

AYDINLATMA TEKNİĞİ, VERİMLİLİK, PLANLAMA VE YÖNETİM

İLK OTURUM

Prof. Dr. Sermin ONAYGIL

İstanbul Teknik Üniversitesi
Enerji Enstitüsü
Enerji Planlaması ve Yönetimi A.B.D.



26 Şubat 2016

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Çetin Emec Toplantı Salonu

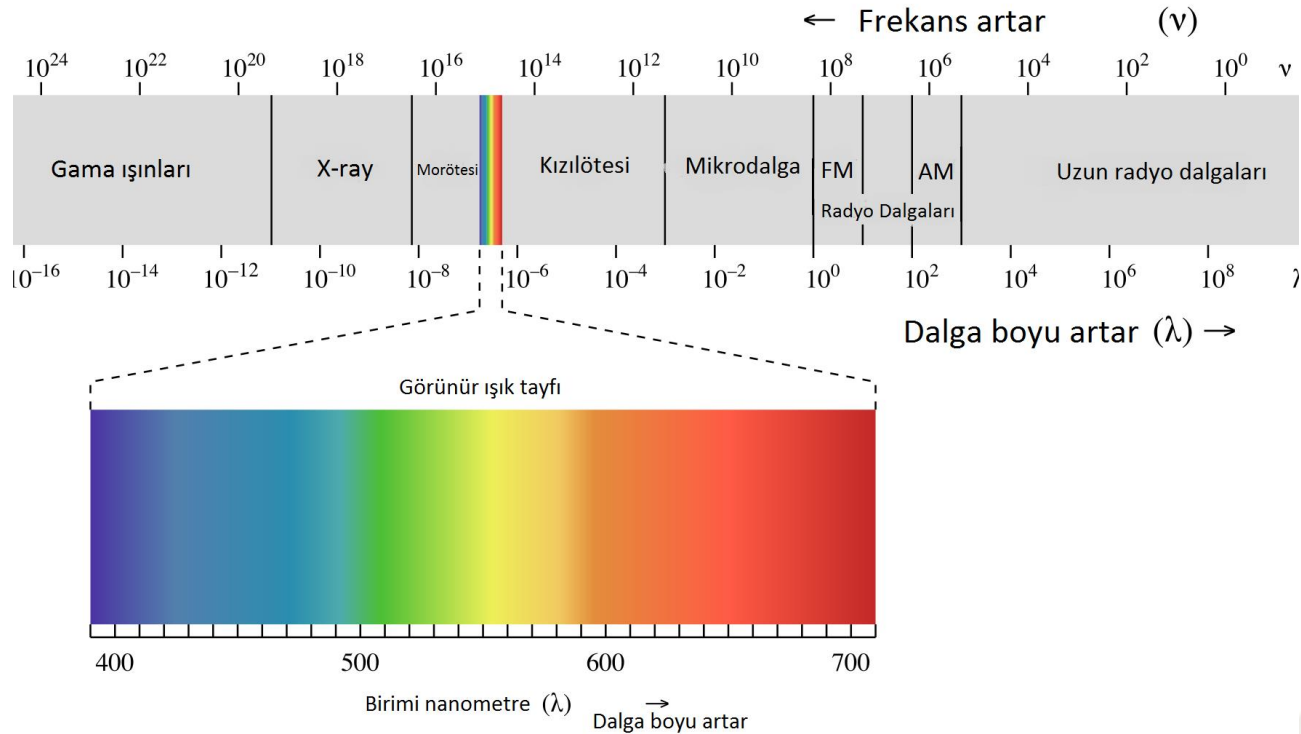
Aydınlatma nedir?

- **AYDINLATMA** : Nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık uygulaması (CIE).
- **Aydınlatmanın amacı**:
“çok çeşitli olan insan gereksinimlerine yardımcı olmak”.
Duygular, eylemler, algılamalar ve sağlık aydınlatmadan etkilenir.
- **Aydınlatma**;
– görsel algılama için gerekli ve konunun özelliklerine uygun olan koşulları yaratmaktır.

Işık nedir?

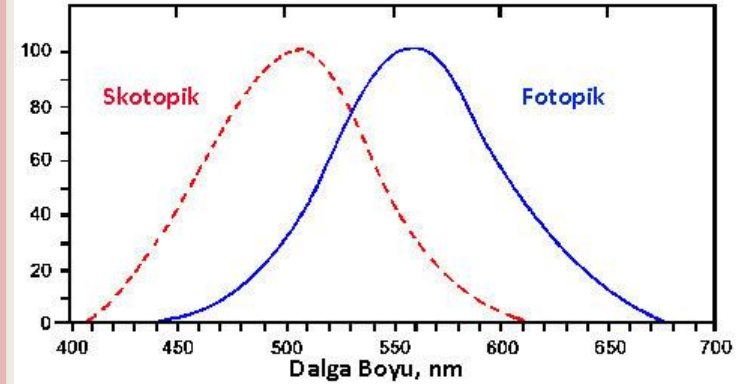
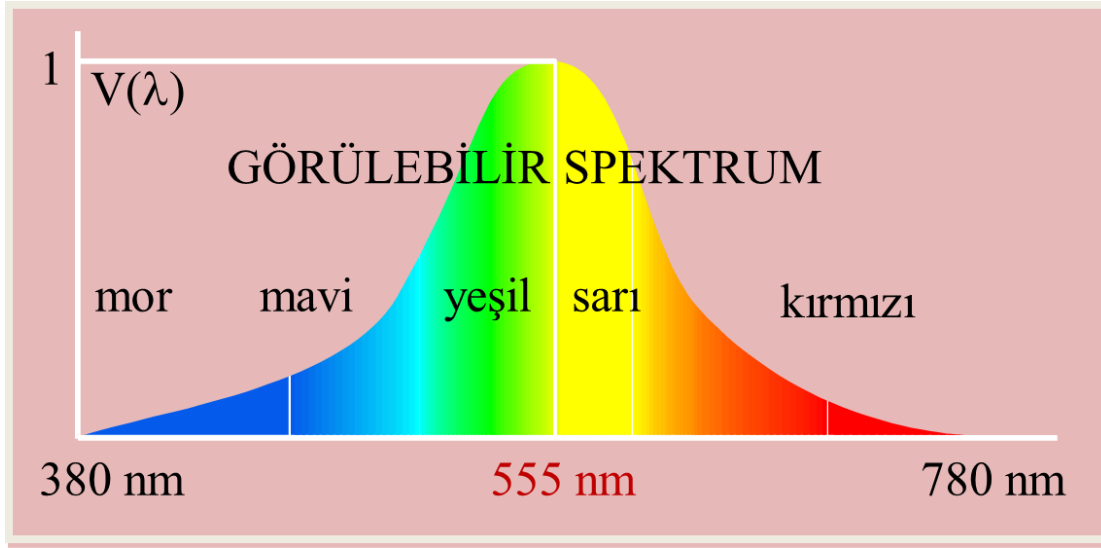
Işık, görsel duyarlılığa neden olabilen radyasyon enerjisi şeklinde tanımlanabilir.

380 ila 760 nm dalga boylu radyasyonlar görülür ve “ışık” olarak adlandırılır.



Gözün Spektral Duyarlılığı

Göz, eşit güçlü ancak farklı dalga boyu radyasyonları (renkleri) başka katsayılarla değerlendirir.



10 cd/m² den büyük parlılıkta gündüz (fotopik) görme, 0.01 cd/m² den küçük parlılıkta gece (skotopik) görme, bunların arasında karma (mezopik) görme. Gündüz görmeye 555 nm'de (sarı-yeşil renk) maksimum duyarlılık.

Işık akısı, bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ile ilgili bir kavramdır.

$$\Phi: \text{Işık Kaynağı} = \text{IŞIK AKISI}$$

BİRİMİ : *lumen* (lm)

veya:

Işık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz (aydınlık) görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısı olarak tanımlanır.

Işık kaynaklarının şebekeden çektikleri güç ile yaydıkları ışık akısı arasında sabit bir oran yoktur.

$$\frac{\text{Işık Akısı}}{\text{Güç}} = \text{ETKİNLİK FAKTÖRÜ}$$

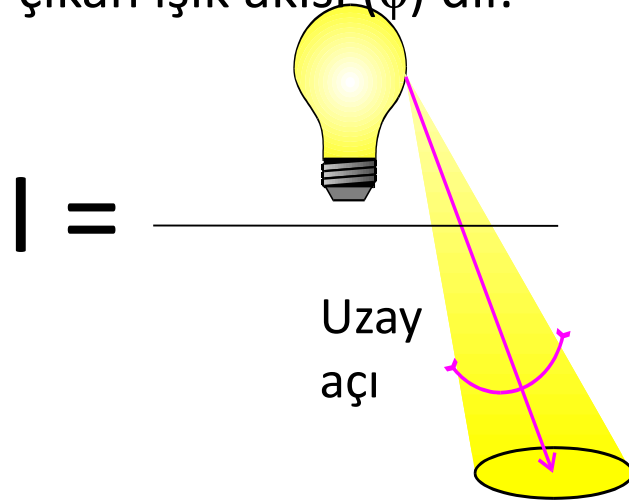
BİRİMİ :
lm/W

| Lamba tipi | Güç (W) | Işık akısı (lm) | Etkinlik faktörü (lm/W) |
|------------------------|---------|-----------------|-------------------------|
| LED lamba | 8 | 470 | 59 |
| Akkor telli lamba | 75 | 900 | 12 |
| Flüoresan | 58 | 5200 | 90 |
| Yüksek basınçlı sodyum | 100 | 10500 | 105 |
| Alçak basınçlı sodyum | 180 | 32000 | 178 |
| Yüksek basınçlı civa | 1000 | 58000 | 58 |
| Metal halojen | 2000 | 190000 | 95 |

- Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır (kritik uzaklık : en büyük boyutun yaklaşık 10 katı).
- Doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Tanım: Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir doğrultusundaki ortalama ışık şiddeti (I_{ort}) bu doğrultudaki birim uzay açısı (Ω) içinden çıkan ışık akısı (ϕ) dır.

BİRİMİ: *kandela* (cd)

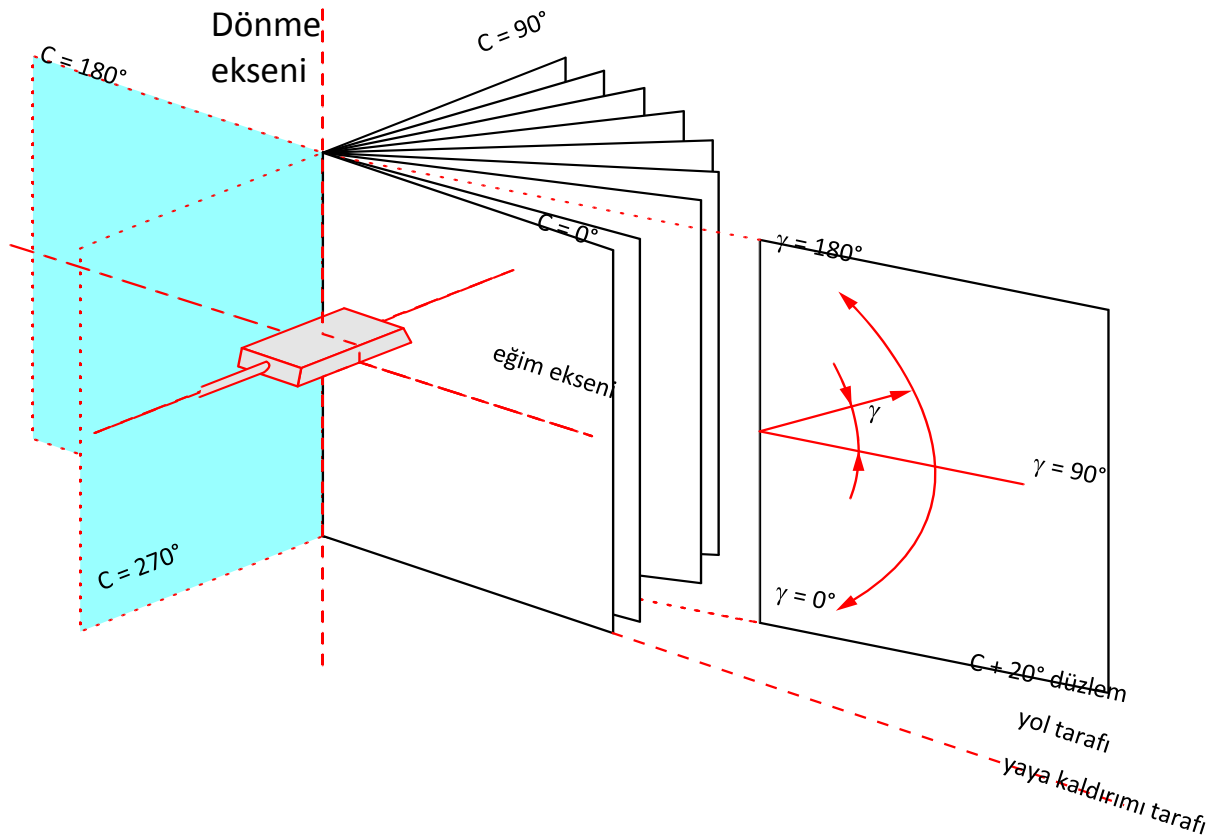


= IŞIK ŞİDDETİ

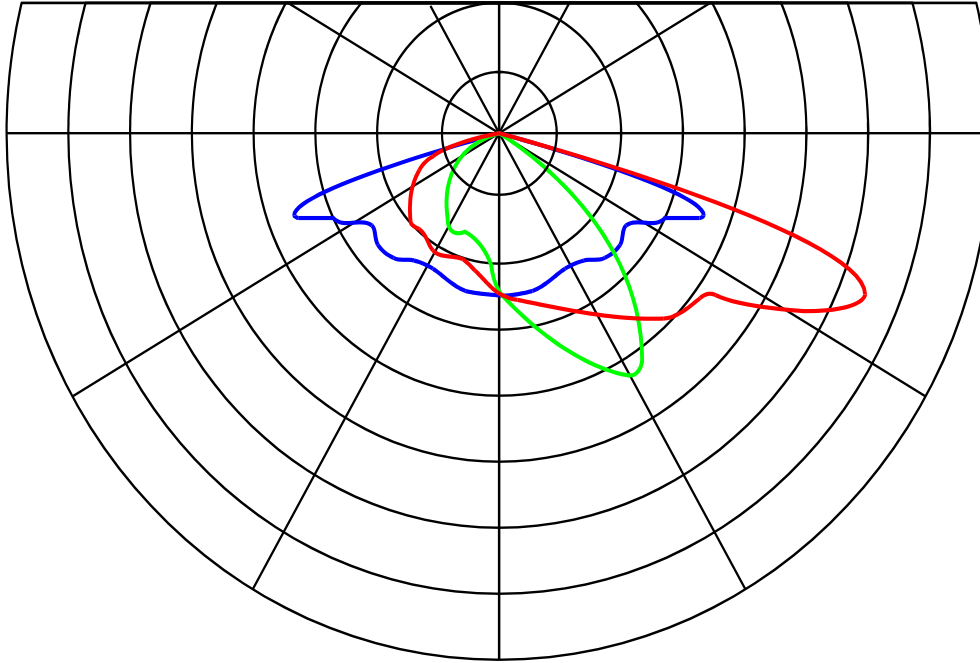
$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ sr}$$

Işık Dağılım Eğrisi (C - γ koordinat sistemi)

C - γ koordinat sisteminde armatürden geçen düşey eksen dönme eksenini olarak alınır. Işık şiddeti değerleri C düzlemlerindeki γ açıları için verilir.



Yol aydınlatması armatürü ışık dağılım eğrileri



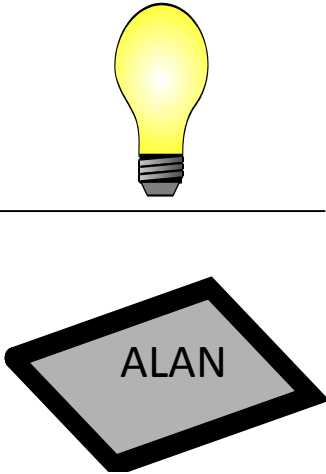
— Yol eksenine
paralel, C=0 - 180

— Yol eksenine
dik, C=90 - 270

— Maksimum ışık
şiddeti düzlemi

Aydınlık Düzeyi (Seviyesi)

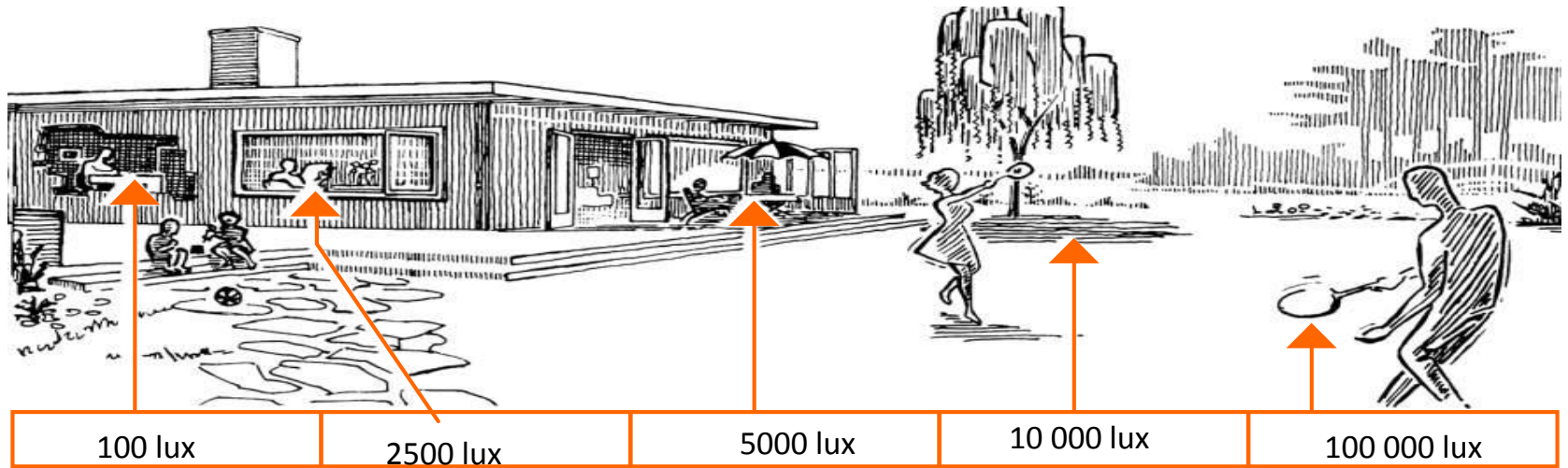
- Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır.
- **Tanım olarak**, aydınlık düzeyi yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına bölümüne eşittir.

$$E = \frac{\text{Işık Akısı}}{\text{ALAN}} = \text{AYDINLIK DÜZEYİ} \quad \text{BİRİMİ : lux}$$


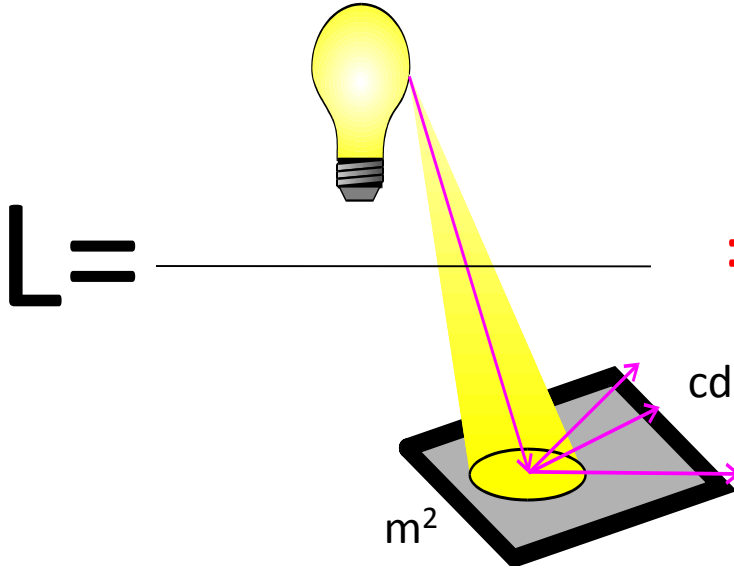
$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lümen} / 1 \text{ m}^2$$

Aydınlık Düzeyi (Seviyesi)

- Güneşin dik geldiği yaz öğle vakti ekvatorunda 100 000 lux
- Türkiye’de maksimum 60 000 lux



- Parıltı, yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır.

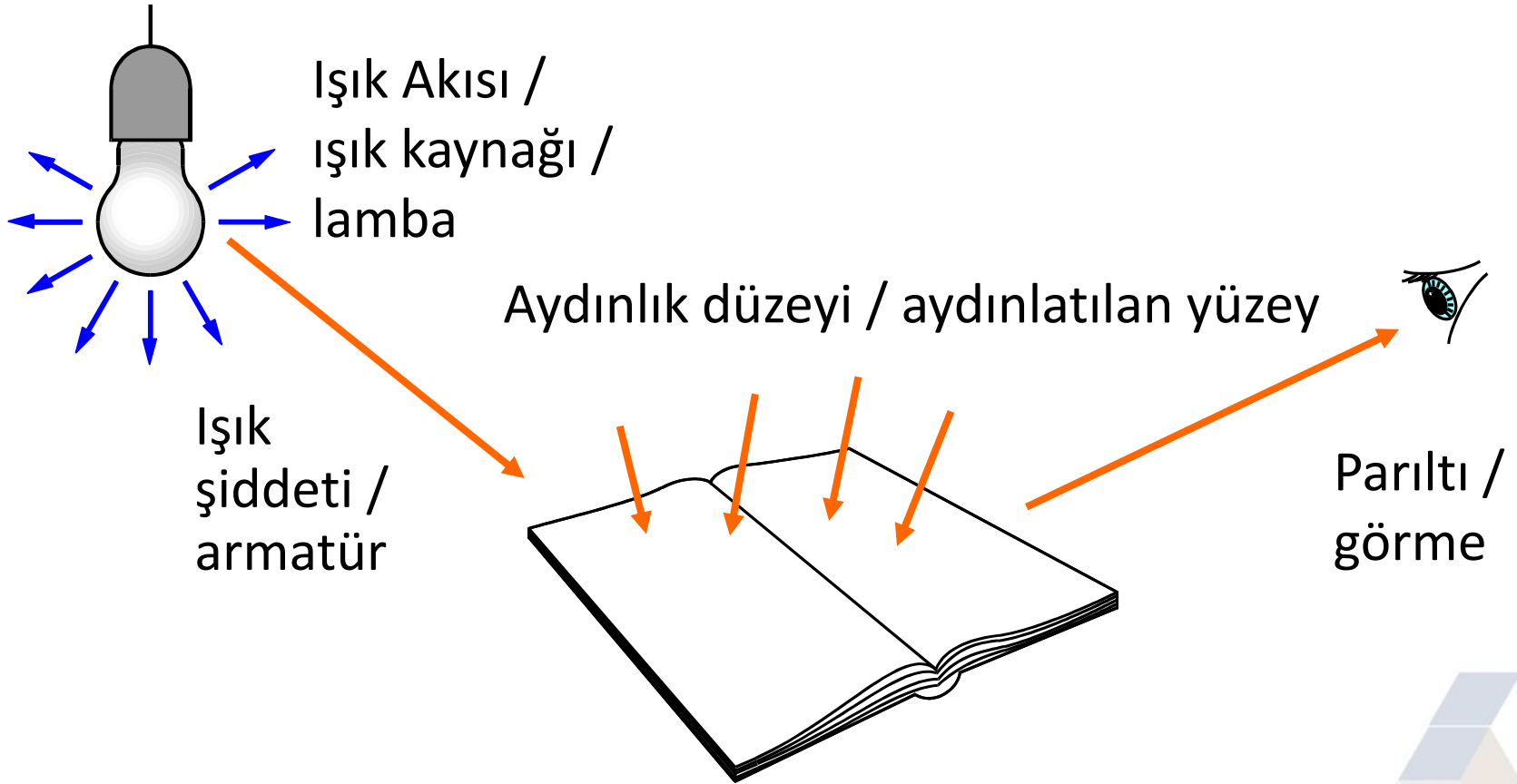


= PARILTI

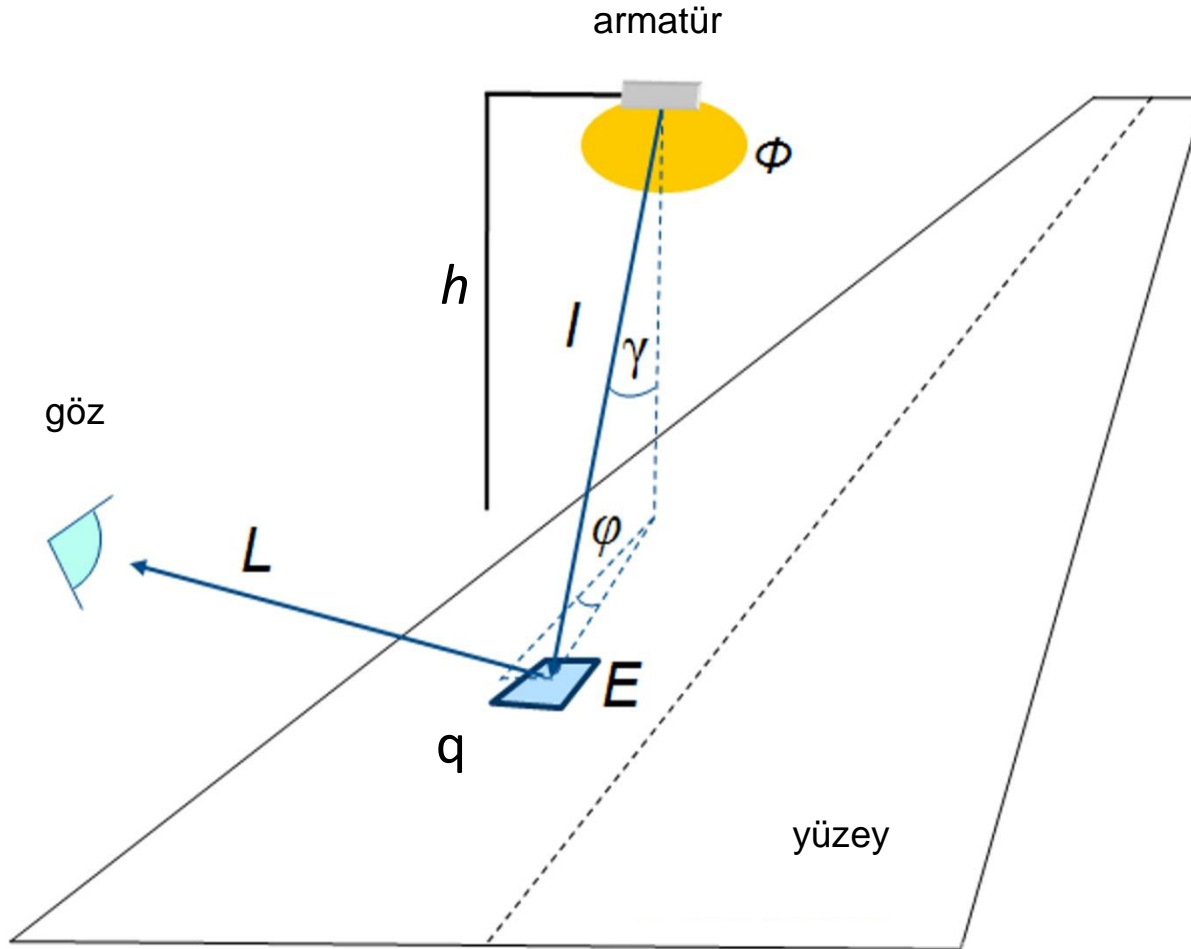
BİRİMİ: *kandela/metrekaare*
(cd/m²)

- Yüzeyin belli bir noktasına ve bakılan doğrultuya bağlıdır.
 - Cismin görülebilirliği, cismin görünen yüzeyinin parıltısına bağlıdır.
- “Cisimleri parıltıları ile görürüz”.***

Temel Aydınlatma Büyüklükleri



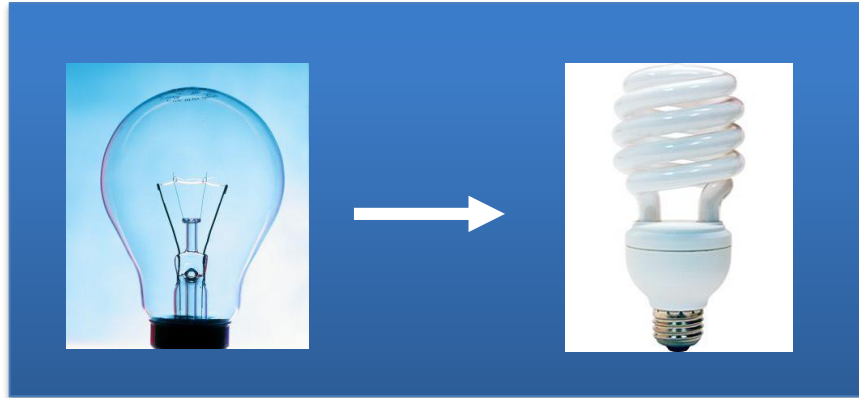
Temel Aydınlatma Büyüklükleri



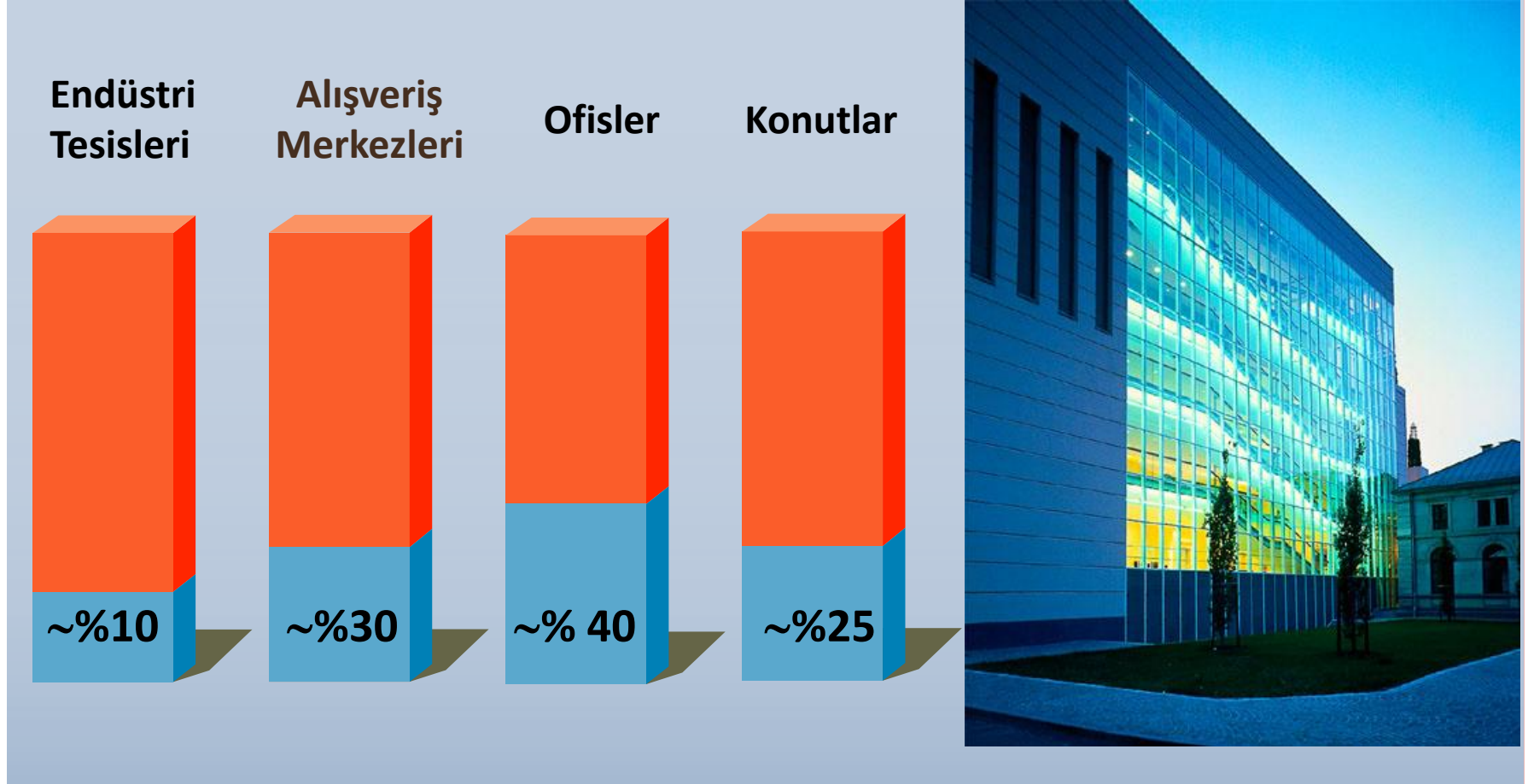
| | |
|----------------|-----------------|
| Φ | Işık akısı |
| I | Işık şiddeti |
| E | Aydınlık düzeyi |
| L | Parıltı |
| q | parıltı faktörü |
| γ, ϕ | açılar |

- Enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesi,
- Yeni teknolojilerin kullanımı ile üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tüketiminin azaltılmasıdır.

İki lambadan birini söndürmek **tasarruf**, aynı aydınlatmayı sağlayan, daha az enerji tüketen teknolojik lambaların kullanılması **verimlilik** !



Toplam elektrik enerjisi tüketimi içinde aydınlatmanın payı : ~ % 20



Aydınlatmada tasarruf, lamba söndürerek değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum seviyede aydınlık düzeylerinin yaratılması ile sağlanır.

En yüksek enerji tasarruf değerlerine ulaşılması amaçlanırken, güvenlik ve konfor koşulları açısından gerekli olan aydınlatma kalitesinin tehlikeye sokulmamasına dikkat edilmelidir.



Kaliteli bir aydınlatma yaratarak enerji tasarrufu sağlamak için izlenecek yollar

Uluslararası standartlar ve öneriler çok iyi takip edilerek aydınlatılacak yere uygun optimum çözümün elde edilebileceği aydınlatma kriterleri belirlenmeli,

Fotometrik değerleri bilinen armatürler ile gerekli tasarım hesapları yapılmalı, armatür sayısı ve tipi bu hesaplara göre saptanmalı,

Aydınlık düzeyi algılayıcı ve zaman kontrollü tesisatlar ile aydınlatmanın gerek duyulan zamanlarda gerektiği kadar kullanılması sağlanmalıdır.

Lamba değişimi

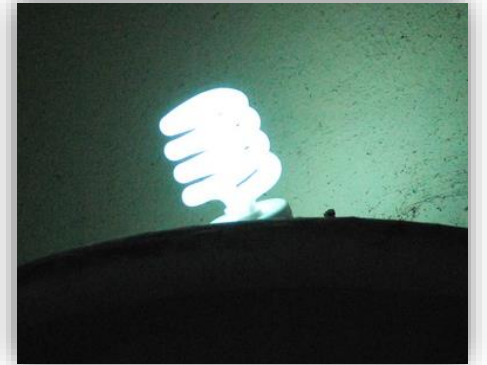
Yardımcı ekipmanların
değişimi

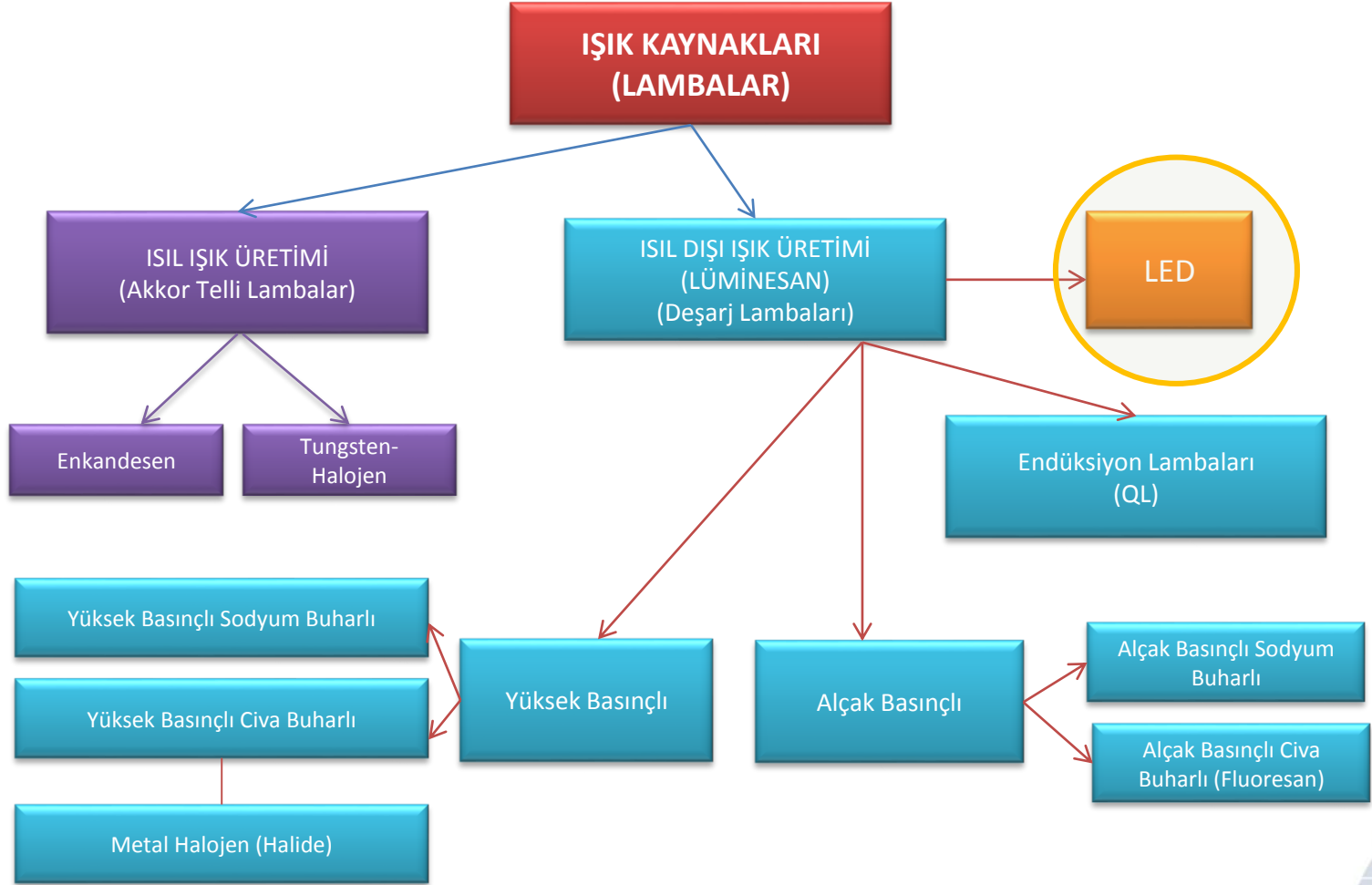
Armatür değişimi

Yeni Tasarım / Sistem
Yerleřiminin Değişimi

Otomasyon Sistemi

- ISIL IŞIK ÜRETİMİ (TERMİK)
- ISIL DIŞI IŞIK ÜRETİMİ
(LÜMİNESAN / DEŞARJ / Elektrolüminesan)

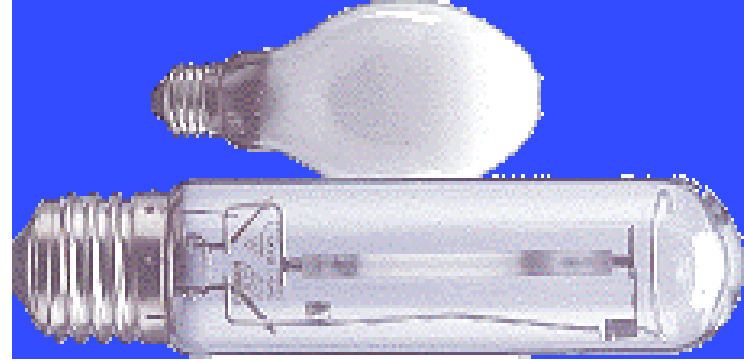




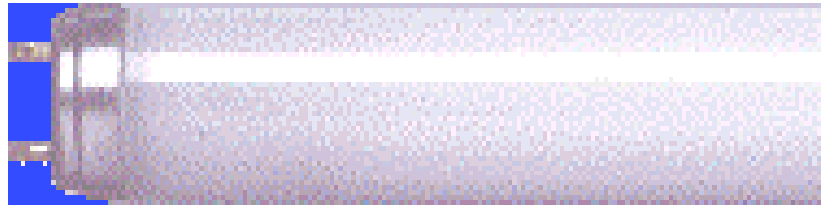
Işık Kaynakları – (Lambalar)



ENKANDESEN (Akkor Telli)



DEŞARJ



Deşarj Lambaları

GAZ

Civa

Civa

Civa +
metal halojen

Sodyum

Sodyum

BASINÇ

Alçak

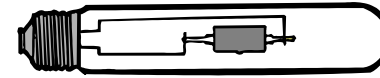
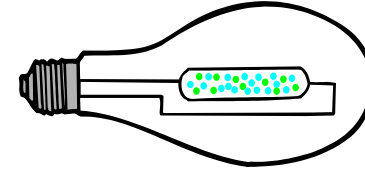
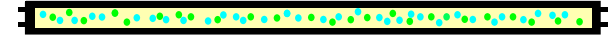
Yüksek

Yüksek

Alçak

Yüksek

GÖRÜNÜM



Lamba Seçiminde Dikkat Edilecek Özellikler

Etkinlik Faktörü (Işıksal verim) (lümen/Watt)

Renk Sıcaklığı (Kelvin)

Renksel Geriverim İndeksi (CRI, $R_a = 0-100$)

Lamba Ömrü (saat)

Etkinlik Faktörü (lümen/Watt)

Işık kaynaklarının şebekeden çektikleri güç ile yaydıkları ışık akısı arasında sabit bir oran yoktur.

$$\frac{\text{Işık Akısı}}{\text{Güç}} = \text{ETKİNLİK FAKTÖRÜ}$$

BİRİMİ : *lm/W*

Bazı örnekler

| Lamba tipi | Güç (W) | Işık akısı (lm) | Etkinlik faktörü (lm/W) |
|------------------------|---------|-----------------|-------------------------|
| LED lamba | 8 | 470 | 59 |
| Akkor telli lamba | 75 | 900 | 12 |
| Flüoresan | 36 | 3350 | 93 |
| Yüksek basınçlı sodyum | 250 | 30000 | 120 |
| Alçak basınçlı sodyum | 180 | 32000 | 178 |
| Yüksek basınçlı civa | 1000 | 58000 | 58 |
| Metal halojen | 2000 | 200000 | 100 |

Renk Sıcaklığı (T_c , K)

SICAK



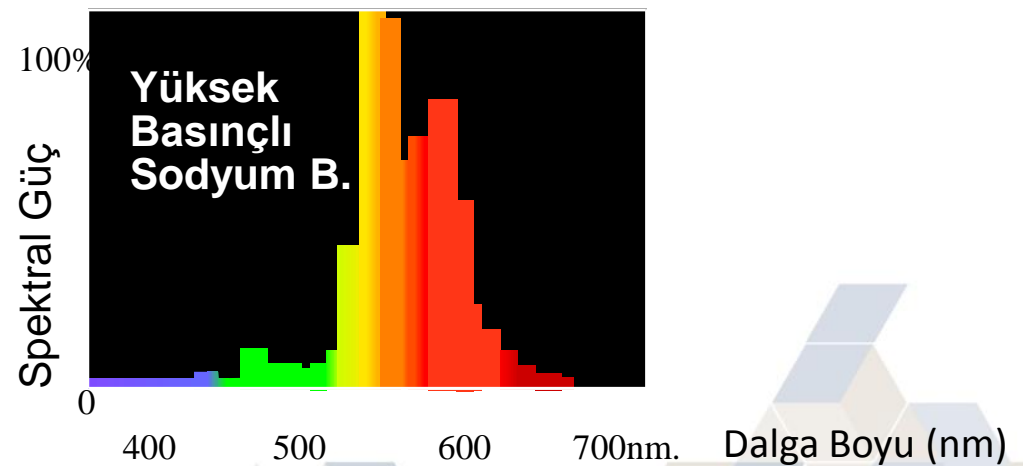
4000 K

SOĞUK

2500 K

6500 K

Renksel Geriverim Özelliği (CRI, R_a)



Genel amaçlı aydınlatmada, lamba renkleri üç ana grupta toplanmaktadır.

➤ 3300 K'den düşük ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **SICAK**



➤ 3300 K ve 5300 K arası ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **ILIK**



➤ 5300 K'den yüksek ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **SOĞUK**



CRI (Colour Rendering Index) – Renksel Geriverim İndeksi (R_a)



- Bir ışık kaynağının, ideal bir kaynağa (güneş) göre renkleri gösterebilme yeteneği
- 0-100 arasında değişir.
- İdeal kaynakların R_a 'sı 100 kabul edilir.



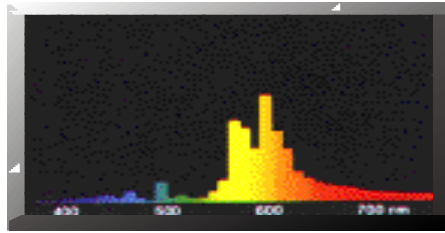
CIE' nin Renksel Geriverim İndeksi Grupları

| Ra Grup | Ra Bölgesi | Renksel İzlenim | Uygulama Alanları | |
|---------|----------------|-----------------------|---|--|
| | | | Tercih Edilen | Kabul Edilen |
| 1 A | $Ra > 90$ | Sıcak, Ilık, Soğuk | renk karşılaştırma, klinik inceleme, resim galerisi | |
| 1 B | $90 > Ra > 80$ | Sıcak, Ilık, Soğuk | ev, otel, lokanta, dükkan, ofis, okul, hastane, baskı, boya, tekstil, özel endüstri işleri | |
| 2 | $80 > Ra > 60$ | Sıcak, Ilık, Soğuk | endüstriyel işler | |
| 3 | $60 > Ra > 40$ | | kaba işler | endüstriyel işler |
| 4 | $40 > Ra > 20$ | | | renk ayırımının az önemli olduğu endüstriyel işler |

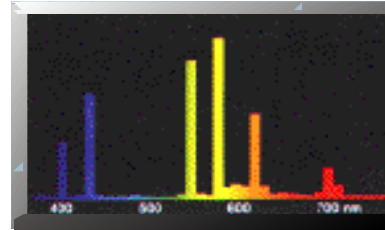
Lamba Tayf (Spektrum) Örnekleri



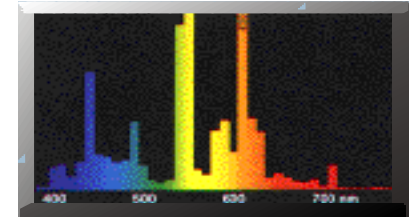
Yüksek B. Sodyum B.



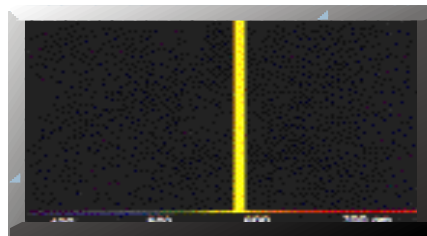
Yüksek B. Civa B.



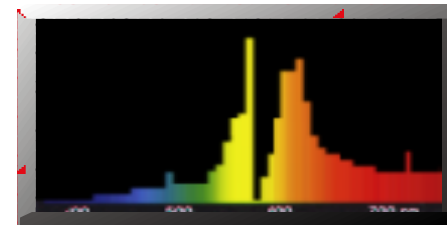
Tüp Flüoresan



Alçak B. Sodyum B.



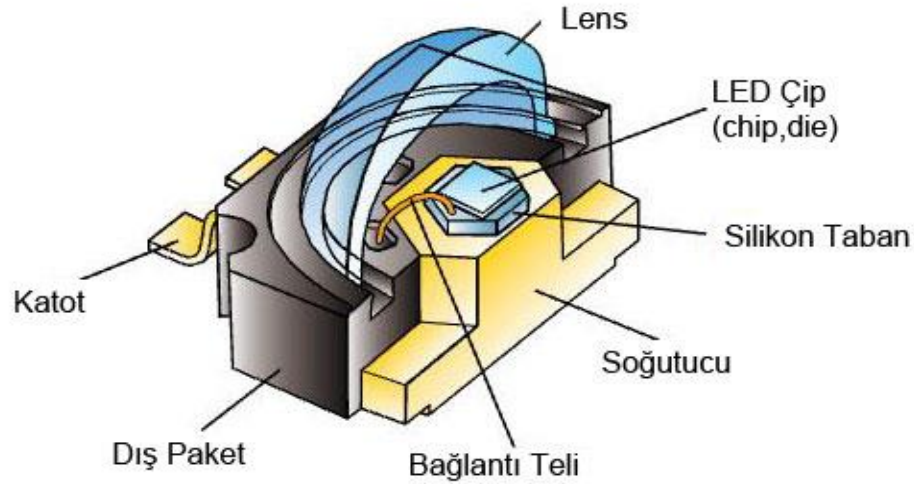
Tüp Flüoresan



İstatistiksel bakımdan değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, 100 saat kullanmadan sonraki toplam ışık akısının lambaların kullanılmaz hale gelmeleri ve ışık akılarının azalmalarından dolayı yaklaşık %30 değer kaybetmesi için geçen süredir.



LED Işık Kaynağı: LED Çip



LED Modül



LED Light Engine
(LED Işık Motoru)



LED Armatür



- Işık yayan diyotlar (LED), belirli dalga boylarında ışık üretebilen ve yarıiletken malzemelerden oluşan ışık kaynaklarıdır.
- Işık, PN (pozitif-negatif) birleşiminden (jonksiyon) akım geçince üretilir.
- P-tipi yarı iletken gerilim kaynağının pozitif tarafına, N-tipi yarı iletken de negatif tarafına bağlanır ise pozitif taraftan (anot), negatif tarafa (katot) elektrik akımı oluşur.
- Elektronlar, negatif taraftan pozitif tarafa geçerken bir boşluk ile birleşirler ve foton yayarlar, bu sürece elektro-lüminesan ışık üretimi denir.



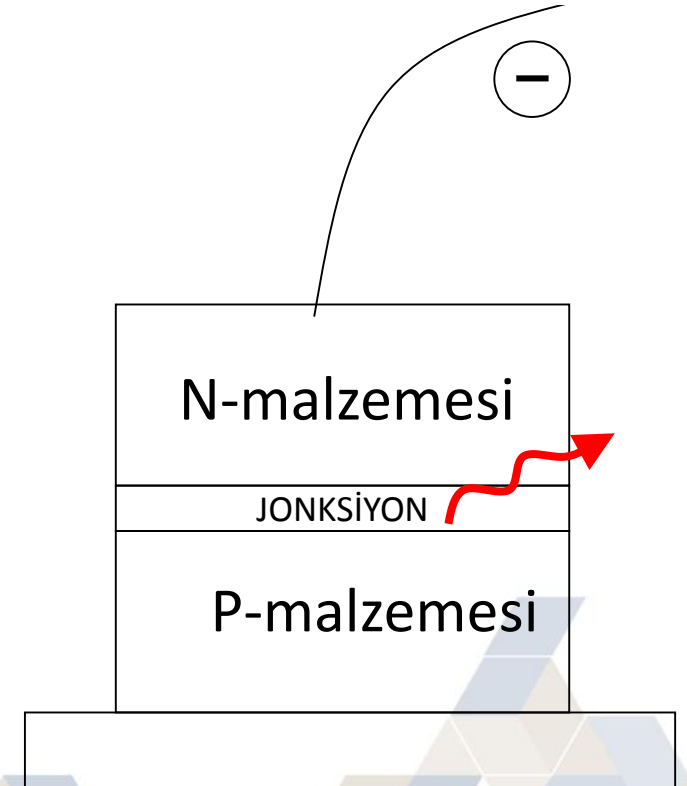
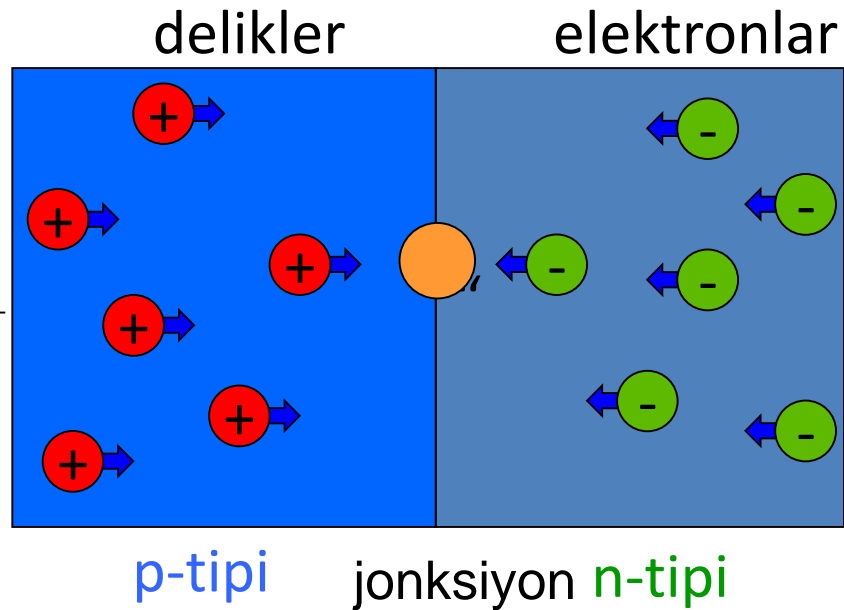
LED Çalışma Prensipleri

%55 -%80 ısı: jonksiyon (birleşim) noktasında oluşur.

%20 - %45 görülebilir ışığa (ışık)

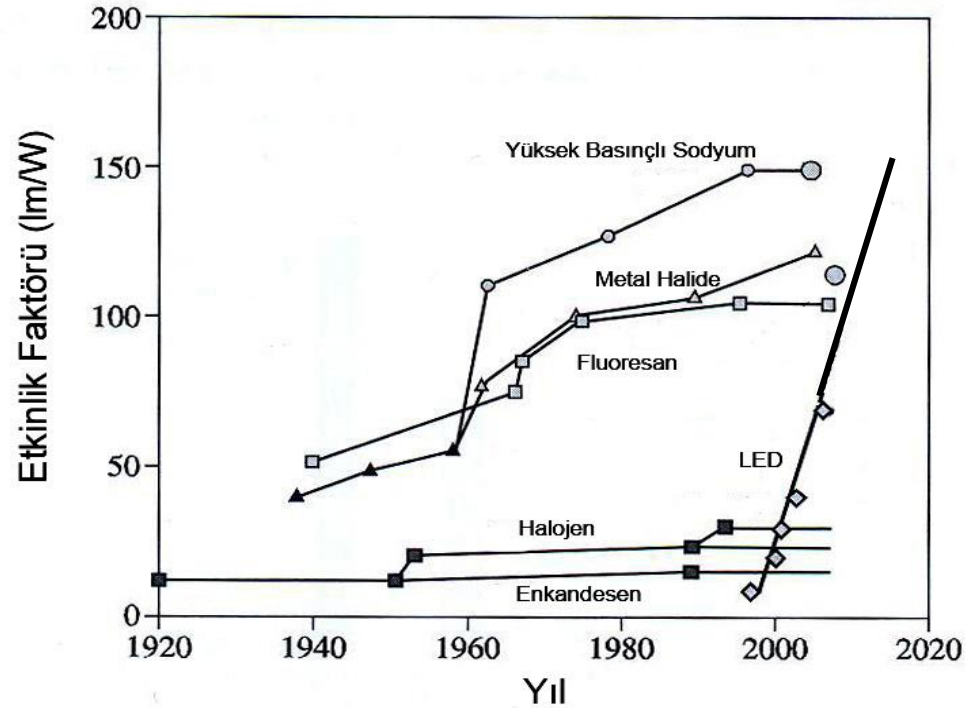


Sürücü





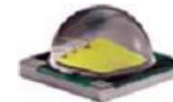


LED - Tarihçe





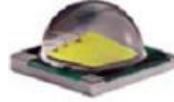
- 1891 : Silisyum Karbür (SiC)
- 1907: Silisyum Karbür + Elektrik → Lüminesan Işık
- 1962: Pratik kullanıma uygun ilk LED
- 1985: Yüksek parlaklığa sahip LED (InGaN)
- 2003: 65 lm/W
- 2006: 101 lm/W
- 2010: 208 lm/W
- 2011: 231 lm/W
- 2012: 254 lm/W
- 2013: 276 lm/W
- 2014: 303 lm/W

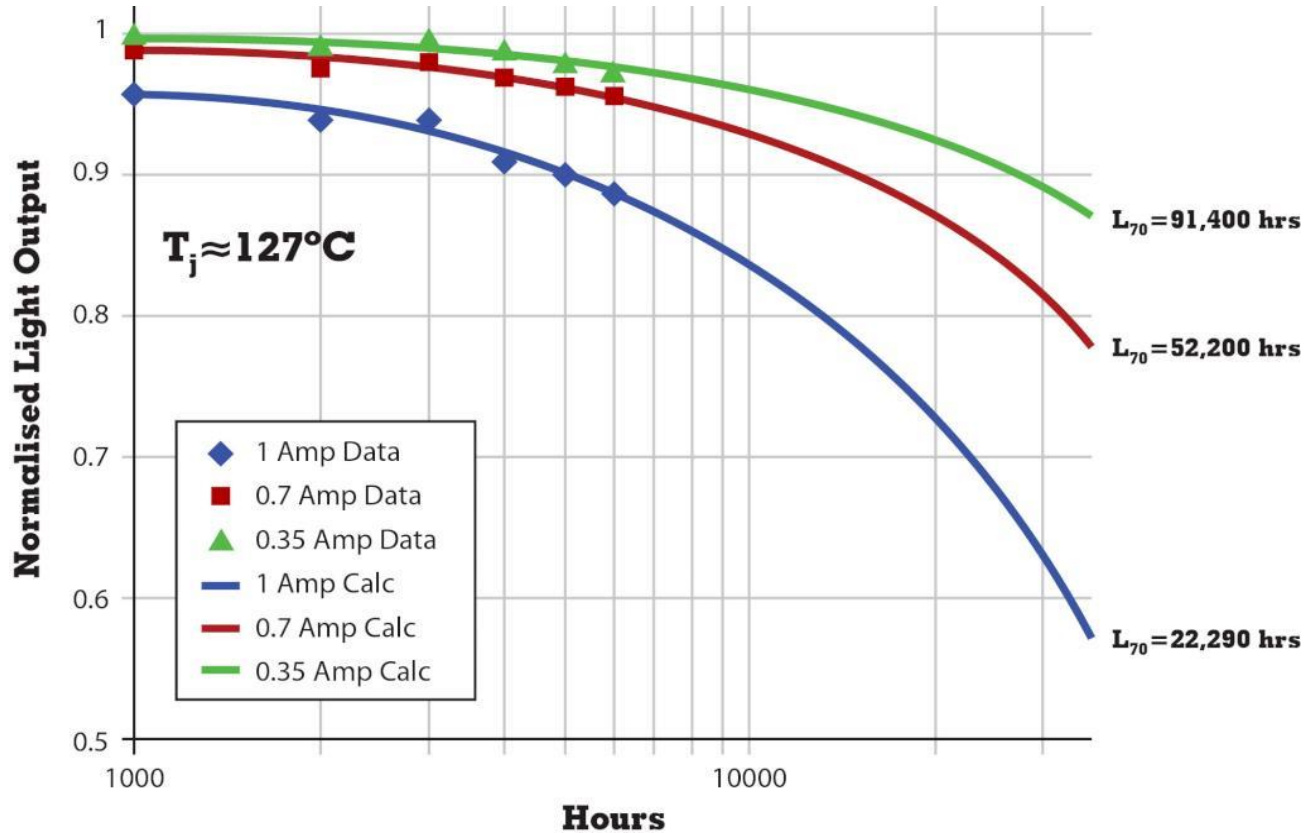


LED'ler & Konvansiyonel Lambalar

| | Enkandesen | Halojen | Metal Halide | Yüksek Basıncılı Civa Buharlı | LED |
|------|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| lm/W | 8-22 | 25-35 | 65-100 | 32-60 | 80-160 |
| CRI | 100 | 100 | 70-95 | 40-60 | 60-97 |
| CCT | 2700 | 2700-3500 | 3800-7000 | 3200-4200 | 2700-8000 |

LED'ler & Konvansiyonel Lambalar

| | KFL | Flüoresan | Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı | Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı | LED |
|------|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |  |
| lm/W | 40-80 | 70-110 | 150 | 70-150 | 80-160 |
| CRI | 80-90 | 80-99 | <25 | 25-85 | 60-97 |
| CCT | 2700 | 2700-3500 | 3800-7000 | 3200-4200 | 2700-8000 |



L_{xx} : LED çipinin, ilk durumdaki ışık akısının %xx'ine düşene kadar geçen süre

Örnek L_{70} , ilk durumdaki ışık akısının %70'ine düşene kadar geçen süre.

LED'lerin Üstünlükleri:

- Enerji verimliliği (lm/W)
- Uzun ömür (100 000 saat? , 30 000 saat?)
- Renk kalitesi (CCT, CRI)
- Mezopik görme koşulları
- Kontrol sistemleri ile uyum
- Küçük boyut – doğrultusal ışık ile ışık dağılımının kontrolü
- Çevre dostu
- Mekanik dayanıklılık ve bakım gerektirmemesi



LED'lerin Sakıncaları:

- Kamaşma
- Isı dönüşüm oranı (%20 - 40 Işık, %80 - 60 Isı)
- Armatür ağırlığı (soğutma ihtiyacı)
- Beyaz ışık üretimi
- Tesis maliyeti
- Tasarım ve üretim deneyimsizliği
- Ölçüm yöntemi ve standart eksikliği



- Veriler genelde tek LED çipi için geçerlidir. Oysa ki LED'li bir armatür her birinin performansı farklı ve zamanla da değişebilen bir çok elemandan oluşan kompleks bir sistemdir.



LED

Konvansiyonel



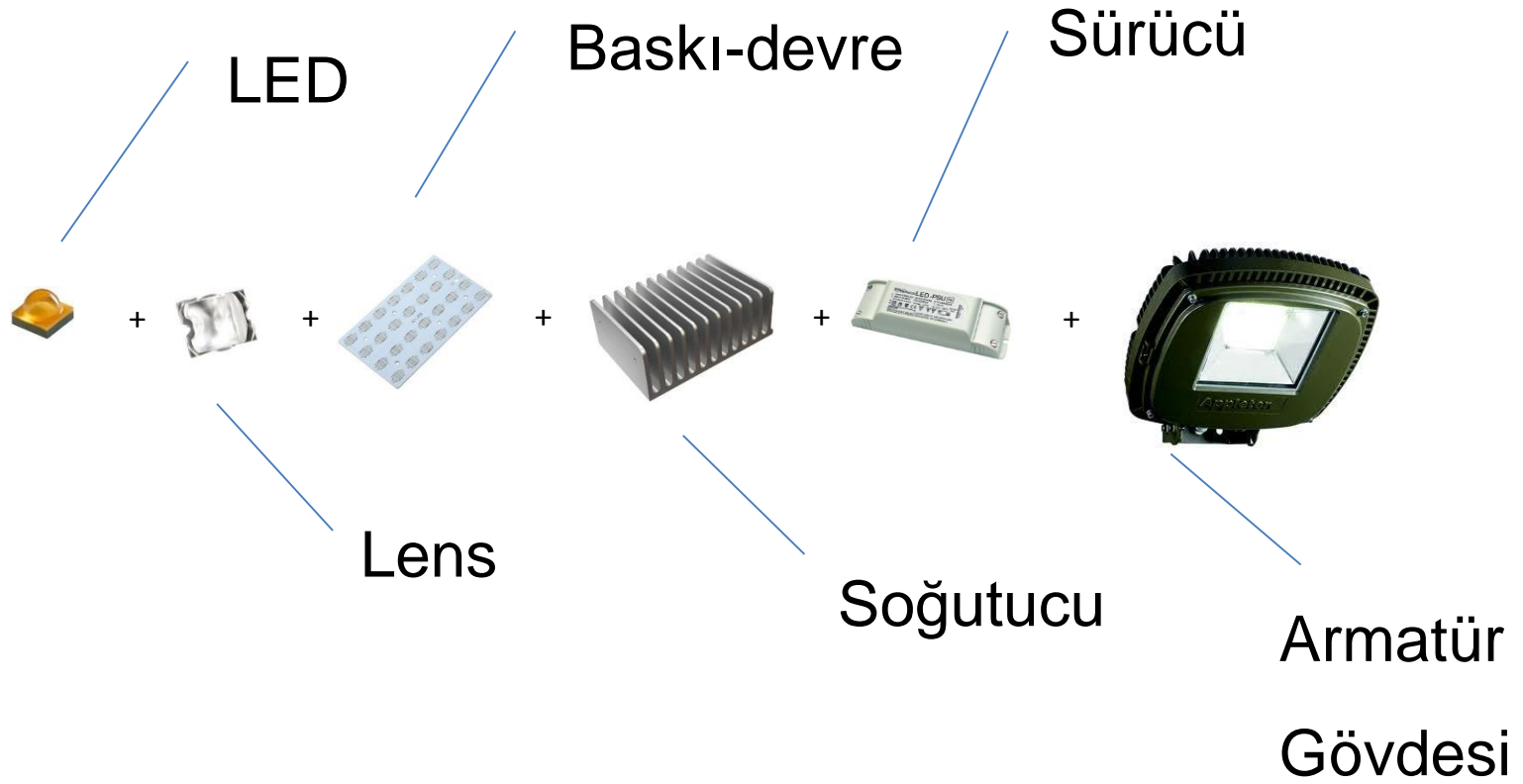
LED teknolojisi sürekli gelişmekte olup, LED'li armatürlerin test standart ve performans ölçüm-değerlendirme yöntemleri konusunda eksiklikler vardır.

- Mevcut standartların çoğu tekil LED çiplerin tanımları ve güvenlik gereklilikleri üzerinedir. LED'li armatür performans standartları ise henüz çok yeni yada hazırlık aşamasındadır.
- Mevcut olan bu dokümanlar, LED'lerin gerçek çalışma sıcaklıklarında geçerli olabilecek ölçüm ve değerlendirme yöntemlerini kesin olarak önerememektedir.

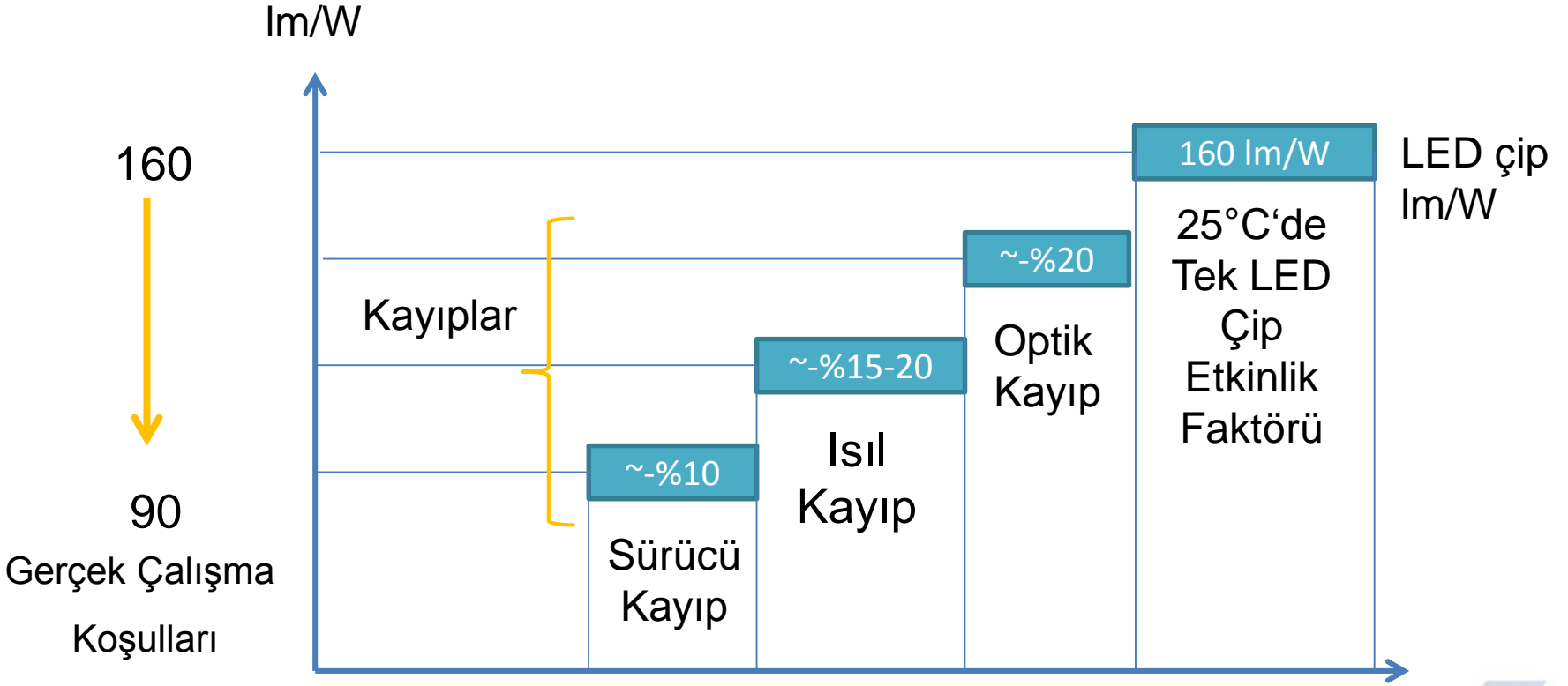
Sıcaklığın artışı, LED'lerin ışık akılarını, renksel özelliklerini ve ömürlerini olumsuz olarak etkilemektedir.



LED Armatürler



LED Sistem Verimi



- insanın ışık ve renk görme özellikleri,
- doğal ve yapay ışık kaynaklarının özellikleri,
- yüzey ve malzemelerin ışıksal ve renksel özellikleri,
- estetik ve mimari kavramlar ve değerler,
- ölçme ve hesap teknikleri,

gibi çok geniş bir alana yayılmış bilimsel verilerden ve bilgilerden yararlanır.

Bu nedenle, Aydınlatma, disiplinler arası bir çalışmadır.

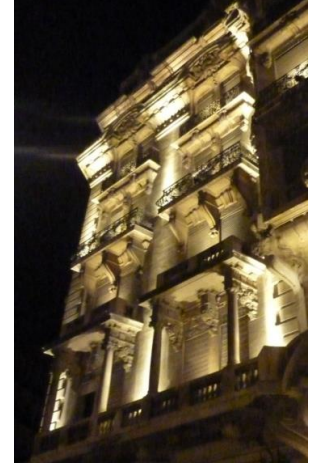


- Konunun özelliklerine uygun olarak hazırlanan YAPAY AYDINLATMA PROJESİ,
 - Aydınlatmayı sağlayan tüm ışık kaynaklarının (lamba ve armatürlerin) türünü, konumunu, gücünü ve uygulama için gereken tüm verileri içerir.
 - Elektrik tesisatı projesine gerekli temel bilgileri sunar.
- *Elektrik tesisatı projesi, aydınlatma projesi verilerine göre ve de aydınlatma projesinden sonra yapılır.*

Aydınlatma Çeşitleri

Mekan türü:

- yapı içindeki kapalı mekanlar (**iç aydınlatma**)
- yapı içindeki kapalı mekanların dışında kalan, tüm açık mekanlar (**dış aydınlatma**)



Işık türü

■ İç aydınlatma:

- Doğal ışık (günişığı=güneş ışığı+gök ışığı)
- Yapay ışık (lamba ışığı)
- Doğal ışık + yapay ışık (bütünleşik aydınlatma)



■ Dış aydınlatma

- Yapay ışık (lamba ışığı)



Hava karardığı zaman ;

- Kentin çeşitli yönlerden kullanımını sağlayan,
- Kent yaşantısını kullanıcılar için çekici(cazip) kılan aydınlatmaların tümünü kapsar.

Bu bakış açısından;

- İŞLEVSEL
- MİMARİ

aydınlatmalar olarak iki ana grupta toplanabilir



Kent Aydınlatması

DIŞ AYDINLATMA

(yapay aydınlatma)

- İşlevsel Aydınlatma
 - Emniyet, güvenlik
 - Ulaşım, yönlendirme
 - Sportif faaliyetler vb.
- Mimari Aydınlatma
 - Mimari yapılar, park, bahçe vb. açık alanlar



“Aydınlatma Master Planı”

Koşullara göre ülkenin, kentin ve/veya bölgelerin farklı ölçeklerde ele alınmasıdır.

Kent Aydınlatmasına, işlevsel ve mimari aydınlatmalar açısından bütüncül bir planlama yaklaşımı ...

Aşamaları:

- Analiz Süreci
- Tasarım Süreci
- Maliyet / Bakım / Kullanım / Uygulama Süreci



Analiz – İnceleme Süreci

- Çevre koşulları,
- Bakış doğrultuları,
- Uzaklıklar, konumlar(ayrık, bitişik, bağımsız)
- Mimari özellikler,
- Biçim, yapı stili, kütle özelliği,
- Cephe özellikleri(cam, dolu alanlar, girinti-çıkıntılar, süslemeler)
- Yapı yüzlerinin renk, yansıtma özellikleri,

Tasarım Süreci

- Aydınlık düzeyi,
- Aydınlığın düzgün dağılımı,
- Parıltı dağılımı denetimi(ışık-gölge alanları)
- Işık rengi – ayrımlar,
- Modelleme çalışması,
- Kamaşma denetimi, ayrımları



Uygulama – Denetim Süreci

- Uygun ışık kaynakları ve aydınlatma donanımlarının belirlenmesi,
- Aydınlatma donanımlarının kurulumu,
- Aydınlatma sisteminin bakımı,
- Optimum enerji kullanımının göz önünde bulundurulması.
 - Işığın azaltma – kapatma
 - Belli gün - saatlerde yakma,
 - Gereksiz aydınlatmalardan kaçınma



Işık Kirliliği Nedir?

Yapay ışığın yol açtığı herhangi bir olumsuz etki

- İnsanların görsel eylem ve etkinliklerinin güçleşmesi/engellenmesi
- Hayvan ve bitkilerin yaşamının değişimi (wildlife&plant)
- Astronomik gözlemlerin güçleşmesi/engellenmesi
- Kent görünümünün bozulması
- Enerji kaybı ve benzeri



Işık Kirliliği Nasıl Önlenir?

Her tasarımcı ya da kullanıcı AYDINLATMA seçiminde özgür olduğu ve yalnızca kendi kişisel beğenisi doğrultusunda hareket edebildiği sürece, kentlerde **IŞIK KİRLİLİĞİ** ve **RENK KİRLİLİĞİ** kaçınılmazdır.

KENT AYDINLATMA MASTER PLANI YAPILMALI

KENT RENK MASTER PLANI YAPILMALI

YÖNETMELİKLER OLUŞTURULMALI



ANKARA

Çay – Kahve Arası (15 dakika)

