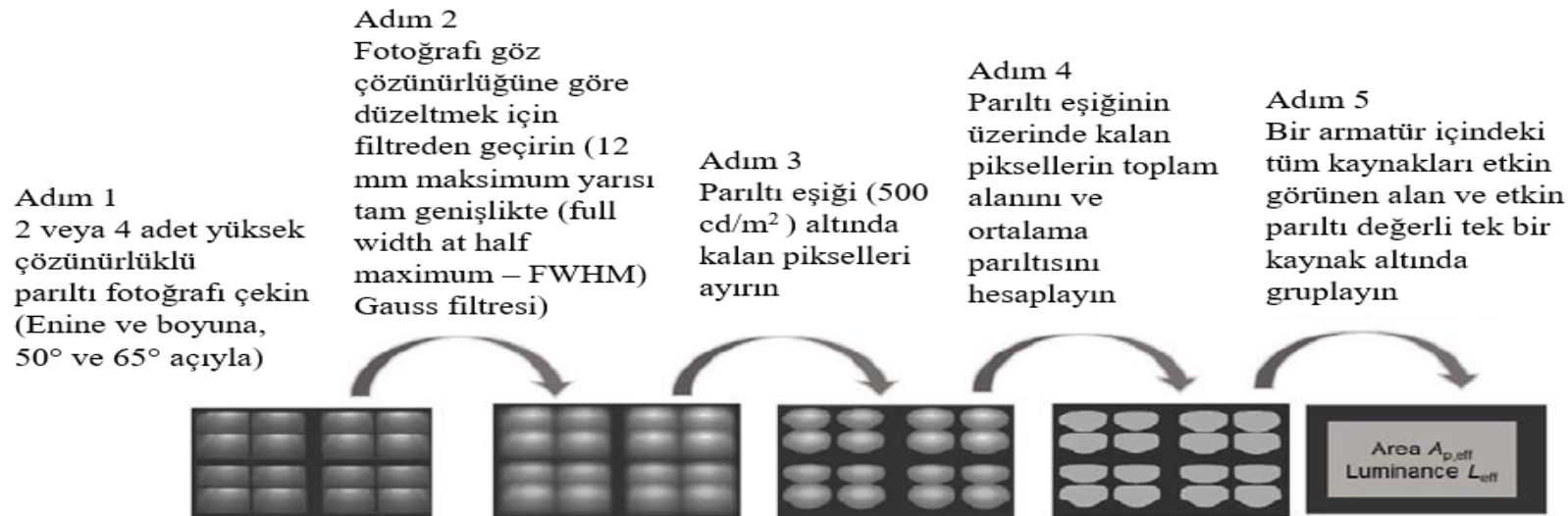
$$UGR' = 8 \log \left(0,25 / L_{\downarrow b} \sum_i k_i^2 L_{\downarrow s_i}^2 \omega / p_i^2 \right)$$

- k değeri, bir düzgünlük düzeltme parametresidir.
- Bu değer, ortalama parıltı, etkin ışıklı alan, pozisyon endeksi veya tüm terimler için ortak bir düzeltme katsayısı olarak kullanılabilir.
- Yöntemde, k değerinin hesabı için, konforsuzluk kamaşması hesaplanacak ışık kaynağının parıltı fotoğraflarının çekilmesi ve bu fotoğrafların görüntü işleme yöntemleriyle analiz edilerek belli hesapların yapılması önerilmektedir.
- Bu noktada, ışık kaynağının parıltı fotoğraflarından faydalanılarak etkin parıltı L_{eff} ve etkin uzay açısı ω_{eff} değeri tanımlanmaktadır.



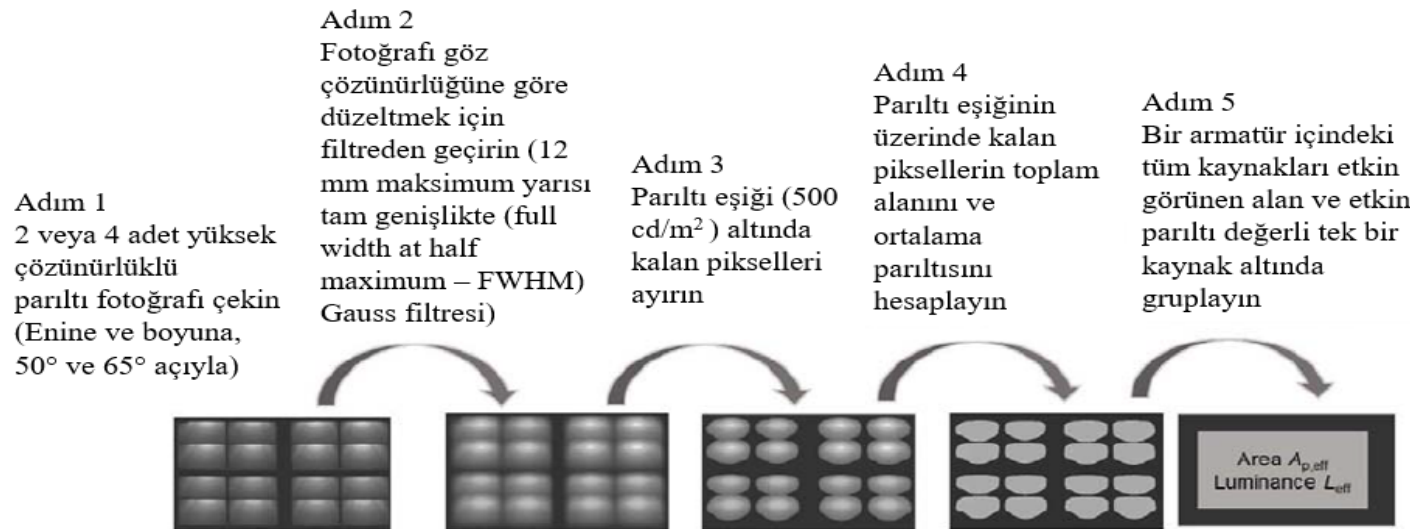
CIE 232:2019 Hesap Yöntemi

- Etkin parıltı L_{eff} ve etkin uzay açısı ω_{eff} değerlerinin hesabı için, birinci adım olarak parıltı dağılımı düzgün olmayan ışık kaynağının yüksek çözünürlüklü 2 veya 4 adet parıltı fotoğrafı çekilir; bunlar armatür düzleminin normaline göre, enlemesine ve boylamasına 50 ve 65 derece açıyla çekilmelidir.
- Açısal değerler, normal bir çalışma ortamı için, gözlemcinin göz yüksekliği zeminden 1.2 m yüksekte olacak şekilde oturur konumda olduğu ve yatay bakış doğrultusuna sahip olduğu durum için 2.4 m'lik alçak tavan koşulunda, kamaşmanın en yüksek konforsuzluğu doğuracağı durumlar için tanımlanmıştır.
- İkinci adımda çekilen fotoğraf, yine en kötü kamaşma koşulları dikkate alınarak göz çözünürlüğü için 12 mm maksimum yarısı tam genişlikte bir Gauss filtresinden geçirilir.



CIE 232:2019 Hesap Yöntemi

- Üçüncü adımda fotoğraf tekrar işlemiden geçirilerek 500 cd/m^2 'lik bir parıltı eşığının altında kalan parıltı bölgeleri elimine edilir.
- Dördüncü adımda eşik parıltının üzerinde kalan piksellerin toplam alanı ve ortalama parıltısı hesaplanır.
- Beşinci ve son adımda ise armatür içindeki tüm kaynakları tek bir kaynak haline getirmek için etkin görünen alan ve etkin parıltı değerleri belirlenir.
- Belirlenen etkin görünen alan ölçüm mesafesinin karesine bölünerek etkin uzay açısı tespit edilir.
- En kötü senaryo yaklaşımıyla, iki veya dört fotoğraftan hesaplanan en yüksek k değeri dikkate alınır ve konforsuzluk kamaşması hesabında tüm bakış doğrultularına bu en yüksek, veya en kötü değer uygulanır.



- Düzgünlük düzeltme katsayısı k' 'nin hesaplanması için, kaynağın ışık yayan yüzeyinin etkin uzay açısı ω_{eff} ve etkin parıltısı L_{eff} değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Etkin uzay açısı değeri doğrudan parıltı fotoğrafı verisinden yüksek çözünürlüklü her piksel i 'nin uzay açısına ağırlıklandırma çarpanları atayarak ve bu ağırlıklandırılmış uzay açıları toplayarak hesaplanır.

$$\omega_{eff} = \sum_{i=1}^{n_p} v_i \omega_i$$

Burada,

ω_{eff} : Işık yayan alanın etkin uzay açısı;

n_p : Dikkate alınan piksel sayısı;

v_i : i pikselinin parıltı değerine göre belirlenen ağırlıklandırma çarpanı;

ω_i : i pikselinin uzay açısıdır.

Burada ağırlıklandırma çarpanı v_i , i pikselinin parıltısı eşik değer olan 500 cd/m²'ye eşit veya büyükse 1, eşik değerden küçükse 0 değerini almaktadır.

- Etkin parıltı değeri etkin uzay açığı benzer bir ağırlıklandırma yöntemiyle hesaplanmaktadır. Buna göre, w_i ağırlıklandırma katsayısı i pikselinin parıltısı eşik parıltı değeri 500 cd/m^2 'ye eşit veya büyükse, i pikselinin uzay açısının etkin uzay açığı bölünmesiyle elde edilirken; i pikselinin parıltısı eşik parıltıdan küçükse, 0'a eşittir.

$$L_{eff} = \sum_{i=1}^{n_p} w_i L_i$$

Burada;

L_{eff} : Etkin parıltı;

n_p : Dikkate alınan piksel sayısı;

w_i : i pikselinin parıltı değerine göre belirlenen parıltı ağırlıklandırma çarpanı;

L_i : i pikselinin parıltısıdır.

- Sonuç olarak, parıltı fotoğraflarından elde edilen etkin uzay açısı ve etkin parıltı değerleri kullanılarak, k düzgünlük düzeltme katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$k^2 = L_{eff}^2 \omega_{eff} / L_s^2 \omega$$

Burada,

L_s ortalama kaynak parıltısı,

ω geleneksel UGR tanımına göre en kötü gözlem açısı ve mesafesi koşullarında kaynağın uzay açısıdır.

- Konforsuzluk kamaşmasının hesabı için, elde edilen k düzeltme parametresi tüm bakış doğrultularına uygulanır. Bu durumda düzeltme katsayısı k her bakış mesafesi, bakış doğrultusu ve tüm armatürler için aynı olur ve düzeltilmiş UGR formülü aşağıdaki şekli alır:

$$UGR^* = UGR + 8 \log k^2$$

$$UGR^* = UGR + 8 \log L_{eff}^2 \omega_{eff} / L_s^2 \omega$$

- LED’li ışık kaynaklarının geleneksel ışık kaynaklarından farkları ve buna bağlı olarak aydınlatma tekniğinde kullanılan alışlageldik yöntemlerle karakterize edilememeleri konusundaki problemler, yeni standartların ve hesap yöntemlerinin ortaya koyulmasını mecbur kılmaktadır.
- LED çiplerinin gözle görünür olduğu ve bu sebeple parıltı dağılımı düzgün olmayan ışık kaynakları için geleneksel kamaşma hesap yöntemleriyle yapılan analizler, kullanıcıların tecrübe ettiği konforsuzluk kamaşması seviyeleriyle örtüşmemektedir.
- CIE’nin 2019 yılında önerdiği yeni yöntemde, mevcut UGR formülüne, geleneksel yöntemlerde kullanılan ortalama parıltı yerine parıltı fotoğrafları üzerinde yapılan analizlerden elde edilen etkin parıltı ve etkin uzay açı değerlerinden yola çıkarak yeni bir bileşen eklenmiştir.

- Bu sayede düzgün olmayan parıltı dağılımına sahip ışık kaynağının konforsuzluk kamaşması değeri kullanıcıların tecrübe ettiği daha yüksek seviyelerdeki konforsuzluk kamaşmasını karşılayacak şekilde güncellenmiştir.
- Teknik notta da belirtildiği üzere LED'lerden ve diğer parıltı dağılımı düzgün olmayan ışık kaynaklarından kaynaklanan konforsuzluk kamaşmasına dair araştırmalar CIE araştırma yol haritasında önemli bir yer tutmaktadır.
- Bu amaçla konforsuzluk kamaşmasının fizyolojik ve psikolojik mekanizmaları, kamaşmada ışık spektrumunun etkisi, farklı bakış doğrultularının kamaşmaya etkisi, yaş ve aktivitenin kamaşma tecrübesine etkisi gibi pek çok konu incelenmeye devam etmektedir.
- Konu üzerinde devam eden aktif çalışmalar önerilen yeni konforsuzluk kamaşması hesap yönteminin mevcut araştırmaların ışığında en verimli yöntem olmakla birlikte, geliştirilmeye açık olduğunu da açıkça göstermektedir.

Fotoğraf:
Instagram
@artdestan

