

VERİMLİ AYDINLATMA EL KİTABI



BUSİAD
BURSA SANAYİCİLERİ ve
İŞADAMLARI DERNEĞİ

*37
yıl*



BUSİAD
Enerji Uzmanlık
Grubu

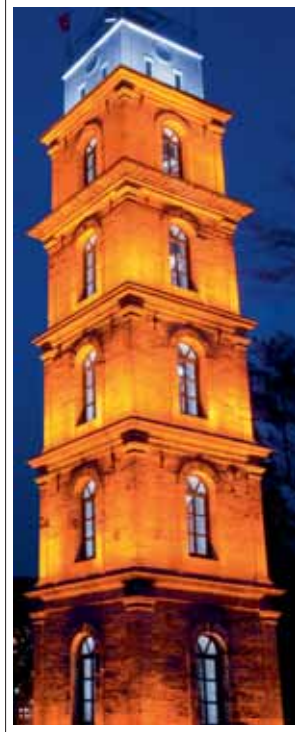
[f busiad.bursa](https://www.facebook.com/busiad.bursa)

[t busiad](https://www.instagram.com/busiad)

www.busiad.org.tr

VERİMLİ AYDINLATMA EL KİTABI

2015 BURSA



BUSİAD
Enerji Uzmanlık
Grubu



BUSİAD
BURSA SANAYİCİLERİ ve
İŞADAMLARI DERNEĞİ

*37
yıl*

BUSİAD
Bursa Sanayicileri ve İşadamları Derneği
Enerji Uzmanlık Grubu
adına,

Hazırlayanlar:

Nizamettin AYPAK
(Grp. Bşk.)
Adnan GÜLBAL
Prof. Dr. Akın Burak ETEMOĞLU
Canpolat ÇAKAL
Ercan AYDEMİR
Zeki GÜMÜŞ

Grafik / Baskı:

Rota Barışçı®

Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri A.Ş.

Barışçı İş Merkezi, Fethiye Mah.
Sanayi Cad. No: 317 16140 Nilüfer, BURSA
Tel: 0224 242 72 00 Faks: 0224 241 91 06
www.rotabarisci.com.tr
info@rotabarisci.com.tr

Bu kitap Bursa Sanayicileri ve İşadamları Derneği
tarafından yayınlanmıştır.

Her hakkı BUSİAD'a aittir.
Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

BUSİAD Yayınları 2015 / Bursa

ÖNSÖZ

Değerli enerji dostları,

Enerji, ekonomimizin en önemli ve pahalı girdilerinden biridir. Ülke olarak enerji temininde dışa bağımlılık oranının yüksekliği ve birincil enerji kaynaklarının olumsuz çevresel etkileri, enerjinin etkin ve verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Bu konularda çalışmalar yaparak endüstriye katkıda bulunmak ve farkındalık yaratmak için kurulan BUSİAD Enerji Uzmanlık Grubu, 2013 yılında “Endüstriyel İşletmeler İçin Enerji Yönetmelikleri El Kitabı”nı hazırlayarak kullanımınıza sunmuştu.

Toplam enerji talebinin artması ile birlikte elektrik enerjisi tüketimi de gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye 2014 yılı elektrik tüketim miktarı 255 Milyar kWh olmuştur. Bu miktarın yaklaşık %20’lik payı aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır.

Aydınlatmada verimliliğin sağlayacağı potansiyel tasarruf göz önüne alınarak hazırlanan; Özyeğin Üniversitesi'nden Doç. Dr. Sayın Mehmet ARIK'ın ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Sayın Sermin ONAYGİL'in sunumlarının da ekinde yer aldığı “Verimli Aydınlatma El Kitabı”nı; BUSİAD Enerji Uzmanlık Grubu Üyeleri olarak siz değerli enerji dostlarının hizmetine sunmaktan mutluluk duyuyaktayız...

BUSİAD
Enerji Uzmanlık Grubu

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1: Aydınlatma tanımları, gelişimi ve gereçleri

- 1.1. Aydınlatma gelişimi
- 1.2. Aydınlatma terimleri
- 1.3. Aydınlatma gereçleri

Bölüm 2: Endüstriyel aydınlatma

- 2.1. Aydınlatma kriterleri
- 2.2. İş yerinde aydınlatma ve işkazaları
- 2.3. İş yerinde aydınlatma ve verimlilik
- 2.4. Endüstri tiplerine göre aydınlatma özellikleri

Bölüm 3: Ofis aydınlatması

Bölüm 4: Aydınlatma kontrol sistemleri

- 4.1. Meşguliyetle ilgili kontrol
- 4.2. Zamana bağlı kontrol
- 4.3. Gün ışığına bağlı kontrol
- 4.4. Karma kontrol
- 4.5. Ek verimlilik sağlayan örnek uygulamalar
- 4.6. Kontrol üniteleri
- 4.7. Aydınlatma otomasyonu
- 4.8. Algılayıcılar (Sensörler)
- 4.9. Sürücüler (Actuator)

Bölüm 5: Verimli aydınlatma için genel projelendirme kriterleri

Bölüm 6: Verimli aydınlatma sempozyumu bildirileri

- 6.1. Doç. Dr. Mehmet Arık, Katı Hal Aydınlatma Teknolojileri:
Problemler ve Fırsatlar-İnovasyon
- 6.2. Prof. Dr. Sermin Onaygil, Aydınlatmada Yeni Teknolojiler:
LED ve Otomasyon Yol Aydınlatması Uygulamaları

BÖLÜM 1.

AYDINLATMA TANIMLARI, GELİŞİMİ ve GEREÇLERİ

Bir ortamı ve içerisindeki nesneleri istenilen ölçütlerde görsel algılamaya uygun kılacak şekilde tasarlanmış ışık uygulamaları aydınlatma olarak tanımlanır.

Aydınlatma tekniği, amaçlanan nesne ve ortamların en iyi biçimde görülüp sergilenebilmesi amacıyla bütün değişkenleri dikkate alarak aydınlatmanın nasıl düzenlenmesi gerektiğini belirleyen tekniktir.

Aydınlatma tekniği, insan gözünün ışık ve renk görme özelliklerinden, ışık kaynaklarının, lambaların ve aydınlatma aygıtlarının türlü özelliklerine; yüzeylerin ve gereçlerin ışık yansıtma ve geçirme özelliklerinden, estetik ve mimari kavramlara, türlü ölçme tekniklerinden, oldukça karmaşık hesap biçimlerine uzanan, çok geniş bir alana yayılmış bilimsel verilerden ve bilgilerden yararlanır.

Doğru aydınlatmanın uzman eller tarafından hesaplanarak tekniğe uygun tasarlanması sonucunda, iş yerlerinde verimi arttıracak; iş ve trafik kazalarını, kusurlu üretim ve yanlış tanılamaları azaltacak; gereksiz yorgunlukları, baş, göz ağrılarını ve sinirlilikleri ortadan kaldıracak; ve günlük yaşantıyı daha hoş daha verimli ve daha sağlıklı kılacak gibi gerçekler, günümüzde, ileri ülkelerde çoktan anlaşılmış ve profesyonel çalışmalara yoğunlaşmıştır.

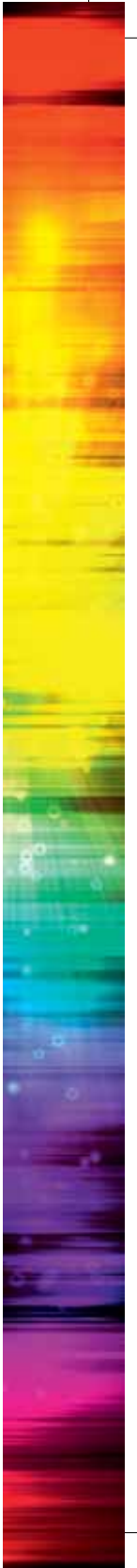
Burada, üretim ve başarı oranlarının yükselmesi, türlü kayıpların azalması gibi, genel ekonomiyi etkileyen konular bir yana bırakılıp, doğrudan doğruya aydınlatma amacı ile kullanılan enerjinin azaltılması bakımından konu incelense bile, aydınlatma tekniğinin geniş bir biçimde uygulanması ile

aydınlatma giderlerinin çok büyük oranda azalacağı kolaylıkla gösterilebilir.

Bir hacmin tamamında belirli kriterler kapsamında talepleri karşılamak amacıyla yapılan aydınlatma genel aydınlatmadır. Mekanlar da genel aydınlatmanın yanı sıra çeşitli vurgu, yönlendirme veya farklı aydınlık seviyesine ihtiyaç duyulan kısmi bölgelerin ışıklandırılması ise bölgesel aydınlatma olarak tanımlanır. Bölgesel aydınlatma kimi zaman genel aydınlatmanın yetersiz kaldığı noktalarda gerekli aydınlık seviyesini sağlamak amacıyla yapılırken; kimi zaman da bir nesne üzerine vurgu yapmak ya da estetik görüş katmak amacıyla kullanılır. Bir ortamın aydınlatılması için; en ekonomik ışık kaynaklarının kullanılmasından da öte bir çözüm düşünülmeli ve işletme-yatırım maliyetlerinin yanı sıra istenilen görsel konfor kriterini yerine getirecek en uygun çözüm bulunmalıdır. Aydınlatma tasarımında göz önünde bulundurulması gereken konfor ölçütleri ise; aydınlatmanın niteliği, aydınlatmanın niceliği, ışıklılık ve yüzey özellikleri olarak sıralanabilir.

1.1. AYDINLATMANIN GELİŞİMİ

Işık insan hayatında her zaman önemli bir yer tutmuştur. Eski çağlardan bu yana güneşin sunmuş olduğu doğal aydınlık yeterli gelmemiş ve gün ışığının kısıtlayıcı etkilerinden kurtulmak için insanoğlu çeşitli ışık kaynakları arayışına gitmiştir. Ateş güneşten sonra insanların kullandığı ilk ışık kaynağı olmuştur.



Yaklaşık 20.000 yıl önce ateşin keşfi insanlık tarihinde önemli bir noktadır ve uygarlığın gelişim hızını arttırmıştır. İnsanların ateşi aydınlatma aracı olarak kullanmaya başlamasının ardından yeni ışık kaynakları da ortaya çıkmıştır. 4.500 yıl önce ilk defa Sümerler tarafından yağ lambaları kullanılmaya başlanmıştır.



Bitkisel ve hayvansal yağların devreye girmesiyle mum 19. yüzyılın ilk yarısına kadar temel aydınlatma araçlarından biri olarak kullanılmıştır.

200 yıl önce de hava gazı lambaları kullanılmaya başlandı. Hava gazı lambaları gaz geldiği sürece ışık verebiliyordu, ancak taşınması oldukça maliyetliydi. 1859'da Kuzey Amerika'da petrolün bulunmasına dek bu araçların kullanımı sürmüştür.



Nihayet 1879'da akkor telli lambaların Thomas Alva Edison tarafından icat edilmesiyle aydınlatma tarihinde yeni bir çılgır açmıştır.

Akkor flamanlı lamba aslında ilk olarak 1845'de H. Goebel tarafından bulunmuştur. Ancak o dönemde yeterli derecede elektrik kaynakları bulunmadığından bu buluş kısa sürede unutulmuştur.

1886'da W. Siemens tarafından ilk dinamonun gerçekleştirilmesinden sonra 1879'da T. A. Edison, H. Goebel'in buluşundan habersiz karbon flamanlı akkor lambayı bir kez daha icat etmiştir. O tarihten bu yana aydınlatma sektörü oldukça hızlı yol almıştır.

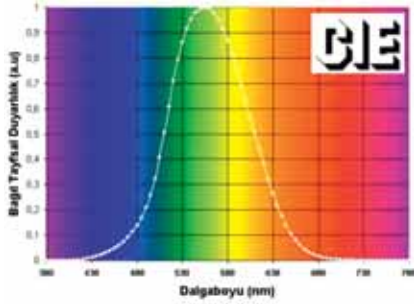
İlk elektrik ampulünden sonra daha parlak ışık veren tungsten flaman ve ışığı daha iyi yaymak için aydınlatma armatürleri geliştirilmiştir. Ardından önemli bir yenilik olarak elektrik deşarjlı metal buharlı ampuller gelmiştir. Özellikle floresan lambaların geliştirilmesiyle akkor flamanlı lambalar endüstrideki yerlerini bu lambalara bırakmak zorunda kalmıştır.



Son günlerin yenilikçi aydınlatma ürünü ise daha az enerji harcayarak daha fazla ışık verebilen LED'li ampullerdir.

1.2. AYDINLATMA TERİMLERİ

1.2.1. Işık: Dalga teorisine göre elektromagnetik enerjinin (radyasyon) gözle görülebilen bir şeklidir. Dalga veya foton şeklinde yayıldığı kabul edilir. Belli bir yayılma hızına, frekansa ve dalga boyuna sahiptir. Elektromagnetik dalgalar, dalga uzunluklarına göre sıralanacak olursa elektromagnetik spektrum (tayf) elde edilir. İnsan sadece 380 nm ile 780 nm dalga boyları arasındaki elektromagnetik dalgaları görebilir. Bu bölge ışık olarak adlandırılır.



Renk	Dalga Boyu
Ultraviyole	100-380 nm
Mor	380-436 nm
Mavi	436-495 nm
Yeşil	495-566 nm
Sarı	566-589 nm
Turuncu	589-627 nm
Kırmızı	627-780 nm
Kızılötesi	780-10.000 nm

Renklerin spektrumdaki dalga boyları.

1.2.2. Renk: Farklı dalga boylarındaki ışığın insan beyinde yaptığı çağrışımdır. Bir ışık demetinin rengini tayfsal özellikleri belirler.

1.2.3. Görme: Göze giren ışığın duyuşsal izlerle, dış çevredeki ayrıntıların algılanması olarak tanımlanır.

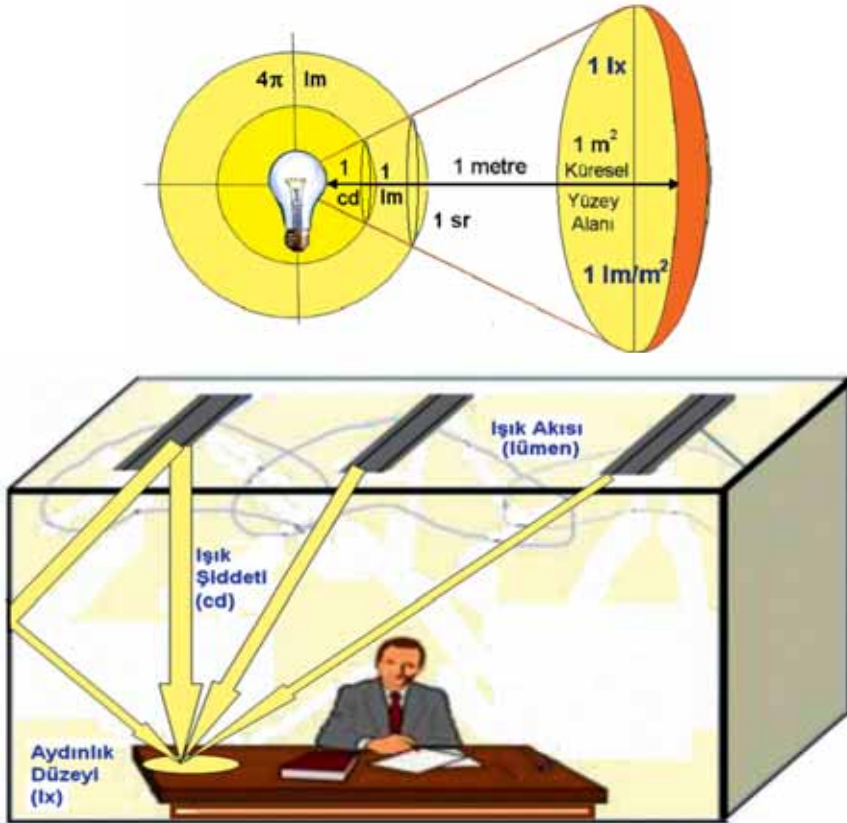
1.2.4. Işık Akısı: Işık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısına denir. Birimi lümen (lm) dir.



1.2.5. Işık Miktarı: Belli bir etki süresi için bir kaynaktan çıkan toplam ışık akısı olarak tanımlanır. Q ile gösterilir. Birimi lümen saniye veya lümen saat dır.

1.2.6. Işık Şiddeti: Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir a doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir uzay açıdan çıkan ışık akısının bu uzay açığa bölümüdür. I ile gösterilir. Birimi candela (cd) dir. $I_a = \frac{Q}{\Omega}$

1.2.7. Aydınlık Düzeyi: Birim yüzeye düşen toplam ışık akısı miktarıdır. E ile gösterilir. Birimi lüks (lx) dır. $E = \frac{Q}{S}$



1.2.8. Parıltı: Aydınlatma kaynaklarından veya ışık yayan bir yüzeyden göze gelen ışık şiddeti miktarıdır. L ile gösterilir. Birimi nesnel için nit, ışık kaynakları için stilb (cd/m^2)dir. $L_a = I_a / S_n$.

1.2.9. Kamaşma: Sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak etrafındaki cisimleri göremez hale gelmesine kamaşma denir. Görüş alanı içindeki bütün ışık kaynakları kamaşmaya neden olur.

1.2.10. Fotoğrafik Uyarma: Fotoğrafçılıkta çok kullanılan bu kavram aydınlık düzeyi ve bunun etki süresi ile orantılıdır ve U ile gösterilir. Birimi lüx saniye'dir.

1.2.11. Fotometrik Işıntı: Işık yayan bir yüzeyin ışık akısı yoğunludur. R ile gösterilir. Birimi Phot'tur. Tanımı aydınlık düzeyine benzer fakat, fotometrik ışıntı aktif, aydınlık düzeyi ise pasif bir büyüklüktür.

1.2.12. Renk Sıcaklığı: Bir cismin gerçek sıcaklığı yerine renk sıcaklığı adı verilen bir sıcaklık konduğu zaman o sıcaklıktaki siyah cisim gibi ışık yaydığı sıcaklığa renk sıcaklığı denir. Birimi Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

2700 K	Sıcak Beyaz
3000 K	Ilık Beyaz
3500 K	Beyaz
4000 K	Soğuk Beyaz
5000 K	Güneşiği
6500 K	Soğuk Güneşiği

1.2.13. Renksel Geriverim endeksi: Işık kaynaklarının aydınlattıkları cisimlerin renklerini ayırt ettirebilme özelliklerine renksel geriverim endeksi denir. R_a ile gösterilir.

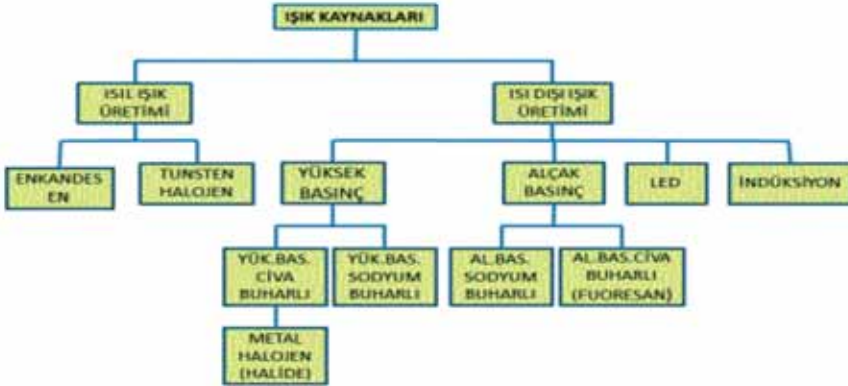
DIN 5035 Normuna Göre Kategoriler	Renksel Geriverim
1A	90-100
1B	80-90
2A	70-80
2B	60-70
3	40-60
4	20-40

1.2.14. Armatür Verimi: Armatürden çıkan toplam ışık akısının armatürün içindeki lambaların toplam ışık akısına oranıdır. harm ile gösterilir.

1.2.15. Etkinlik Faktörü: Bir ışık kaynağından çıkan toplam ışık akısının kaynağın gücüne oranıdır. Birimi lm/W dir.

1.3. AYDINLATMA GEREÇLERİ

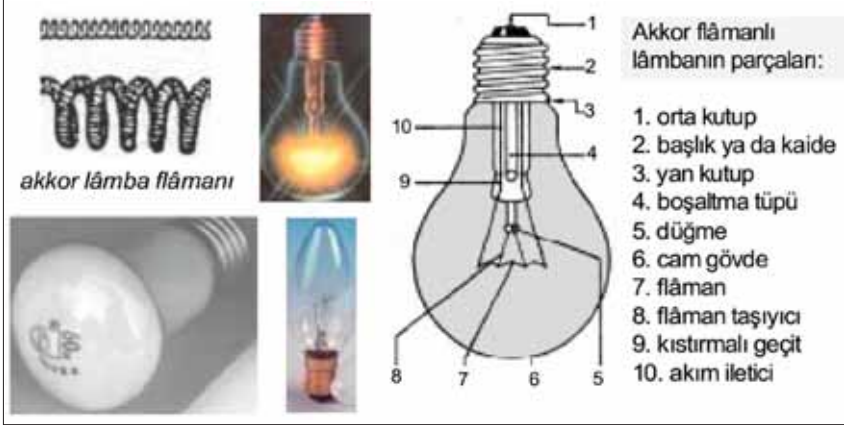
LAMBA ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI



Görünür bir ışınım üretmek üzere tasarlanmış cihaza lamba denir. Günümüzde en temel ışık kaynağı olan akkor flamanlı lambalar, akkor ışınımıyla ışık üretirken, yüksek ışık verimliliği ile bilinen deşarj lambaları gazda elektriksel boşalmayla ışık üretir.

Bir lambanın 1 Watt harcayarak ürettiği ışık akısının değeri o lambanın ışıksal etkinlik değeridir. Fakat dış ortam ısısı, balast özellikleri, lambanın yanma pozisyonu, şebeke gerilimindeki değişimler, kullanım süresi gibi faktörler lamba veriminde değişimlere neden olabilir. Standart çalışma koşullarında lambanın ortalama kullanım süresine lamba ömrü denir. Şebeke gerilimindeki dalgalanmalar, toz, nem, sarsıntı, açma-kapama sıklığı, ortam sıcaklığı, kullanılan starter, balast gibi elemanların özellikleri lamba ömrünü etkiler. Lambalar; tekrar çalışma şartları, anahtarlama sayısı, şebeke frekans bozulmaları (frekans kirliliği) ile de değerlendirilir. Genel olarak lamba tipleri;

1.3.1. Akkor Flamanlı Lambalar: Akkor lambalar en eski elektrikli ışık kaynaklarından olup; günümüzde de ucuz olmaları ve montajlarının kolay olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Akkor lambalar; tungsten telden yapılmış flaman üzerinden akım akıtılarak, telin akkor derecede kızarması sonucu ışık üretirler. Akkor lambalar tayfı düzgün ve sürekli bir ışınım oluşturur. Renksel geriverimleri yüksek olmasına karşın çok düşük ışıksal geriverimleri vardır. Bunun nedenleri ise ısı kayıplarının yüksek olması ve yayımlanan ışınımın büyük bir kısmının kızılaltı dalga boylarında olmasıdır. Lambaların ışıksal verimleri, lambanın gücüne ve yapısına bağlı olarak 8- 22 lm/W değerlerindedir. Flaman üzerindeki sıcaklığın ortalama 1500 °C olması sonucu görünür bölgede ışınım oluşur. Lamba içersinde flaman teli olarak, çok yüksek erime noktası ve düşük buharlaşma özelliği nedeniyle volfram madeninden elde edilen tungsten teli kullanılır. Tel gerek ısı kaybını gerekse buharlaşma sonucu oluşan madde kaybını azaltmak amacıyla sarmal ve bükümlü yapıdadır. Flaman tel, taşınma ve kullanım esnasında oluşabilecek sarsıntı ve gerilmelerden etkilenmemesi için destek tellerin üzerine yerleştirilir. Lambanın tüm iç yapısını çevreleyen yapı ısıya dayanıklı camdır. Bu kavanoz, flamanın atmosferle temasını engelleyerek çalışma süresince oksijenle yanmasını engeller.



Lambalar; camın ışık geçirme özelliği kullanılarak, düzgün, yayınık veya izotropik yayınık geçirme yapacak şekilde tasarlanır. Flaman üzerinden geçen akım sonucu oluşan ışıkla birlikte yüksek sıcaklık değerleri ortaya çıkar. Yanyana bulunan sargıların birbirini etkilemesiyle de bu sıcaklık değeri hızlı bir artış gösterir. Bu artışın belirli sınırlar içinde tutulması gerekir. Oluşan ısının flaman üzerinden uzaklaştırılmaması durumunda, lamba ömründe kısalma olur. Bu yüzden flaman üzerindeki ısıyı uzaklaştırmak ve flaman sarımları arasında oluşabilecek kılcak ark olaylarını engellemek amacıyla camın içi argon-azot gazı karışımı ile doldurulur.

Lambaya uygulanan gerilimdeki artış lambanın yaydığı toplam ışık akısını artırır. Nominal gerilimin üzerindeki gerilimlerde argon-azot gazı ark oluşumunu engellemede yetersiz kalır ve lamba ömrünü azaltır. Bu yüzden Akkor Flamanlı lambalar şebeke geriliminden etkilenir. Bu lambalar için belirtilen lamba ömrü 220V gerilim ve %1'lik şebeke dalgalanması için ortalama 1.000 saattir.

1.3.2. Akkor Halojen Lambalar: Halojen lambalar geleneksel akkor lambalara göre daha yüksek ışıksal verime ve insan tarafından algılanabilen daha beyaz bir ışığa sahiptir.

Akkor halojen lambalarda ampul iinin doldurduğu gazlar iyot grubundandır. Gaz içindeki halojen; volframın buharlaşarak lambanın i yüzeyine yapışmasını engeller ve camın şeffaf kalmasını sağlar. Halojen ampulun sıcaklığının yüksek olması yüzünden ampul yapıları daha kk ve ısıya dayanıklı camdan yapılır. Halojen ampullerin ömürleri ortalama 2000 saattir. Halojen lambaların şebeke geriliminden düşük gerilimlerde çalışan modelleri de mevcuttur. Bunların ışıksal geriverimi bir st gerilim seviyesinde çalışan modelden yüksektir.



1.3.3. Floresan Lambalar: Esas olarak alçak basınçlı civa buharlı lamba sınıfına giren floresan lambalar günümüzde akkor lambaların 3-5 katı ışıksal verimlilikleriyle ve gelişmiş renk seçenekleriyle en popüler ışık kaynaklarındandır.

Floresan lambalar bir balast ve starter devresiyle alıştırılabil-diği gibi bazı tipleri starter devresine ihtiyaç duymadan da çalışabilir.



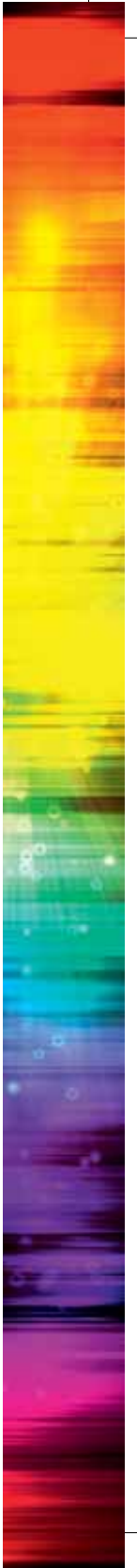
Kompakt floresan olarak bilinen tipler ise çalışması için gerekli olan yardımcı elemanları bünyesinde barındırdığı için şebekeye doğrudan bağlanılır. Floresan lambalar elektriksel boşalmayla ışık açığa çıkarır. Lamba elektrotlarından yayılan elektronlar, tp içerisinde hareket ederken aynı ortamda bulunan civa atomlarının elektronlarıyla apışır. Civa atomlarının elektronları

bu çarpışmanın etkisiyle yörüngelerinden çıkar ve tekrar yörüngelerine dönerken UV ışınım yayar.

Floresan lambanın iç yüzeyindeki fosfor kristalleri (florişil) tarafından görünür ışığa dönüştürölür. Floresan lambaların verimleri (ışıksal etkinliğı) lamba gücüyle doğru orantılı olarak artış gösterir. Bunun nedeni büyük güçlü lambalarda elektrotları optimum sıcaklıkta tutmak için gereken gücün küçük güçteki lambalara oranla daha düşük olmasıdır. Lamba akımının verim üzerindeki etkisi büyüktür. Artan lamba akımı etkinlik faktörünün düşmesine sebep olur. Floresan lambanın tüp yapısında kullanılan malzemeler, kullanım alanına ve lambanın çeşidine göre farklılık gösterebilir.

Genelde tüp şeklindeki floresan lambaların ampulleri soda-kireç camdan yapılırken eğrisel ve dairesel floresan lamba tüpleri kurşun katkılı camdan imal edilir. Floresan lambanın içindeki civa buharı tek başına görünür bölgede ışık üretmediğı için lambanın iç yüzü florişil tozlarla kaplanır. Bu tozun türü; lambanın verimini, rengini ve renksel geriverimini etkileyen en temel bileşendir. Tozun saflığı ve kristal boyutuda oldukça önemlidir. Floresan lambanın elektrotları iki veya üç bükümlü olabilir. Elektrotların ana görevi deşarj için gerekli olan serbest elektron oluşumunu sağlamaktır. Elektrotlar ön ısıtmalı (starter yapılı) olabileceğı gibi startere ihtiyaç duymayan devre yapısında da olabilir. Floresan lambalarda civa buharı tek başına deşarjın devamı için yeterli olmaması nedeniyle belli oranlarda argon ve kripton gazı içerir. Bu gazlar asal gazlardır. Lamba içindeki gazların basınç değerleri lamba ömrü ve verimi açısından doğrudan etkilidir. Işıksal verim açısından en ideal değerler; civa buharı için 0.8 Pa, yardımcı gazlar için 2500 Pa dır.

Floresan lambaların verimliliğini; öncelikle kullanılan florişil tozlar belirler. Ayrıca ortam sıcaklığı, dış çevredeki ısı değişimleri, lamba içerisindeki civa buharının basıncı yayılan ışık akısı verimliliğini etkiler. Kullanılan balast ve yardımcı



elemanların kalitesi de yayılan toplam ışık akısı üzerinde etkilidir. Floresan lambalarda ısı kayıplar çok azdır ve lambaların verimleri 45-200 lm/W değerlerindedir. Floresan lambalarda, normal çalışma değerlerinin üzerindeki ve altındaki sıcaklık değerlerinde ışık akısında azalma gözlenebilir. Floresan lambaların ömürlerini etkileyen en önemli faktör, açma kapama sıklığıdır. Lambanın ateşleme süresince flamanlar üzerinden geçen yol alma akımı ciddi yıpranmaya neden olur. Floresan lambaların ömürleri hesaplanırken 3 saatlik kullanım süresi baz alınır. Lamba için belirtilen 7500 saatlik kullanım süresi 2500 açma kapama için geçerlidir. Yakma periyodunun daha da uzatılması lambanın ömrünü ciddi oranda artırır. Floresan lambalar, yapılarına ve fosfor tuzlarına bağlı olarak sıcak beyaz, beyaz, soğuk beyaz, günışığı, soğuk günışığı gibi geniş bir renk yelpazesinde üretilir.

1.3.4. İndüksiyon Lambaları: İndüksiyon lambaları, indüksiyon bobininin civa buharında deşarj oluşumunu tetiklemesi sonucu ışık üretir. Lamba içinde geleneksel elektrot veya flaman yapısı olmadığı için lamba ömrü diğer tiplere göre daha uzundur. QL lambaların 60.000 saatlik çalışma ömürleri vardır ve çoğu zaman 100.000 saat ışık üretebilirler. İndüksiyon lambaları uzun ömürlü ve bakım giderleri de düşüktür. Lambanın iç çeperi floresan tozla kaplıdır.

Floresan lambalardaki renk serisine sahip olduğundan iç mekanlarda da kullanılabilir. İndüksiyon bobini 2,65 MHz frekansla çalışır ve diğer deşarj lambalarından farklı olarak flicker etkisi yoktur. Ayrıca yüksek çalışma frekansı sayesinde stroboskobik etki oluşturmaması ve uzun ömürlü olması sayesinde endüstriyel alanda kullanıma elverişlidir. İndüksiyon lambaları şebeke dalgalanmalarından etkilenmez. Lambaların



ışıksal verimleri 70 lm/W değerindedir ve bu değer bir çok tipe kıyasla oldukça yüksektir.

1.3.5. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar:

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların dış ampul kaplamaları ısısal şoklara dayanıklı olacak şekilde polikristalin alüminyum oksitten yapılır. Lambanın camı ovoid ya da saydam tüp şeklindedir.

Ovoid yapıdaki lambaların ışıklılıklarını düşürmek için lambanın iç çeperi toz ile kaplanır. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların deşarj tüpü ısıya dayanıklı yarısaydam alüminyum oksit camdan yapılır. Lambanın deşarj tüpü içinde sodyum-civa karışımı ve ksenon gazı bulunur. Tüp içindeki sodyum gazı ısımanın büyük bir kısmını gerçekleştirirken, kolay iyonize olma özelliğine sahip ksenon gazı ateşlemeyi kolaylaştırır.



olma özelliğine sahip ksenon gazı ateşlemeyi kolaylaştırır.

Tüp içindeki civa ise tüpün gaz basıncını ve lamba çalışma gerilimini düzenleyici rol

üstlenir. Lambanın elektrotları tungsten çubuk ve etrafı sarılı tungsten telden yapılır. Düşük güçteki lambalar tek başlatıcıya sahipken büyük güçtekilerin yardımcı başlatıcıları vardır. Lambanın ömrü 8.000-20.000 saat arasındadır. Işıksal verimleri 70-150 lm/W arasındadır. Işık tayfları düzgün ama sürekli değildir. Çalışırken ısınırlar. Işık veriminin % 90'ını 2-5 dakika arasında verir. Tekrar ateşleme için 2-5 dakikalık bir süre gerekir. Dimmer'lenebilme özelliğine sahiptir. Yatay pozisyonda çalışırlar. Harmonik üretmezler.

Kullanım alanları: Yol aydınlatması, platform ve araç parklarının aydınlatılması, sanayi alanlarının aydınlatılması, spor tesislerinin aydınlatılması ve binaların dış kısımlarının aydınlatması.

1.3.6. Yüksek Basıncılı Civa Buharlı Lambalar: Işığ, dolaylı ya da dolaysız olarak en çok civa buharının ışıınımı ile oluşmuş olan, yanma durumunda kısmi buhar basıncı 100.000 paskal üzerinde bulunan lamba türü yüksek basınçlı civa buharlı lambalar olarak tanımlanır. Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda gaz basıncının 100.000 paskal değerinden yüksek olması ve 1000 °C gibi yüksek sıcaklığa ulaşması nedeniyle deşarj tüpü kuvars camdan yapılır. Kuvars cam mor ötesi ve görünür ışınların bir kısmını yutan bir yapıya sahiptir. Deşarj tüpü yüksek sıcaklıklarda esnekliğini koruyan yay tertibatıyla desteklenmiştir. Ayrıca tüpün her iki ucunda da yardımcı ve ana elektrotlar ısıya dayanıklı molibdenen yapılmıştır. Deşarj tüpünün içinde damıtılmış civa ve az miktarda asal gaz bulunur. Ayrıca ampulün içinde oluşabilecek parlamaları ve oksitlenmeyi önlemek için argon ya da argon- azot karışımı gaz bulunur. Yüksek basınçlı civa buharlı lambalarda ana ve yardımcı elektrot olmak üzere 2 elektrot yapısı vardır. Yardımcı elektrot ateşlemeyi başlatırken ana elektrot da deşarjın devamlılığını sağlar. Lambanın çalıştırılmasıyla birlikte ana ve yardımcı elektrotlar arasındaki gaz iyonize olmaya başlar ve tüp içindeki gazın direncinin düşmesiyle deşarj başlar. Ateşleme için gerekli olan minimum şebeke gerilimi ortam sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Lambanın dış çeperini oluşturan koruyucu dış ampul soda-kireç ya da bor-silikat camdan imal edilir. Ayrıca yüksek basınçlı civa buharlı lambanın ışık tayfı belli dalga boylarında yoğunlaşmış (sarı, yeşil, mavi, mor) ve kırmızı ışığın üretilmediği bir yapıdadır. Bu yüzden lambanın renksel geriverimini düşürmek için dış ampulün iç kısmı fosfor tabakasıyla kaplanır. Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların ömürleri yaklaşık 20.000 saat, güçleri 50-1000W'tır. Işık akısı 1.800-58.500 lm dir. Renk sıcaklıkları 2.900-4.200 °K aralığındadır. Harmonik üretmezler. Karışık gazlı lambalarda ayrıca bir balasta ihtiyaç yoktur. Örneğin balastsız Civa buharlı lambalar (160-250-500 w) doğrudan elektrik devresine bağlanabilir.

Kullanım alanları: Kırsal kesim ve şehir alanlarının aydınlatılması, maden yatakları ve taş ocaklarının aydınlatılması, kamuya ait okul, tren istasyonu, resmi daireler gibi binaların aydınlatılması, çelik-kağıt fabrikalarının aydınlatılması ve dekoratif maksatlı projektör uygulamaları

1.3.7. Yüksek Basınçlı Metal Halide (Metalik Halojenürlü) Lambalar:

Işığın büyük bölümü, metal buharı ve halojenür karışımının ışıınımından oluşan yüksek yoğunlu boşalma ile sağlanır. Metalik halojenürlü lambaların boşalma tüpleri genelde saf kuvarstan imal edilir. Deşarj tüpünün içine belli oranda cıva, metal tuzları ile birlikte neon-argon veya kripton-argon karışımları konulur. Metalik halojenürlü lambaların deşarj tüpleri yanma konumları esas alınarak dört şekilde üretilir. Metal Halide lambalar elektrot yapılarına bağlı olarak farklılık gösterir. Elipsoit yapıda olan lambalarda yardımcı elektrot bulunmazken diğer tüm modellerde iki ana, bir yardımcı elektrot bulunur. Elektrot yapısı, tungsten çubuk ucuna sarılmış elektrot yayıcı madde emdirilmiş tungsten telden ibarettir.



Metalik halojenürlü lambalarda ampulün iç yüzeyi gerek renksel verimi yükseltmek gerekse ışık kaynağının ışıklılığını azaltmak amacıyla beyaz renkte ışık yayıcı fosforla kaplanabilir. Ampulün içine doldurulacak gazı deşarj

tüpünün içerisindeki gaz karışımı belirler. Deşarj tüpünün içine neon-argon karışımı kullanılırsa lamba içine neon gazı doldurulur. Deşarj tüpünün içine kripton-argon karışımı kullanılırsa lamba içine ya azot gazı doldurulur ya da havası tamamen boşaltılır. Metalik halojenürlü lambalar ateşleme için yüksek gerilime ihtiyaç duymaları nedeniyle ateşleyiciyle birlikte kullanılır. Lambaların rejime girmesi 3-5 dakika alır.

Işık veriminin % 90'ını 3-5 dakika arasında verir. Tekrar ateşleme için 5-15 dakikalık bir süre gerekir. HP1 ve HP1 T yapısındaki lambalar için tekrar ateşleme süresi 10-20 dakikadır. Bu modellerde duy yapısı nedeniyle sıcak ateşleme yapılamaz. MHD – LA ve SA gibi çift ayaklı metalik halojenürlü lamba modellerinde 35 – 50 kV'luk ateşleyiciyle birlikte kullanıldıkları için sıcak ateşleme yapılabilir. Sıcak ateşleme yapılması isteniyorsa ışık kaynağıyla birlikte kullanılan ekipmanın da ateşlemeye uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Metalik halojenürlü lambalar çalışma konumuna karşı oldukça hassastır. Çoğu lambanın kendine uygun yanma konumu mevcuttur ve yanlış kullanımda ışık renginin değişmesi ve ömrünün kısalması kaçınılmazdır. Genelde yatay pozisyonda çalıştırılır. Lamba ömrü elektrotlarının hızlı buharlaşması nedeniyle daha kısadır. Ömürleri 6.000 – 7.500 saattir. Sık açıp kapama lamba ömrünü olumsuz etkiler. Şebeke gerilimindeki değişimler ışık renginin değişmesinin yanında lamba ömründe de azalmalara neden olur. Işık tayfları düzgün fakat sürekli değildir. Renk sıcaklıkları 3000 – 5600 °K değerindedir. Işık akısı 19.000-200.000 lümen dir. Lamba aşırı güçte çalıştırıldığında ömrü kısalır. Düşük güçte ışığı mavileşir. Kaliteli bir ışık elde edilemez. Bu yüzden gerilim değişimi aşağıdaki değerleri aşmamalıdır.

Metal Halide ve yüksek basınçlı sodyum gazlı lambalarda %5. Yüksek basınçlı Cıva ve karışık gazlı lambalarda %10. İlgili Türk Standardı; TS EN60923/8.4.2004 – TS EN 61347-2-9/8.4.2004. Gün Işığı Metal Halide Lambalar; 6.000 °K Kelvin renk skalası ile gün ışığına çok yakın bir ışık verimliliği vardır.

Halojenlerle birlikte kullanılan prosyum elementi deşarj tüpün içinde bulunur. Gün ışığına çok yakın olmaları nedeniyle fotoğraf ve film aydınlatmada, spor gösterilerinde kullanılır. Stadyum ve televizyon stüdyoları aydınlatmasında ekonomi

sağlar. Nötral Beyaz Metal Halide Lambalar; ilave olarak cıva buharı içerir. Bu yüzden rengi açık beyazdır. Renk sıcaklığı 4.000 °K dir. Mavimsi beyaz ışık verir. Harmonik üretmezler.

Kullanım alanları: Mağaza, vitrin ve müze aydınlatmaları, dekoratif maksatlı iç mekan aydınlatması, tarihi eserlerin ve bina yüzeylerinin projektör uygulamaları, spor aktivitesi alanlarının aydınlatılması, liman ve inşaat alanlarının aydınlatılması, endüstriyel sergi alanlarının ve hipermarketlerin aydınlatılması, yüksekliği fazla olan ve üstü kısmen kapalı alanların aydınlatılması.

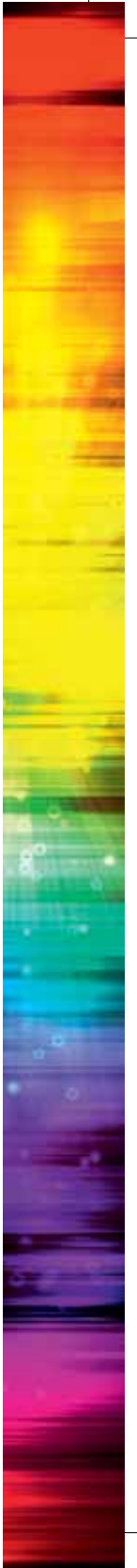
1.3.8. Işık Yayan Diyotlar (LED Aydınlatma):

Tasarımcılara geniş ve kolay kullanım imkanları sunan Ledler (light emitting diyodes) sahip oldukları birçok olumlu özellikten dolayı her geçen gün biraz daha geliştirilerek aydınlatma sektöründe yerini almıştır. Çok düşük enerji sarfiyatları, yüksek ışık verimliliği, minimal boyutları, geniş renk yelpazesi, farklı renk sıcaklıkları gibi bir çok özelliğiyle yakın bir zamanda geleneksel aydınlatma sistemlerini geride bırakacak oldukça



geniş uygulama alanına sahip olan bir teknolojidir. Nano saniyeler mertebesinde hızlı bir ışık çıkışına sahiptir. Şok ve titreşimlere dayanıklıdır. Cam, flaman gibi kırılğan elemanlar ihtiva etmez.

LED ampulleri doğru akım kullandığı için çalışmaları tamamiyla sessizdir. Çevrecidir; yapısında cıva gibi ağır metaller ve halojen gazları yoktur. Titreşimsiz yanma özelliğine sahiptirler. Isı vermeyen ışık (cold light) nedeniyle güvenli kullanım olanağı vardır. Işık yayan diyotlar, doğru yönde gerilim uygulandığı zaman ışıyan, diğer bir deyimle elektriksel enerjiyi ışık enerjisine dönüştüren özel katkı maddeli PN diyotlardır.



1.3.9. Lambaların Etkinlik ve Ömür Karşılaştırması

Lamba türü	Işık etkinliği (lm/W)	Ömür (Saat)
Akkor lamba	8 – 16	1.000
Halojen lamba	12 – 26	2.000 – 4.000
Floresan lamba	45 – 100	6.000 – 15.000
YB Civa Buharlı lamba	36 – 60	6.000 – 8.000
Metal Halide lamba	71 – 98	5.600 – 6.500
YB Sodyum Buharlı lamba	66 – 142	10.000 – 15.000
AB Sodyum Buharlı lamba	100 – 198	11.500 – 20.000

1.3.10. Aydınlatma Gereçlerinin Özelliklerinin Karşılaştırması

FLORESAN LAMBA	
Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Etkinlik faktörü büyüktür.	Anında ışık vermez. (Manyetik balastlı kullanımda).
İşletme gideri düşüktür.	Yardımcı araçlara gereksinim duyulur.
Fazla ısınmaz.	Kuruluş masrafı fazladır.
Kamaşma olmaz.	Bazı durumlarda gürültü çıkarır.
Çeşitli beyaz renk seçeneği sunar.	Stroboskopik etki göstermesine dikkat edilmelidir.
Ömrü oldukça uzundur.	
Gündüz ışığına yardımcı olarak kullanılabilir.	
Yüksek aydınlık elde etmeye elverişlidir.	

AKKOR FLAMANLI LAMBA

Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Bağlantısı kolaydır, doğrudan bağlanabilir.	Etkinlik faktörü düşüktür, verimli değildir.
Ucuzdur.	İşletme gideri yüksektir.
Boyutları küçüktür.	Ömrü kısadır.
Anında ışık verir.	Tek başına kullanıldığında kamaşmaya sebep olur.
Bölgesel aydınlatma için uygundur.	Fazla ısınır.
Ortam sıcaklığı ışık akışını etkilemez.	Işık rengi pembemsidir.
Az kullanılan yer için uygundur.	Yeşile dönük renkleri iyi göstermez.
Sıcak renk ışık istenen yerler için uygundur.	

YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBA

Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Etkinlik faktörü büyüktür.	Yanma süresi uzundur. (4-5 dakika sonra tam ışığını verir).
Ömrü uzundur.	Yardımcı araçlara gereksinim duyulur.
Sarsıntıya ve darbelere dayanıklıdır.	Kuruluş masrafı fazladır.
Her konumda yanabilir.	Kırmızıya dönük renkleri iyi göstermez.
Ateşleyiciye ihtiyaç duymaz.	
Isı değişimlerine ve gerilim yükselmelerine karşı dayanıklıdır.	
Verdiği ışığa karşın lamba boyutu büyük değildir.	
Kullanımı ucuzdur.	



METAL HALOJEN LAMBA

Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Etkinlik faktörü büyüktür.	Gerilim dalgalanmalarına karşı hassastır.
Ömrü uzundur.	Dimmerlenmeye uygun değildir.
En iyi renk ayırma yeteneğine sahip lambadır.	Kuruluş masrafı fazladır.
En beyaz ışığı verir.	

YÜKSEK BASINÇLI LAMBA

Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Yüksek ışık verir.	Genelde balast ve ateşleyici gibi ek yardımcıları ile birlikte kullanıldıklarından ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması.
Renksel geri verimi iyi olan türlerinin olması.	Yandıktan sonra tam ışık verimine ulaşmak ve söndükten sonra tekrar yanmak için belli bir süreye ihtiyaç duymaları.
Uzun ömürlü olmaları.	Şebeke gerilimindeki değişimlerden etkilenmeleri.
Bazılarının dimmer'lenebilir olması.	Saydam ampüllü türlerinin ışıklılığının yüksek olması.
Dip ve lamba türü açısından çeşitli seçeneklerinin olması.	Kimi türlerinin büyük oranda morüstü ışınım yayamlamaları.
Çoğunun hemen her konuda yanması sayılabilir.	Yanarken ısınmaları ve mekana ısı yükü getirmelerini saymak mümkündür.

SODYUM BUHARLI LAMBA

Olumlu yanları	Olumsuz yanları
Etkinlik faktörü en büyük ışık kaynağıdır.	Kuruluş masrafı fazladır.
Ömrü uzundur.	Renklerin ayırtedilmesine olanak vermez.
Kullanımı ucuzdur.	Rengi sarıdır.
Sisli havalarda iyi bir görüş sağlar.	

BÖLÜM 2:**ENDÜSTRİYEL AYDINLATMA**

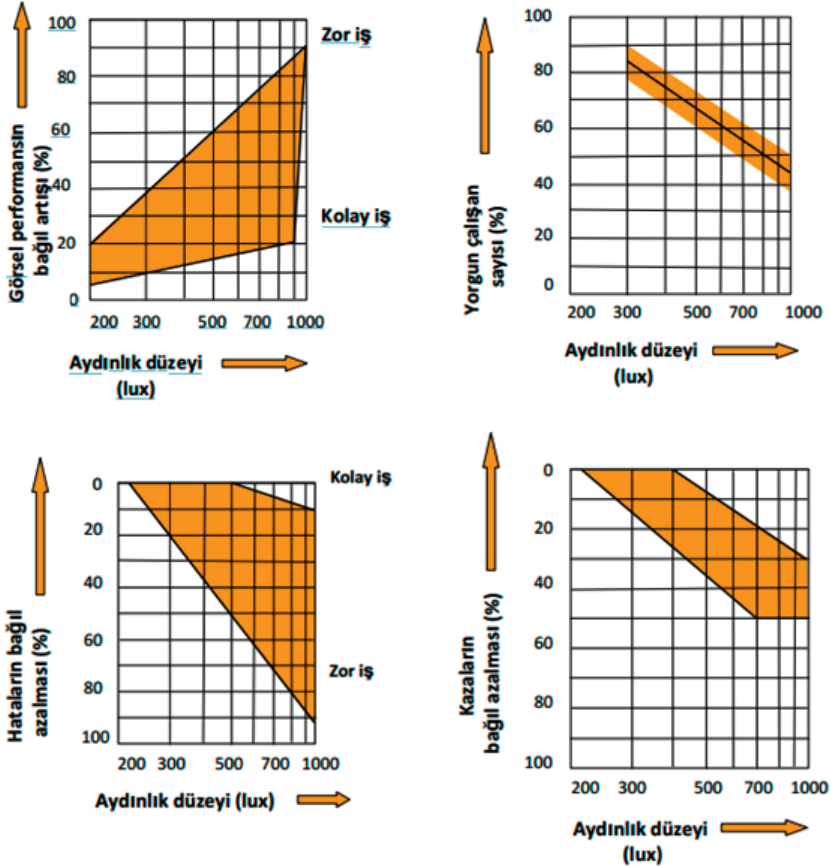
Aydınlatma; endüstriyel tesislerde iş güvenliğinin sağlanması, üretim hızının artırılması, imalat hatalarının düşürülmesi ve işçi sağlığının korunması gibi hususlara direkt olarak etki eden önemli bir unsurdur. Bunların yanında aydınlatma, çalışanları psikolojik olarak da etkilemektedir.

Kamaşma, göz yorgunluğu, yetersiz aydınlatma, ışığın titreşmesi (flicker efekti), kontrast farklılıkları gibi sorunlar çalışanların en çok şikayet ettiği çalışma şartı sorunlarının başında gelir. Bu yüzden, endüstriyel tesisler için aydınlatma sistemlerinin çalışma ortamına ve yapılan işin niteliğine göre özel olarak tasarlanmış olması gerekir.

İşyerlerinde aydınlatma iş verimini de çok büyük ölçüde etkilemektedir. Aydınlatma öncelikle, yapılan iş ve işlemlerde tüm detayın görülebilmesi için gereklidir. İş sağlığı ve güvenliği açısından ise aydınlatmanın işin uygulanan kalite standartlarının gerektirdiği şekilde yapılmasını ve hata oranlarının azaltılmasını sağlamasının yanında iş kazalarının önlenmesinde de büyük bir etkisi bulunmaktadır.



Aydınlatma şiddetine bağlı olarak işyerinde, verimlilik, çalışma konforu, kalite ve işgüvenliği değişkenlikleri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Görüldüğü gibi ışık şiddeti arttıkça tüm bu kriterler olumlu yönde değişmektedir.



Aydınlatma açısından uygun çalışma ortamı sağlanırken mümkün olduğu ölçüde gün ışığından faydalanılmalıdır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ilerleyen bölümlerde bahsedilen aydınlatma kriterlerine uygun bir yapay aydınlatma sistemi kurulmalıdır. Gün ışığı ve yapay aydınlatma sistemlerinin birlikte, dengeli olarak kullanılması uygulanabilirlik açısından en uygun çözümdür.

2.1. AYDINLATMA KRİTERLERİ

2.1.1. Aydınlatma Şiddeti: TS EN 12464 nolu “Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri” standarttında belirtilen işyerlerindeki bazı alanlarda ve işlerde gerekli aydınlatma şiddeti değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Aydınlatma Şiddeti (lüks)	
Koridorlar ve depolama alanları	100
Ofis çalışmaları	500
Yüzey hazırlama ve boyama	750
Montaj, kalite kontrol ve renk kontrolü	1000

2.1.2. Lüminesans: Lüminesans bir yüzey tarafından yansıyan ya da emilen ışık miktarıdır. Birimi Kandela (cd) / m²'dir. Duvarlar, mobilya ve diğer nesnelerde görünen ışık bu yüzeylerin yansıtma ve absorbe etme özelliğine bağlıdır. 300 lüks aydınlatma şiddetine sahip bir ofiste bulunan bazı nesnelerin lüminesans değerleri örnek teşkil etmesi için aşağıda verilmektedir;

Lüminesans Değerleri	
Cam yüzeyler	1000-4000 cd/m ²
Masa üzerindeki beyaz kağıt	70-80 cd/m ²
Masa yüzeyi	40-60 cd/m ²

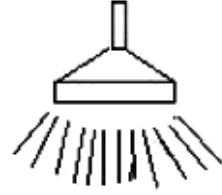
65 watt gücündeki floresan bir lambanın lüminesans değeri 10.000 cd / m²'dir.

2.1.3. Yansıtma Oranı (Reflectance): Farklı yüzeyler gelen ışığı farklı büyüklüklerde absorbe eder. Koyu renk bir yüzey açık renk bir yüzeye göre daha fazla ışık absorbe eder, yani daha az ışık yansıtır. Yansıtma oranı yansıyan ışığın gelen ışığa oranıdır. Aydınlanma dağılımında etkili olan yüzeylerin yansıma oranları TS EN 12464 nolu standartta verilmiştir.

Yansımalar oranları*	
Tavan	0,6-0,9
Duvarlar	0,3-0,8
Çalışma yüzeyleri	0,2-0,6
Zemin	0,1-0,5

* Yansımalar oranları hesaplanırken siyah rengin 0,1 ve beyaz rengin 1 yansımalar oranına sahip olduğu varsayılmıştır.

2.1.4. Doğrudan ve Dolaylı Aydınlatma (Direct – Indirect Lighting): Doğrudan aydınlatma bir yüzeyin bir kaynaktan düz bir hat üzerinde gelen ışık ışınları ile aydınlatılmasıdır.



Lamba ile çalışma yüzeyi arasında bir gereç bulunmaz. Aydınlatma aracı, ışığı dar ve geniş olarak yönlendirebilecek şekilde yapılmıştır. Atölye, depo, yol ve caddelerde kullanılır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim %75'tir.

Doğrudan aydınlatma lokal olarak yüksek lüminesans oluşturmakla birlikte ışığın geliş yönünde bulunan nesnelerin arkasında koyu gölgeler oluşturmaktadır.



Çok yüksek lüminesans gözde kamaşma yaratır, rahatsızlık vericidir. Doğrudan aydınlatma işyerlerinde sadece iki durumda tavsiye edilir: aydınlatma şiddeti "rölatif" kamaşma yaratmayacak kadar yüksek olması ya da yapılan işin gerektirmesi halinde. Doğrudan aydınlatma işyerlerinde özellikle kalite kontrol işleri gibi yüksek düzeyde görünürlük gerektiren işler için kullanılmaktadır.

Yarı doğrudan aydınlatma: Işığın bir bölümünün direkt olarak çalışma yüzeyine bir bölümünün çevreye dağılmasını sağlayan aydınlatma türüdür.

Büro, satış yerleri, koridor, merdiven ve konutlarda kullanılmaktadır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim %80'dir.



Dağıtılmış aydınlatma: Işığın aydınlatma aracından her yöne eşit olarak dağıtıldığı aydınlatma türüdür. Kamaşma olayının en az değerde olması nedeniyle uygulamada çok kullanılmaktadır. Bu aydınlatma araçlarındaki verim %80'dir.

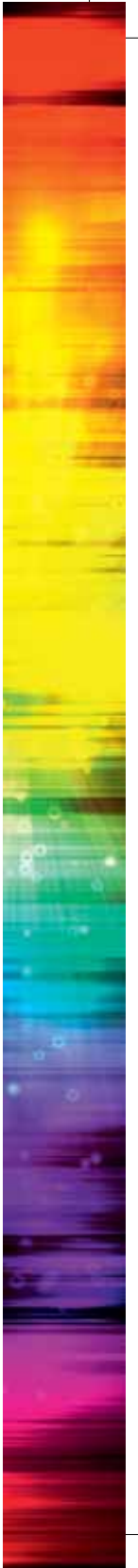
Dolaylı aydınlatma ışık akısının en az %90'nını tavana veya duvarlara dağıtan ve bu yüzeylerden geri yansıyan ışık ile aydınlatmadır.



Enerji verimliliği açısından duvarları ve tavanın açık renklere boyanmış olması gerekmektedir. Dolaylı aydınlatmada dağınık ışık oluşmakta ve gölgeler oluşmamaktadır. Genelde yüksek aydınlatma şiddeti yaratarak kamaşma riskini en aza indirir ancak ofislerdeki parlak duvar ve tavanlar ekranlar yüzeyinde yansımaya neden olarak "rölatif" kamaşma oluşturabilir. İşyerindeki kapalı ortamlarda doğrudan ve dolaylı ışığın iyi dengelenmiş olması gerekmektedir.

2.1.5. Göz Kamaşması: Göz kamaşması doğrudan (dolaysız) veya yansıyarak (dolaylı) gelen ışıktan kaynaklanabilir. Dolaysız göz kamaşması (glare) ışık kaynağına direkt bakıldığında oluşur ve yapılan görsel çalışma önemli ölçüde olumsuz olarak etkilenir.

Dolaylı göz kamaşması (flicker) çok güçlü yansıtıcı yüzeylerden ışığın yansması sonucu oluşur ve yapılan işi olumsuz etkiler.



Bu nedenle işyerlerinde göz kamaşmasına neden olacak durumlar azaltılmalıdır. Göz kamaşmasını önlemek için ışık kaynağının önüne perdeleme düzenekleri yerleştirilebilir.

2.1.6. Işığın Renk Sıcaklığı (Colour Appearance): Işığın renk sıcaklığı, bir ışık kaynağından yayılan görünür ışıktır. Işığın renk sıcaklığı sıcak, orta ve soğuk olarak üçe ayrılmaktadır. TS EN 12464 nolu standartta ışığın rengi, rengin sıcaklığı ile tanımlanmıştır.

2.1.7. Renk Yansıtma (Colour Rendering): Bir lambanın renk yansıtma indeksi çevrenin, nesnelerin ve insan derisinin ne kadar doğal ve doğru bir şekilde betimlendiğini göstermektedir. Renk yansıtma indeksinin mümkün olan en yüksek değeri 100'dür ve renk yansıtma kalitesi azaldıkça azalmaktadır.

2.1.8. Gün Işığı (Daylight): İşyerlerinde gün ışığından mümkün olduğu ölçüde faydalanmak gerekmektedir. Gün ışığının insanlar üzerinde birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Bir neden, yapay aydınlatmaya göre daha fazla aydınlatma şiddetine ulaşılmasıdır. Güneşli bir günde açık havada aydınlatma şiddeti 100.000 lüks, gölgede ise 10.000 lüks olmaktadır. Yapay aydınlatma ile ise işyerlerinde genellikle 500 lüks civarı aydınlatma şiddetine ulaşılmaktadır. Gün ışığı yapay aydınlatmaya göre daha iyi renk yansıtmaya sahiptir.

Gün ışığının seviyesi ve tayfsal kompozisyonu da gün içinde değiştiğinden bu dinamik yapının çalışanları canlandırıcı bir etkisi vardır. Ayrıca gün ışığından kaynaklanan doğrudan göz kamaşması yapay ışığa göre daha az rahatsız edicidir. Ancak gün ışığının tüm işyerlerinde ve tüm zamanlarda yeterli miktarda olmaması nedeniyle işyerlerindeki aydınlatmanın uygun olarak seçilmiş yapay ışık ile desteklenmesi gerekmektedir.

İşyerlerinde aydınlatmanın uygun bir şekilde sağlanıp

sağlanmadığının belirlenmesi için aşağıdaki parametreler göz önüne alınmalıdır;

- Çalışma alanındaki aydınlatma şiddeti seviyesi,
- Çalışma alanında bulunan parlak yüzeylerin dağılımı,
- İş ekipmanlarının ve çalışan nesnelerin büyüklüğü,
- İşyeri ortamında bulunan nesnelerden ışığın ne kadar yansıdığı,
- İşyerindeki nesneler ve çevresindeki alan/arka plan arasındaki kontrast oranı,
- Çalışma ortamında görülmesi gereken nesnelerin ne kadar zamanda fark edildiği,
- Çalışanın yaşı.

Çalışanın yaşı uygun aydınlatma şiddeti seviyesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Standartlarda bahsedilen değerler genç çalışanlar üzerinden belirlenmiştir. Buna göre 20-25 yaş arasındaki çalışanın ihtiyaç duyduğu aydınlatma şiddeti çarpanını 1 kabul edersek; 40-50 yaş için 1,2
51-65 yaş için 1,6
65 yaş üzeri için 2,7 kabul edilir.

Örneğin yapılan işe göre standartta verilen aydınlatma şiddeti 200 lüks ise bu değer 40-50 yaş arası çalışanlar söz konusu olduğunda 240 lüks olmalıdır.

2.2. İŞYERİNDE AYDINLATMA VE İŞ KAZALARI

Aydınlatma şiddeti ve işyerindeki dağılımının çalışanın görsel bir işi ne kadar hızlı, güvenli ve rahat algılayıp gerçekleştirdiğinde büyük bir etkisi vardır. Aydınlatma şiddeti arttıkça yapılan işin ince detaylarının fark edilmesi o kadar kolay olmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar, yüksek aydınlatma şiddetinin konsantrasyon ve motivasyonunun artmasına ve bunun çalışanın performansının %50 oranında artmasına sebep olduğunu göstermektedir. Çalışanın hata yapma oranı azaldığı için, yüksek aydınlatma şiddeti olan işyerlerinde iş kazaları da azalmaktadır. İş kazalarının büyük bir oranı aydınlatma şiddetinin 200 lüksten az olduğu

işyerlerinde gerçekleşmektedir. Amerikan Ulusal Güvenlik Konseyi'nin raporuna göre kötü aydınlatma tüm iş kazalarının %5'inin sebebidir ve bu oran kötü aydınlatmadan kaynaklanan göz yorgunluğu ile birlikte değerlendirildiğinde iş kazalarının %20'sine ulaşmaktadır. 1950'lerde Amerika'da ağır sanayi endüstrisinde bir fabrikada aydınlatma alanında yapılan iyileştirme çalışmaları, iş kazaları ve aydınlatma arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu çalışmada fabrikadaki montaj hattında aydınlatma şiddetinin 200 lükse yükseltilmesinden sonra kaza oranında %32'lik bir düşüş sağlanmıştır. Bir sonraki adım olarak kontrastı azaltmak ve daha dengeli bir aydınlatma sağlamak için duvarlar ve tavan açık renge boyanmıştır. Bunun sonucunda kaza oranında ek olarak %16,5'luk bir azalma gözlenmiştir. Benzer çalışmalar İngiltere ve Fransa'da yapılmış ve özellikle tersaneler, döküm sanayi, büyük montaj hatları ve atölyelerde iş kazalarında büyük azalma gözlenmiştir.

2.3. İŞYERİNDE AYDINLATMA VE VERİMLİLİK

İşyerlerinde aydınlatmada yapılan iyileştirmelerden sonra verimliliğin arttığına dair birçok çalışma bulunmaktadır. Bu artış, işin görsel açıdan daha hızlı yapılması şeklinde olan direkt etki ve göz yorgunluğun azaltılması şeklinde olan dolaylı etkiden kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışmada başlangıçta 100 lüksten az aydınlatma şiddetine sahip 15 işyerinde aydınlatma şiddetindeki artış sonucunda verimlilikte %4 - %35 oranında artış gözlenmiştir. Amerika'da pamuk eğirme fabrikasında yapılan başka bir çalışmada ise aydınlatma şiddeti 170 lüksten 340 lükse çıkarıldığında üretim %5 oranında artmış ve aynı zamanda hatalı üretim çok büyük ölçüde azalmıştır. Sonuç olarak toplam maliyet %27,5 oranında azalmıştır. Bu sonuçlar yönetimi aydınlatma alanında daha fazla iyileştirmeye sevk ederek aydınlatma şiddeti 750 lükse çıkarılmıştır. Bunun sonucunda ise üretim başlangıç değerine göre %10,5 artmış ve hatalı ürünlerden kaynaklanan maliyet %40 oranında azalmıştır. Aydınlatma şiddeti ve verimlilik bir noktaya kadar doğru orantılı olmakla beraber 1000 lüksün üzerindeki aydınlatmalarda yansımalar, koyu gölgeler aşırı

kontrast ve göz kamaşması oluşumu nedeniyle bu değerin üzerindeki aydınlatma şiddetinin olumsuz etkilere sebep olduğu bilinmektedir. Çalışanların en çok tercih ettiği aydınlatma şiddeti değeri 400-850 lüks arasındadır. Benzer çalışmalar İngiltere, Fransa, Almanya ve diğer başka ülkelerde yapılmıştır. Aydınlatma şiddetinde artış sonucunda verimlilikte artma, hatalı ürünlerde ve iş kazalarında azalma görülmüştür.

2.4. ENDÜSTRİ TİPLERİNE GÖRE AYDINLATMA ÖZELLİKLERİ

İş yerinin niteliğine göre aydınlatma kriterleri de değişebilmektedir.

2.4.1. Gıda Tesisleri: Bu tip tesislerde gıda veya gıdayla birebir temasta bulunacak ürünlerin üretildiği alanlarda “Gıda Yönetmeliği”ne uygun armatürler kullanılmalıdır. Bu yönetmeliğe göre, armatürün komponentlerinin ya da armatür içinde birikecek toz gibi maddelerin gıda ile temasını engelleyecek şekilde tasarlanmış (IP54,IP65), olası darbe sonucu düşebilecek veya kırılabilir cam veya ampul parçaları için özel korunma sağlanmış olması gerekir. Bunun için de eğer armatür camlı bir armatür ise, cam kırıldığında en ufak bir cam parçasının bile yere düşmeyecek şekilde tasarlanmış olması gerekir. Armatürlerin IP seviyesi düşük ise ampulleri gıda yönetmeliğine uygun ekstra korumalı ampul tipleri seçilmelidir.

2.4.2. İlaç Tesisleri: İlaç tesisleri de gıda tesislerine benzer şekilde koruma sınıfı yüksek (IP54) steril oda armatürleri kullanılması gereken tesislerdir. Laboratuvar gibi diğer fabrikalarda da olabilecek alanlar yine aynı özellikleri sağlayacak şekilde aydınlatılmalıdır.

2.4.3. Tekstil Tesisleri: Tekstil tesisleri genellikle hat şeklinde üretim yapan tesislerdir. Hatlar üzerinde istenen yüksek aydınlatma seviyelerini sağlamak ve aydınlatmayı etkin kullanmak amacıyla armatürler düşük yüksekliklerde kullanılır.

Eğer tesis yüksek tavanlı bir tesis ise, genel aydınlatma tavandan yapılır, hatlar istenen ışık seviyelerine göre ayrıca aydınlatılır. Bu tip hat üzerinde kullanılan armatürlerin, hat üzerindeki aydınlatmayı homojen olarak sağlaması amacıyla lineer aydınlatma sistemleri kullanılmalıdır. Lineer olmayan sistemlerde aydınlatma seviyesi farklılıkları çalışanların gözlerini yoracak, oluşan kontrast farkları ise üretim ve kontrol hatalarına neden olacaktır. Armatürlerin optik dizaynları ışığı en verimli olarak hat üzerinde yoğunlaştıracak şekilde yapılmış olmalıdır. Ayrıca tekstil tesislerinde uçuşan kumaş tozları yangın riskini de arttırmaktadır. Bu sebeple armatürlerin duylarıyla bu tozların temasının kesilmesi amacıyla ya etanj duylu armatürler tercih edilmeli ya da armatürlerin koruma sınıfları yüksek seçilmelidir.

2.4.4. Kağıt Tesisleri: Kağıt tesisleri ortamdaki nemin ve yangın riskinin yüksek olduğu tesislerdir. Bu sebeple bu tesislerde de koruma sınıfı yüksek (IP65) armatürler kullanmak uygun olacaktır.

2.4.5. Parlayıcı ve Patlayıcı Ortamlar: Bu tip tesislerde ATEX sertifikalı EXPROOF özellikte ürünler kullanılmalıdır.

2.4.6. Depolar: Depolar rafli veya rafsız olmak üzere hemen hemen her tesisin içinde yer alan alanlardır. Bu alanlarda eğer raf yok ise genel aydınlatma kriterlerine göre, eğer raf var ise raf arası için optik tasarımı özel olarak yapılmış armatürler kullanılmalıdır. Kullanılan armatürleri sensörler yardımıyla kontrol etmek büyük oranda tasarruf sağlayacaktır.

2.4.7. Soğuk Depolar: Standart floresan ampullerin lümen değerleri düşük sıcaklıklarda ciddi oranda düşer. Dolayısıyla bu tip tesislerde ya enerji sarfiyatı yüksek metal halide, civa buharlı ürünler kullanılmalı ya da enerji tasarrufu adına soğuk ortamlar için üretilmiş floresan ampullerin kullanıldığı özel tasarımı armatürler kullanılmalıdır. Işık verimi açısından soğuktan etkilenmemeleri sebebiyle LED'li ürünler de bu tip

uygulamalarda (belirli sıcaklık değerlerine kadar) kullanılabilir.

2.4.8. Yüksek Sıcaklıklı Ortamlar: Sıcaklığın yüksek olduğu tesislerde, hem floresan ampullerin lümenleri büyük oranda düşer, hem de balast ömürleri ciddi derecede azalır. Bu sebeple yine soğuk depolarda olduğu gibi ya enerji sarfiyatı yüksek metal halide veya civa buharlı armatürler kullanılmalı ya da enerji tasarrufu adına bu tip tesisler için üretilmiş, özel ampullü, özel balastlı ürünler kullanılmalıdır. Sıcaklığın yüksek olduğu tesislerde kesinlikle LED aydınlatma yapılmamalıdır.

2.4.9. Finisyon Hatları: Özellikle otomotiv, otomotiv yan sanayi, beyaz eşya, cam ve porselen tesisleri gibi çıkan ürünlerin son kontrollerinin yapıldığı alanlarda kullanılan armatürlerin optik tasarımı son kontrol hatlarına özel olarak dizayn edilmiş, kamaşma kontrolü iyi yapılmış (anti-glare) armatürler kullanılması gerekmektedir.

Aydınlatma, sektörden sektöre farklılık göstermekle beraber endüstriyel tesislerdeki enerji sarfiyatının ortalama yüzde 10'unu oluşturmaktadır. Bu değer yüzde olarak küçük görünse de, tesisteki enerji sarfiyatının yüksekliği göz önüne alındığında çok büyük rakamlara tekabül etmektedir. Dolayısıyla enerji tasarrufu endüstriyel tesislerin aydınlatması konusunda en çok dikkat edilmesi gereken konulardan biridir. Çünkü aydınlatma, bir endüstriyel tesiste enerji tasarrufu sağlamak için atılabilecek en önemli, sistemsel olarak en kolay ve amortisman süresi olarak en çabuk adımlardan biridir. Bu yüzden seçilen aydınlatma sistemlerinin en tasarruflu ve en verimli sistemler olmasına dikkat etmek gerekir. Aydınlatma otomasyonu kullanımının en rahat ve uygulanabilir olduğu tesislerin başında yine endüstriyel tesisler gelir. Birçok tesis gün ışığından faydalanmakta, ancak ışık yetersizliğinden dolayı bütün armatürlerini çalıştırmak zorunda kalmaktadır. Bu yüzden gün ışığından maksimum düzeyde faydalanabilmek için bu tür tesislerde aydınlatma otomasyonu kullanmak enerji tasarrufu açısından elzem bir konudur. Armatürlerin



adreslenebilme özelliği sayesinde aydınlatma otomasyonu ile tesisin birçok bölüme ayrılabilir, içerideki aydınlık seviyesi istenen değerlere göre dim edilebilir (kısılabılır veya açılabilir).

Endüstriyel Tesislerde aydınlatma şiddet değerleri aşağıdaki çizelgede farklı tesisler için verilmiştir.

Döküm sanayi

Çekirdek ve kalıp yapımı	700-300 lüks
Mulajların dökümü ve ayrılması	400-200 lüks
Yoklama-kontrol	200-500 lüks

Kağıt sanayi

Öğütme, yoğurma, silindirme	300-150 lüks
Kağıt makinesi (ıslak yan)	600-300 lüks
Kağıt makinesi (kuru yan), kontrol	800-400 lüks

Giyim sanayi

Açık renk kumaş denetim	1500-3000 lüks
Koyu renk kumaş denetim	2500-5000 lüks
Açık renk kumaş kesim	500-1000 lüks
Koyu renk kumaş kesim	1000-2000 lüks
Açık renk kumaş dikim	750-1500 lüks
Koyu renk kumaş dikim	1500-3000 lüks
Boyama genel	200-400 lüks
Noyama renk ayırım	1500-3000 lüks
Ütüleme	750-1500 lüks

Konserve sanayi

Firelerin ayrılması	200-400 lüks
Temizleme, yıkama	200-400 lüks
Renk ayırması (kesme mahalli)	1000-2000 lüks
Kesme ve katı kısımların ayrılması	300-600 lüks
Kurutma	300-600 lüks
Dolu kutuların yoklanması (örnek alma)	1000-2000 lüks
Kutular üzerinde çalışma yoklama-kontrol	1000-2000 lüks

Tekstil fabrikaları

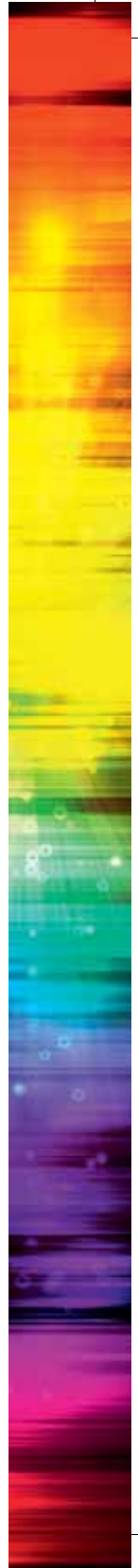
Pamuk açma	200-100 lüks
Pamuk tarama	400-200 lüks
Pamuk haddeleme	400-800 lüks
Hareketli parçalar	3000-1500 lüks
İpek ve sentetik kumaşlar	100-200 lüks
Koyu renkli kumaşlar	750-1500 lüks
Dokuma	800-400 lüks
Yünlerin açılması	200-100 lüks

Yün denetleme	800-400 lüks
Yün tarama	400-200 lüks
Haddehane beyaz	400-200 lüks
Haddehane renkli	800-400 lüks
Dokuma beyaz	800-400 lüks
Dokuma renkli	1500-750 lüks
Otomobil fabrikaları	
Şasi montaj hatları	400-200 lüks
Montaj hatları	800-400 lüks
Döşeme hatları	800-300 lüks
Genel birleştirme	800-400 lüks
Test ve denetleme	1500-750 lüks
Depolar	
Mağaza depoları	25-50 lüks
Fabrika depoları	50-100 lüks
Boya fabrikası	
Genel aydınlatma	300-150 lüks
Laboratuvar ve test mekanları	2000-1000 lüks
Seramik sanayi	
Öğütme	200-100 lüks
Form verme	300-150 lüks
Renklendirme	800-400 lüks
İnce detaylar	1500-750 lüks
Kimya sanayi	
Elle yapılan işler	300-150 lüks
Üretim hatları	300-150 lüks
Nitrasyon ve elektroliz grupları	300-150 lüks

BÖLÜM 3: OFİS AYDINLATMASI

Ofis aydınlatması ya da işyeri ışıklandırma düzeni, hem sağlık hem de çalışma verimliği açılarından üzerinde durulması gereken konulardır. İşyerinin her şeyden önce personelin huzurlu çalışmasına olanak verecek bir atmosfere sahip olması herkes tarafından kabul edilmiş bir gerçektir.

Aydınlatma tekniği, bu açıdan sadece göz sağlığı için değil ruhsal denge ve huzur için de düşünülmesi gereken bir kavramdır.



Genelde aydınlatma ve ışıklandırma sistemlerinde dekoratif unsurlar dikkate alınır. Oysa sağlıklı bir ofis aydınlatması, dekoratif kaygılardan önce, modern ofis kurulumu sistemlerine uygun işlevsel yapıda olmalıdır. Ofislerde ışığın homojen (belirli alanlara yoğunlaşmayan, eşit alan yayılımı olan) dağılımının sağlanması çok önemlidir. Örneğin aydınlatma uzmanlarının bu konudaki teknik önerilerinden biri, genel aydınlatma ortamının, çalışma yüzeyinin (örneğin bilgisayar monitörünün) parlaklığı ile bakılan nesnenin parlaklığının en az üçte biri oranında olmasına özen gösterilmesidir. Ayrıca işyeri ortamlarında genel ışıklandırma veren sistemlerin kullanılması da bir başka önerilen noktadır. Genel aydınlatmanın yetmediği ya da farklı lokal ışıklandırma sistemleri ihtiyacı olan alanlarda ise halojen lambalar ve spot ışıklandırma gibi noktasal ve direkt ışık veren çözümlerin uygulanması ideal olarak kabul edilebilir. Yalnız bunda da aşırıya gidilmemesi, sadece özel vurgulama ve çalışma yapılan lokal alanlarda kullanılması önerilmektedir. Genel aydınlatma açısından ise çoklukla floresan, özellikle de kompakt floresanlı armatürlerin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

Temel olarak tüm mekanlar için en sağlıklı aydınlatma gün ışığından elde edilir. Gerçek ışık kaynağımız olan güneşten ofis ortamlarında mümkün olduğunca istifade etmek gereklidir. Ofis kurulumu aşamasında güneşli ortamların değerlendirilmesi bu anlamda çok önemlidir. Özellikle iş hacminin yoğun olduğu kış aylarında, kısa ve kapalı, yağmurlu günler nedeniyle kısıtlı güneş ışığı alma olanağı bir handikaptır, bunun için ofis içi yerleşim ve çalışma odalarının güneş alma konumlarına göre düzenlenmesi önemli bir koşuldur. Bunu maksimum ölçüde sağlayacak cam sistemleri ve panjur donanımlarının seçimi de önemlidir. Personelin yoğun olarak bulunduğu lokal bölgelerdeki ofis içi düzenlemenin (örneğin masa düzeni), tüm ofis yerleşiminde en çok güneş alan cephelerde kurulması bu anlamda sağlıklı bir önlem olacaktır. En azından güneş

ışığı sadece doğal bir aydınlatma sağlamakla kalmayacak, huzurlu ve sıcak bir ofis atmosferini daimi kılacaktır. Çalışma birimlerinde özellikle masa başı çalışmada genelde kabul edilen yaklaşım, gün ışığının soldan alınması olarak önerilmesidir. Şayet gün ışığı yoksa ya da bir başka ışık kaynağına ihtiyaç duyuracak ölçüde yetersizse (özellikle gece çalışması yapılıyorsa) yine soldan aydınlatma yapılması uygun olmaktadır. Bu beynin görme anatomisi ile ilgili bir konudur.

Benzer şekilde kaynağın önde ve arkada olması halinde de göz zorlanması, parlama ve netlik kaybı ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte ofis ve masa aydınlatması için farklı çözümlere başvuruluyorsa (örneğin tavan aydınlatması gibi) parlaltı oranı düşük, ışıklı tavan çözümleri uygulanabilir. Bu konuda yine prizmatik kapaklı büyük yüzeyli armatürler ve petekli, aynalı, reflektörlü armatürlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Ön kısmı camlı ve reflektörlü armatörler yanında, ışık kaynağının parlama veya kamaşma yaratmaması için görme hizasında daha içe çekilmiş ve kamaşmayı ortadan kaldıran özel ışık kırıcılı armatürler kullanılması da öneriler arasındadır. Buna ek olarak bilgisayarlar artık ofis ortamlarının vazgeçilmez unsurları olması nedeniyle, sağlıklı olmayan bir aydınlatma sistemi yüzünden, gözlerin odaklandığı monitör ekranlarından yansıyan ışık ve yansımalar, sadece parlama ve kamaşma değil, göz sağlığını olumsuz etkileyen durumlar yaratmaktadır. Bunu önlemenin yolu da doğru aydınlatma armatürleri kullanmak, bu armatürleri ofis içine uygun yerleşimini sağlamaktan geçmektedir. Buna eklenecek bir önlem daha ise, parlama ve kamaşmayı en aza indiren düz ekran flat monitör sistemlerini tercih etme ve özellikle göz sağlığını koruyan sıvı ekranlı LCD monitör (Ya da ışığı emen filtreli monitörler) çözümleri olarak sıralanabilir.

3.1. Alan: Ofislerde bulunan alanların metrekaresine göre aydınlatma aracı seçilmesi gerekir ve seçilen aydınlatma kaynağının ofisin her yerini aydınlatacak şekilde yerleştirilmesi esas alınmalıdır. Ofiste aydınlatma öğeleri yerleştirilirken



ana ışık kaynağı, tavan çerçevesi etrafına spotlarla yerleştirilebilirken aynı zamanda ana ışık kaynağına ek masalar etrafına aydınlatmalar da yerleştirilebilmektedir. Bu anlamda ışığın gücünün, renginin ve şiddetinin de alana bağlı olarak seçilmesi gerekmektedir.

3.2. Işığın Gücü: Ofis ortamlarında çalışanların birlikte çalıştıkları bir alan varsa kuvvetli aydınlatma öğeleri seçilmelidir. Koridorlar daha dinlendirici ve az ışık gücüne sahip seçilebilecekken, toplantı odaları da dikkat toplamanın kolaylaştırıldığı ve konsantre olunabilecek güçte aydınlatma öğeleriyle dekore edilmelidir.

3.3. Işığın Rengi: Ofis ortamlarında uzmanlar tarafından genellikle sarı ışık tavsiye edilmektedir. Gün ışığına yakın olan bu yapay ışıklandırma sayesinde, çalışanlar kendilerini doğal ortamlarında hissedecek ve gözlerini yormadan kolaylıkla çalışabileceklerdir. Beyaz ışık ofis ortamlarında daha çok depo, banyo gibi alanlarda kullanılabilir.

3.3. Işığın Şiddeti: Ofis ortamlarında kullanılan ışığın şiddeti kullanım yerine göre farklılık göstermektedir. İdeal olarak firma standartlarına göre seçilecek aydınlatma öğesinin ışık şiddetleri;

- Ofislerde bulunan bekleme salonu için 300 lux
- Ofislerin çalışma alanları için 750 lux
- Toplantı odaları 500 lux değerlerine sahip olmalıdır.

3.4. Isınma: Ofislerde birden fazla çalışanın olduğu büyük odalar var ise seçilecek aydınlatma elemanlarının ısınmaları fazla olmamalıdır. Ofislerde günün yarısından fazla aydınlatmayı sağlayacak olan ışık kaynaklarının devamlı açık olacağı düşünüldüğünde kalabalık alanlarda ısı artarak bir hararete ve olumsuz bir çalışma alanına neden olabilir.

3.5. Dekorasyon: Ofiste aydınlatma öğelerinin belirlenmesinde

ofisin dekorasyonu ve bu dekorasyonda kullanılan renklerin de oldukça büyük önemi vardır. Yalnızda uygun aydınlatma ögesini seçmek ofisinizi doğru aydınlatmakta yeterli olmayacaktır. Ofis ortamında aydınlamayı etkileyen faktörler arasında duvar, tavan ve zemin renklerinin seçimleri de vardır. Aydınlığı sağlamak için ışığı yansıtma oranları şu şekildedir:

- Siyah renk ışığı 0,05 oranında
- Koyu kırmızı renk ışığı 0,10 oranında
- Orta gri renk ışığı 0,20 oranında
- Açık kahverengi renk ışığı 0,30 oranında
- Açık gri renk ışığı 0,40 oranında
- Gök mavisi rengi ışığı 0,40 oranında
- Pembe, açık yeşil renkleri ışığı 0,45 oranında
- Açık sarı renk ışığı 0,70 oranında
- Beyaz renk ışığı 0,80 oranında yansıtmaktadır.

Koyu renklerin kullanıldığı bir ofisi, açık renklerin hâkim olduğu bir ofis ile aynı seviyede aydınlatabilmek için daha güçlü aydınlatma elemanlarının tercih edilmesi gerekmektedir.

3.6. Psikoloji: Ofis aydınlatmalarında özellikle dikkat edilmesi gereken bir diğer ayrıntı ışığın çalışanlar üzerindeki etkisidir. Çalışma ortamında ışığın varlığı ve aydınlık bir ofis ortamının sağlanması ile çalışanlar motive olurlar ve daha verimli çalışırlar. Karanlık, buğulu bir ofis ortamında günün çoğunu masa başında oturarak geçiren çalışanların yeterli aydınlatma kaynağına sahip olmaması gerginliklere sebep olabilir ve uyku getirici bir faktör olabilir. Haliyle ofis aydınlatmaları seçimi işlerin aksamadan yürümesi ve güçlü işler çıkarmak açısından son derece önemlidir. Çalışanların performansını arttıracak ofis aydınlatmaları seçilmelidir.

3.7. Tasarruf: Ofislerde sürekli olarak aydınlatmalar açık olacağından aydınlatma tasarlanırken, verimli ampüler seçilerek ve çeşitli seviyelerde otomasyonla tasarruf sağlanabilir. LED aydınlatmalar birim harcama başına daha



fazla aydınlatma değerleri ile enerji tasarrufu sağlayarak hem olması gereken aydınlatmayı sağlar, karanlık bir ofis ortamına mahal vermez hem de ofis giderlerinde tasarruf sağlamana yardımcı olur. Giderek daha iyiye ulaşan LED teknolojisi, enerji tasarruflu lambalar ve aydınlatma gereçleri ile gerek gün ışığına ve zamana göre, gerekse kullanıcı ihtiyacına göre kontrolünü sağlayan aydınlatma sistemlerine sahiptir. Halojen, floresan ya da kompakt floresan lambaların eco tipleri ve LED aydınlatma alternatifleri bulunmaktadır.

BÖLÜM 4. AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ

Artan enerji maliyetleri ve küresel ısınmanın etkileri, gerek toplumu gerek şletmeleri enerji tüketimi konusunda daha bilinęli hareket etmeye zorlamaktadır. Buna paralel olarak enerji tasarrufu konusunda daha organize hareket edilmesi, standartların oluşturulması ve teşviklerin sağlanması için LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ve BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) gibi çeşitli uluslararası sertifika programları geliştirilmiştir. Bu tip oluşumların temel çıkış noktası dünyada var olan enerji kaynaklarını daha verimli kullanmaktır. Endüstriyel şletmelerde aydınlatmaya harcanan enerji toplam elektrik enerjisinin %10'unu, ticari binalarda ise %40'ını oluşturabilmektedir.

Günümüzde aydınlatma için harcanan enerji miktarının düşürülmesi şletmelerin en önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Tasarruf için çözümlerden biri mevcut altyapıyı enerji verimli armatür ve lambalar (LED, flüoresans gibi) ile değiştirmek olsa da en önemli ölçüt ışık kaynaklarının daha verimli kullanılmasıdır. Kontrol ekipmanlarıyla %80'e varan oranında enerjiden tasarruf sağlanabilir.

Aydınlatma cihazlarının tesislerde yaygınlığı, günün her anında

ihtiyaç duyulabilme olasılığının yüksek olması ve herkes tarafından kullanılması aydınlatma kontrolünün önemini artırmaktadır. Aydınlatma, kullanım yoğunluğu ve kullanıcı çokluğu gibi sebeplerle takip edilmesi son derece gerekli fakat hakim olunması oldukça zor olan bir enerji tüketim kalemidir. Aydınlatmanın kontrolü de en az verimli ürün kullanımı kadar önemlidir. Bu tür kontrollerin yanlış çalışması elbette ki konfor sorunları yaratabilir ve ciddi şikâyetlere sebep olabilir. Bu sebeple doğru çözüm ve ürünlerin uygulanması da ayrıca önem arz etmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle aydınlatma her saha alanında kontrol edilebilir ve izlenebilir hale gelmektedir.

Aydınlatma kontrolü şu temeller üzerine kurulmaktadır,

1. Meşguliyeğe bağlı kontrol,
 2. Zamana bağlı kontrol
 3. Gün ışığına bağlı kontrol,
 4. Karma (Meşguliyet, zaman ve gün ışığına bağlı) kontrol
- Karma kontrolde ilk üç kontrolün değişik kombinasyonları kullanılmaktadır.

4.1. MEŞGULİYETE BAĞLI KONTROL:

Tesisin neresinde, ne zaman aydınlatmaya ihtiyaç duyulacağının bilinmemesi halinde meşguliyeti algılayacak teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Meşguliyeti anlamının en yaygın metodu hareket algılayıcı sensörlerin kullanılmasıdır. Bu teknoloji hem en uygun hem de en ucuz teknolojidir. Bu sensörler etki alanında olan bir hareket sonucunda, bünyelerinde ya da ayrı olarak bulunan bir röleyi enerjilendirirler, hareket devam ettiği sürece röle enerji yüklü bir biçimde devresinde bulunan aydınlatma ünitelerini çalışır şekilde tutar. Hareket kesildiğinde önceden belirlenmiş olan süre boyunca beklerler buna gecikme zamanı denir. Eğer bu süre içerisinde tekrar hareket algılanırsa süre sıfırlanır, en son hareketin algılanmasından itibaren yeniden geriye saymaya başlar, herhangi bir hareket olmadığı takdirde devreyi açar ve aydınlatmaları kapatırlar.

Hareket sensörleri teknolojileri üç temel prensipte çalışırlar,

1. PIR Teknolojisi,
2. Ultrasonik Teknoloji,
3. Dual Teknoloji,

PIR



Vücut ısısı

ULTRASONİK



Yansıyan ses dalgaları

DUAL



Sensör Teknolojileri

4.1.1. PIR (Pasif Kızılötesi) Teknoloji: PIR teknoloji, vücut ısısı ve hareket gibi kızılötesi enerji kaynaklarına reaksiyon vererek hareketi algılar. Sensörler, enerji kaynağı ve ortam arasındaki farklılıkları algılayarak kullanıcıların yerini tespit ederler ve bu alanların aydınlatmasını açmak için sinyal gönderirler. Verimli kullanım için, PIR sensörleri kapsama alanı içerisinde doğrudan görüşe gerek duyar.

- İnsan vücudu ile çevresi arasındaki kalorifik enerjiyi algılar,
- Fresnel lensler toplam algılama alanını küçük bölgelere böler,
- Bu bölgelerden birinde infrared enerjide değişme olursa, sensör hareketi algılar,
- Hareketin algılanması sensörün içindeki bir piroelektrik eleman ile mümkün olmaktadır,
- İki bölge arasından geçen insandan kaynaklanan ısı enerjisi kaynağı piroelektrik elemanda pozitif ve negatif darbeler oluşturur.

4.1.2. Ultrasonik Teknoloji: Bu hareket sensörü çeşidi, hareketi algılamak için Doppler sinyalizasyonlarını kullanır. Sensörler, alanda bulunan nesnelerden yansıyacak ultrasonik ses dalgaları gönderir ve sonra ses dalgalarının geri dönme süresini hesaplar. Alanda bir hareket olduğunda, bu ses dalgaları sensör alıcısına farklı frekanslarda dönecektir, bu da sensörün hareketi algılamasını sağlar. Bu teknoloji, sensörün direkt görüş alanında olmadığı ya da aktivite seviyesinin düşük olduğu zamanlarda kullanım için idealdir.

- Sensörler kapsama alanı içinde bulunan cisimlere doğru yüksek frekanslı dalgalar yollarlar, daha sonra bu dalgaların kaynağa (sensöre) geri dönüş süresini ölçerler.
- Kapsama alanı içinde hareket eden bir cisim (veya insan) ultrasonik dalgaların daha yüksek veya düşük frekanslarda sensöre dönmesine neden olur. Bu Doppler frekansındaki değişme sensör tarafından “hareket” olarak algılanır.
- Sensörler bir verici ve bir veya birden çok alıcı kullanırlar.
- Ultrasonik dalgalar bir Quartz osilatöründen yayılırlar, insanlar tarafından duyulamazlar ve herhangi bir zararları yoktur.

4.1.3. Dual Teknoloji: Birden çok algılama teknolojisi kullanan hareket sensörleri genellikle Dual Teknoloji ya da Hybrid Aygıtlar olarak adlandırılır. Bu sensörlerde genellikle PIR ve Ultrasonik teknolojiler bir arada kullanılır. Işıklar, iki sensörün de hareket algılamasıyla açılır ve en az bir sensör hareket algılamaya devam ettiği sürece de açık kalır.

- PIR ve Ultrasonik teknolojilerinin beraber kullanımı ile iki teknolojinin üstünlüklerinden faydalanılır, zayıflıklar yok edilir.
- Tek bir teknoloji ile çözümü zor olan uygulama alanlarında dual teknoloji ile daha kolay çözümler elde edilir.
- Sistemdeki yanlış tetiklemeler yok edilmiştir.

4.2. ZAMANA BAĞLI KONTROL:

Kullanım zamanları oldukça düzenli ve öngörülebilir olan hacimlerin aydınlatma kontrolünde uygulanması uygundur.



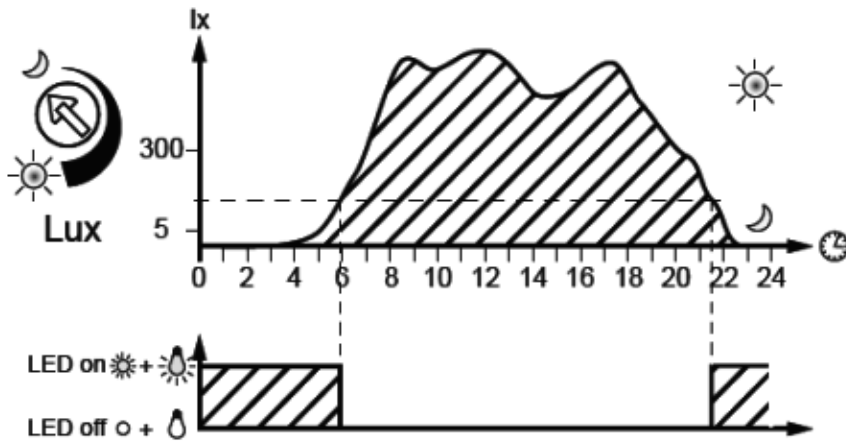
Düzenli çalışılan ofisler bu uygulamaya örnek olarak gösterilebilir. Bazı uygulamalarda lambalar manuel açıldıktan sonra istenilen zaman dilimi sonunda otomatik olarak kapatılır. Lambaların ne kadar süre ile açık kalacağı, kullanım amacına uygun olarak belirlenmelidir.

Bu uygulamalarda lambalar kapatılmadan önce sesli veya görsel uyarı olması önemlidir. Başlangıç saati ve lambaların açık kalması, istenen süreye göre kolaylıkla değiştirilebilmelidir.

4.3. GÜN IŞIĞINA BAĞLI KONTROL:

Yüksek kalitede ve tam istenilen oranda enerji verimliliği elde etmek için zaman zaman elektrik enerjisinin yanında doğal ışık kaynaklarından da faydalanmak gerekir. Bu enerji verimliliğini optimum seviyelere taşınmasına yardımcı olur. Dış ortamlarda ya da gün ışığı alan iç mekanlarda kullanılan bir kontrol metodudur.

Gün ışığı miktarının ölçülmesi ve buna göre yapılan bir kontrol stratejisi ile çalışır. Gün ışığının belli bir eşik seviyesinin altına düştüğünde aydınlatmaları açmak ya da belli bir eşik seviyesinin üzerine çıktığında aydınlatmaları kapatmak en sık kullanılan yaklaşımdır.



Gün Işığına Bağlı On/Off Kontrol.

Bunun yanında eğer aydınlatma üniteleri uygun ise bir set değerine göre eksilen gün ışığı kadar yapay aydınlatmanın kademeli veya oransal olarak devreye sokulması ile kontrol de mümkündür.

4.4. KARMA KONTROL:

İlk üç kontrol stratejisinin yerine ve ihtiyaca göre birbiri ile kombine edilmesi ile geliştirilen kontrol stratejileridir. Bu kontroller şunlardır.

- Gün Işığı + Zaman (GİZ)
- Gün Işığı + Meşguliyet (GİM)
- Zaman + Meşguliyet (ZM)
- Gün Işığı + Zaman + Meşguliyet (GİZM)

4.5. EK VERİMLİLİK SAĞLAYAN ÖRNEK UYGULAMALAR:

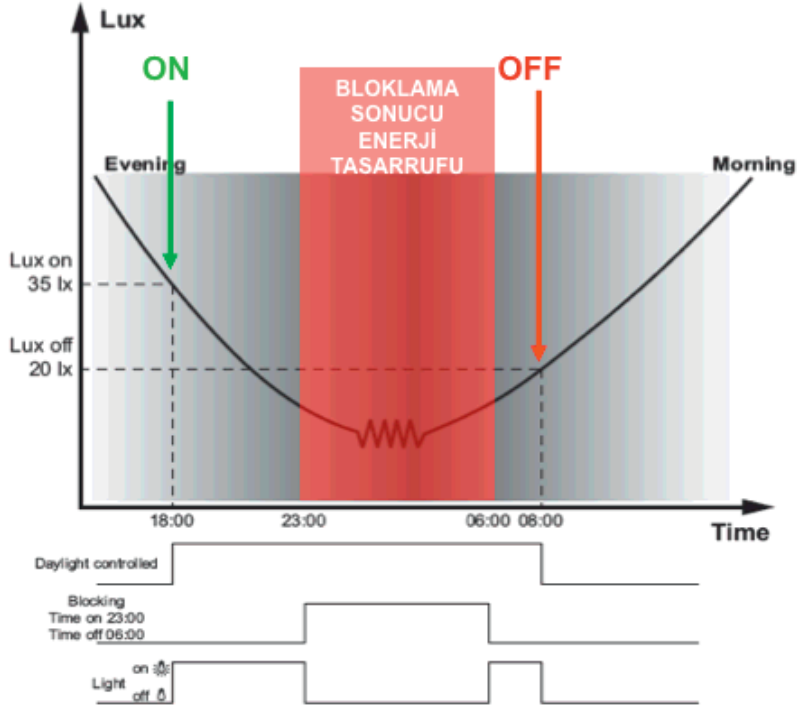
4.5.1. Dış Aydınlatmada Gün Işığı+ Zaman Kontrolü:

Bir gün ışığı sensörü ve kontrol ünitesi ile akşam hava karardığında devreye giren ve gün aydınlandığında devreden çıkan dış aydınlatmaya, gerek görülmeyen saatlerde bloklama yapılarak enerji tasarrufu yapması sağlanır.

Örneğin bir binada reklam aydınlatması hava karardığında devreye alınarak gece belli saatten sonra söndürülmesi sağlanabilir.

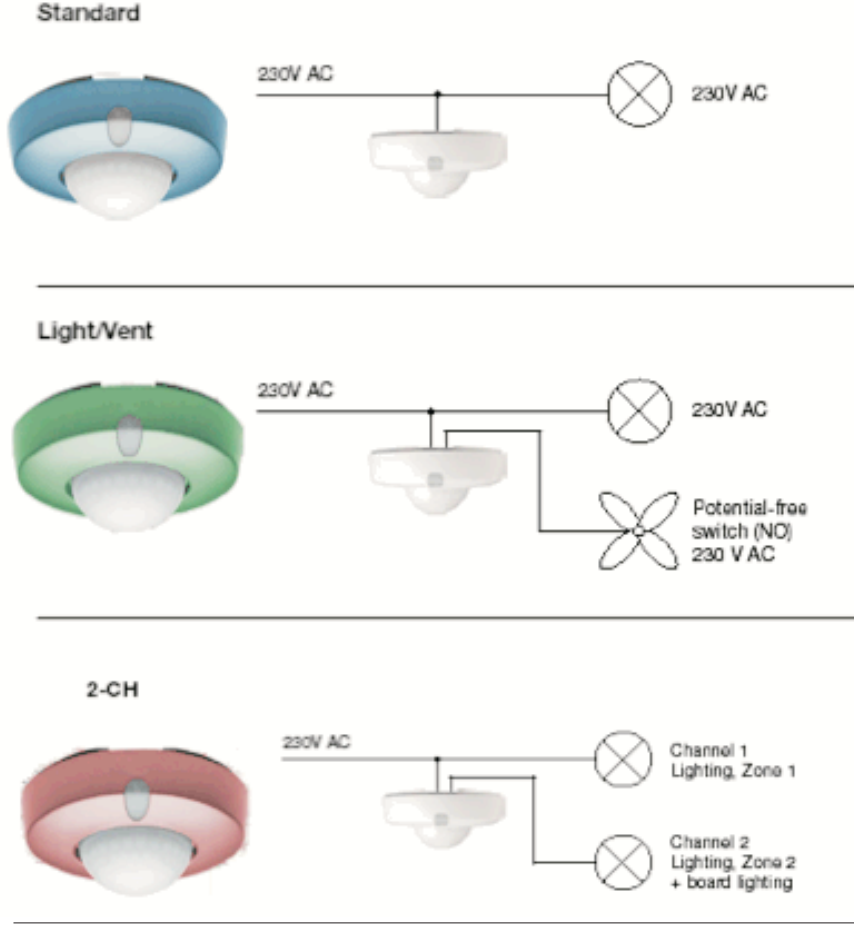


Dış Aydınlatmada Gün Işığı + Zaman Çalışma Prensipleri



4.5.2. İç Ortamda Gün Işığı + Meşguliyet Kontrolü: Geçici kullanımı olan mekânlarda ya da belirsiz zamanlarda boş bırakılan ve gün ışığı alan alanlarda kullanılabilir. Örneğin toplantı salonu ve ofislerin gün ışığı alan bölümlerinde, gün ışığı alan koridorlarda bu çözümler uygulanabilir. Bu tip çözümlerde aydınlatmanın yanında havalandırma da kontrol edebilir.

Bir mekân meşgul olduğunda havalandırma ve aydınlatma devreye alınabilir. Meşguliyet bittiğinde her ikisi de belli gecikme süresi içinde kapatılırlar. Mahal meşgul iken doğal gün ışığı katkısı istenen seviyenin üzerine çıkması halinde aydınlatma kapatılabilirken havalandırma çalışmaya devam edecektir.



Değişik GI Uygulamaları

4.5.3. İç Ortamda Zaman +Meşguliyet Kontrolü: Meşguliyet bilgisinin bir kontrol ünitesine hareket sensörü vasıtası ile aktarılması sonucu sistem çalıştırılır. Genel kullanım saatleri belli fakat bu saatlerin dışında geçici ve başka amaçlı kullanımı söz konusu olan yerlerde kullanılabilir. Örneğin ofis vb. yerlerde bilinen mesai saatlerinin belli bir zaman öncesinden mesai bitiminin belli zaman sonrasına ilgili aydınlatmalara

Çalışma izni verilebilir. Bu zamanlar içerisinde mahaller meşgul edildiğinde hareket sensörü ile hareket algılanarak izin verilen tüm aydınlatma üniteleri devreye alınır. Meşguliyet yoksa aydınlatma üniteleri devreden çıkarılır. Mesai saatlerinin dışında hareket algılandığında ya aydınlatmalar devreye alınmaz ya da kısmen alınarak tasarruf sağlanır.

4.5.4. İ Ortamda Gün Işığı + Zaman + Meşguliyet Kontrolü:

Genel bir mesai saatleri olan, kullanım saatleri değişkenlik gösteren, tamamen ya da kısmen gün işığı alan yerlerde bu zm kullanılabilir. Örneğin dershanelerde bu tür zmler önemli enerji tasarrufları sağlamaktadır. Bunun için bir gün işığı sensörü, hareket sensörü ve kontrol nitesi kullanılır. Genel mesai saatlerinin içinde ve meşguliyet algılandığında aydınlatmalara izin verilir. Eğer yeterince gün işığı yoksa aydınlatmalar devreye alınabilir. Doğal işığı seviyesine göre üç kademeli çıkışı olan bir kontrol nitesi kullanılması halinde aydınlatmalar  zon olarak tasarlanarak pencerelerden i alana doğru üç zon olarak kontrol edilir. Alt yapının durumuna göre üç kademe on/off ya da oransal kontrol mümkündür.

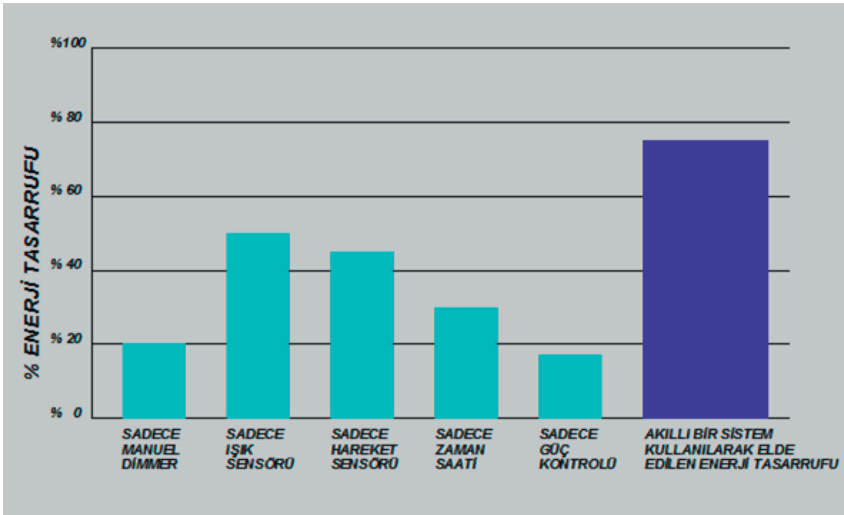
4.6. KONTROL ÜNİTELERİ

Tüm bu kontroller lokal cihazlar yardımı ile yapılacağı gibi merkezi otomasyon sistemi ile haberleşebilen cihazlar kullanılarak da yapılabilir. Bu tür kontroller sadece aydınlatma için olmak yerine bazen aydınlatmanın yanında mekanik sistemler, havalandırma kontrolü vb. konularla da bütünleşik olabilirler.

4.7. AYDINLATMA OTOMASYONU

Işık sensörleri, hareket dedektörleri ve zaman saatleri tek başlarına kullanılarak da belirli oranlarda enerji tasarrufu elde edilebilir, fakat koşullu programlama yapabilen herhangi bir aydınlatma otomasyon sistemi ile hepsi birlikte kullanılarak enerji tasarrufu maksimum seviyeye çıkarılabilir. Böyle bir sistemin kullanıldığı binalarda gün işığı seviyesi, çalışma

saatleri, çalışma alanlarının yoğunluğu ve enerjinin pahalı olduğu saatler göz önüne alınarak yapılacak güç kontrolü ile en yüksek seviyede enerji tasarrufunun sağlanabileceği ışık programı kullanılır. Aşağıdaki tabloda böyle bir aydınlatma otomasyon sistemi ile elde edilebilecek enerji tasarrufu görülmektedir.



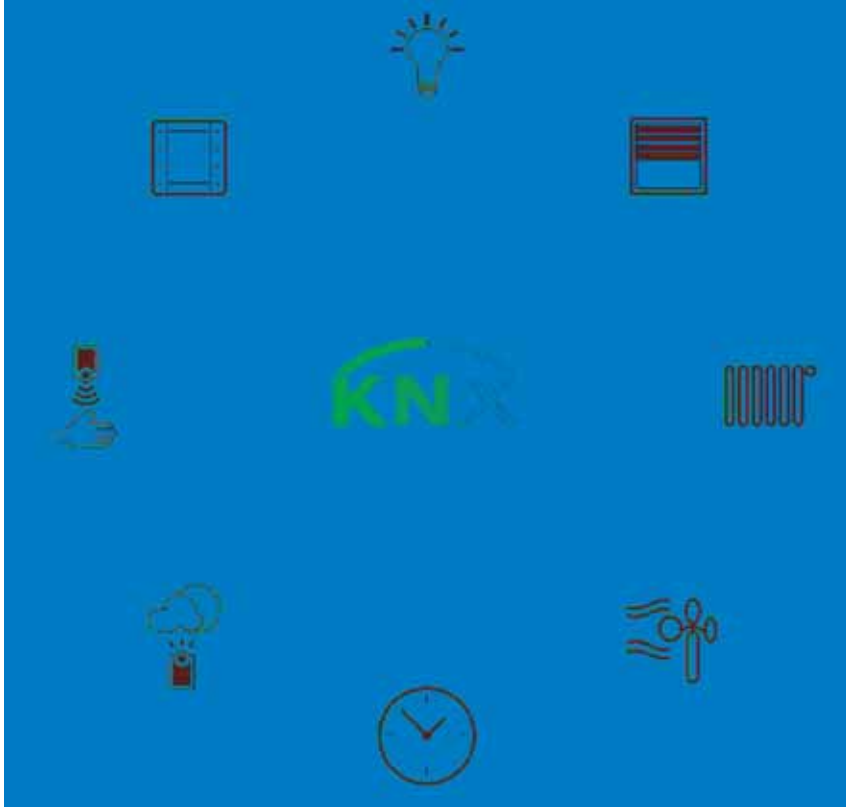
Otomasyon Sistemi İle Sağlanan Enerji Tasarrufu

Aydınlatma Otomasyon sistemi akıllı bina konseptinin en temel bileşenidir.

Aydınlatma otomasyon sistemleri ticari binalar, evler ve sosyal tesisler için kullanıcı isteklerine göre tasarlanmaktadır.

Aydınlatma otomasyon sistemleri mekanda bulunan her türlü aydınlatma armatürünün lokal haberleşme hatları üzerinden tek bir noktadan kontrol edildiği sistemlerdir.

EIB / KNX AKILLI BİNA VE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ



EIB “European Installation Bus” 1990 yılında 15 farklı üreticinin bir araya gelerek birlikte oluşturduğu, birçok farklı ürünün aynı dili konuşabildiği akıllı bina yönetim sistemi protokolüdür. Bu ifade, farklı üreticilere ait ürünlerin, söz konusu Bus sistemine bağlandıkları takdirde birbirleri arasında “iletirler” alıp gönderebilmesini sağlayan Avrupa’da geçerli bir standardı tanımlamaktadır. Bu nedenden dolayı EIB sistemindeki çeşitli cihazlar birbirleriyle sorunsuz bir şekilde anlaşabilmektedir.

EIB protokolü, 2006 yılında “KONNEX (KNX) İş Ortaklığı” adını almıştır. Böylelikle EIB kısaltması bir anlamda içerisinde bulunan “Avrupa”ya özel kullanım şeklini, dünya çapında uluslararası bir standart haline taşımıştır.

EIB protokolü dışında bina otomasyon sistemlerinde kullanılan Lonworks, Bacnet, Modbus, OPC ve Profibus gibi açık kaynak farklı haberleşme protokolleri de vardır. Bu protokolleri kullanan sistemler, kullanılabilecek gateway’ler vasıtasıyla birbirleri ile de haberleşebilirler.

EIB protokolünü bu noktada diğerlerinden ayıran, ağırlıklı olarak konut sektörüne özel sistemlerin kontrolüne olanak sağlaması ve bu noktada çok daha geniş bir ürün gamı sunmasıdır.

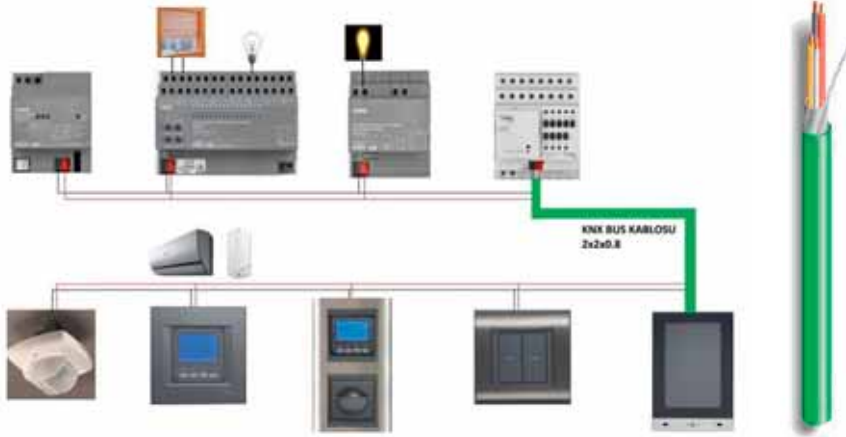
Günümüzde EIB kontrol ve otomasyon sistemi dünya çapında 350’nin üzerinde imalatçı partneri olan, binlerce onaylanmış malzeme grubu bulunan ve en istikrarlı akıllı ev ve bina otomasyon sistemi haline gelmiştir.

Diğer kendine has kablolama ve altyapısı sunan kapalı kaynak otomasyon sistemlerine nazaran; açık kaynaklı oluşu, farklı sistemlere kolaylıkla entegre olabilmesi, geniş üretici ve ürün yelpazesi ile en az bakım gerektiren, sorunsuz bir sistem olması birçok projede tercih sebebi olmasını sağlamıştır.

EIB protokolüyle altyapısı hazırlanan bir projede, tek bir üretici ve markaya bağımlı kalmaksızın bu protokolü destekleyen birçok farklı markada ürün grupları bir arada rahatlıkla kullanılabilir.

Sistem iki telli bir Bus Hattı (24V DC) ve bu hatta güç veren bir güç kaynağı ile bağlanan sensör (algılayıcı, anahtar vb.) ve actuator (sürücü) elemanlarından oluşmaktadır.

EIB / KNX AKILLI BİNA VE ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ

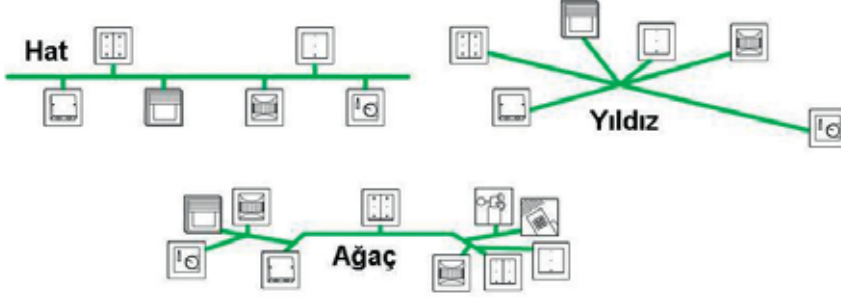


Sistemin işletilebilmesi esnasında merkezi bir processor veya bir bilgisayara ihtiyaç duyulmamaktadır. Sistem elemanları, bağlı oldukları Bus hattı üzerinden birbirlerine ileti göndererek merkezi bir kontrol ünitesi olmaksızın bağımsız olarak işlevlerini yerine getirir. Bu da sistem üzerinde çok yaygın bir otomasyon imkanı sağlamaktadır.

Basit anlamda herhangi bir algılayıcı (on/off anahtarı, ışık seviye sensörü, ısı sensörü vb.) sistemin durumunu yayınlar; bu bilgileri alan sürücüler de (açma kapama ünitesi, dimmer, selenoid vana, fan coil vb.) programları dahilinde aldıkları komutları/işlevleri yerine getirir.

Sistemde kullanılan otomasyon ürünleri $2 \times 2 \times 0,8 \text{ mm}^2$ kesitinde özel olarak imal edilen yeşil renkte EIB-Bus kablosu üzerinden haberleşir.

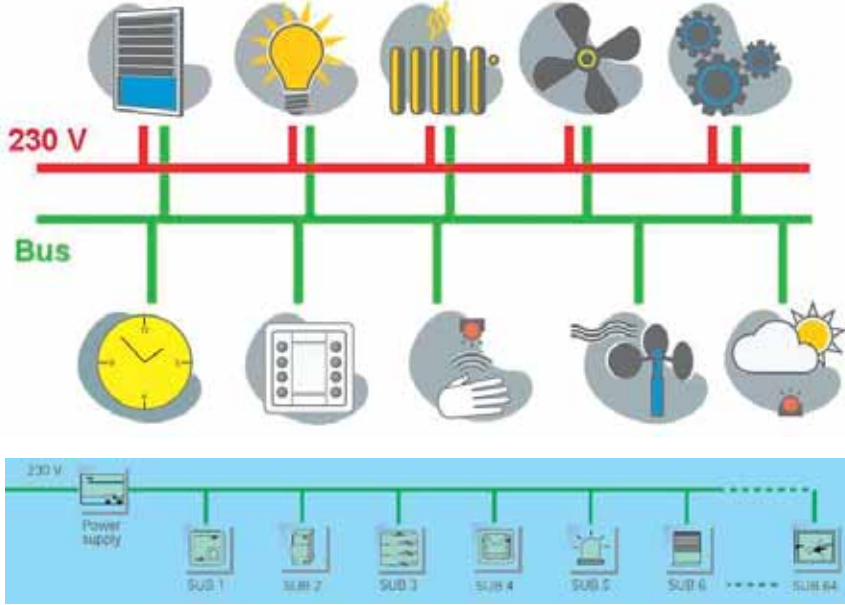
Sistemde kablo altyapısı oldukça basittir. Genelde tüm otomasyon ürünlerine (sensörler, sürücüler vb.) giden bir Bus hattı seri bir şekilde tüm cihazlara bağlanır.



BUS Kablolama Topolojileri

Bunun dışında sürücülere birbirinden bağımsız olarak kullanılacak yüklerin enerji bağlantıları yapılır. EIB sistemler genel olarak kablo ile haberleşen sistemler olmasına rağmen, üretici firmaların, altyapının elverişsiz olduğu durumlar için üretmiş olduğu kablosuz RF sistem ile haberleşebilen ürünleri de mevcuttur. Ancak kablosuz ürünler, basit otomasyonlar dışında tüm taleplere cevap veremez.

- Genel olarak bir EIB sistemi aşağıdaki kontrolleri sunar;
- Aydınlatma Otomasyonu(Aç/Kapa, Dimmer, DALI, 1-10V Sistemler)
- Perde/Panjur Otomasyonu
- İklimlendirme Sistemleri(Fancoil, VRV, VRF, Split Klimalar, Kombiler vb.)
- Multimedia Sistemler(Müzik Yayın, Sinema Sistemleri)
- Concierge Hizmetleri (Taksi, Hamam Sauna Randevu, Alışveriş Vs.)
- Güvenlik Sistemleri(Yangın Dedektörleri, Gaz Dedektörleri vs.)
- Bina Önü Görüntülü İnterkom Sistemleri
- Kamera Sistemleri ve bu sistemlerin Akıllı Telefonlar ile uzaktan kontrolü



4.8. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER)

Genel olarak EIB sistemler; algılayıcılar ve sürücü elemanlarından oluşur. Algılayıcılar yani sensörler; hareket sensörleri, varlık sensörleri, ısı/sıcaklık sensörleri, çeşitli alarm sensörleri, veya merkezi kontrol sunan dokunmatik otomasyon anahtarları ve dokunmatik otomasyon panelleri vb. olarak sıralanabilir. Sistem gerek Bus hattına bağlanabilen sensörlerden verileri alabilir, gerekse birtakım otomasyon ürünleri vasıtasıyla konvansiyonel sensörlerden gelen kuru kontak, röle çıkış, 0-10V, 1-10V, 0-20mA veya 4-20mA gibi bilgileri Bus iletimine çevirebilir.

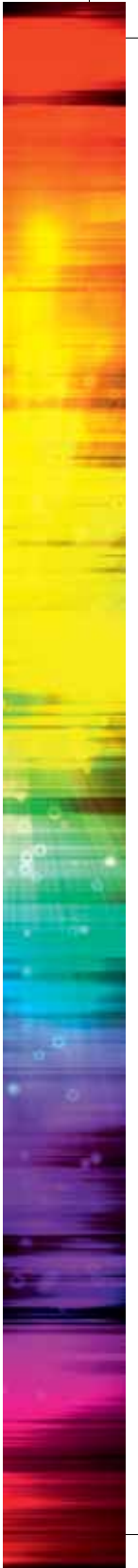
Her bir bağımsız bölümde sağlanan merkezi kontrol noktaları sayesinde; otomasyona bağlı aydınlatmalar, klimalar, perde/panjurlar, ısıtma/soğutma sistemleri veya diğer elektriksel yükler tek tek kontrol edebileceği gibi, istenildiği

tipte senaryolar oluşturularak bunları bir arada tek tuşla ya da sensöre duyarlı şekilde kullanabilmek de mümkün olacaktır. Örneğin basit bir giriş senaryosu dahilinde istenirse tek bir tuşla ya da bina içerisinde girdiğiniz zaman sizi algılayan bir varlık sensörü vasıtasıyla, ortamdaki ışık yeterlilik düzeyine göre aydınlatmalar ve panjurlar açılır, sıcaklık durumuna göre ise klima ayarlanan bir şekilde çalışmaya başlar, müzik yayın sistemi çalışır ve sisteminin istenen konumu alması sağlanmış olur. Binadan çıkışlarda ise, binadaki tüm elektrikli cihazlarınızın enerjisi kesilebilecek (buzdolabı gibi çalışması istenen cihazlar hariç), aydınlatmalar, klimalar ve perde-panjurlar kapanabilecek, ısıtma /soğutma sistemini kontrol edebilecek senaryolar da yapılabilir.

Otomasyon anahtarları seçime göre termostatlı ve LCD ekranlı olabilir. İstenirse bu LCD ekranlarda oda durum sıcaklık bilgileri, saat-tarih bilgileri ya da tuş-işlev bilgileri görülebileceği gibi, üzerinde kullanıcıya özel mesajlar şeklinde detaylar da sunulabilir. Anahtar üzerinde bulunan ve her biri etkin durumdaki işlevleri gösteren LED lambaları, hangi yükün açık olduğunu kolaylıkla görebilmesini sağlar. Üretici firmaya göre aynı seri ve modelden klasik anahtar ve priz grupları da tamamlayıcı ürünler olarak rahatlıkla bulunabilir.

Termostatlı otomasyon anahtarları sayesinde maksimum konfor ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Enerji tasarrufuna yönelik olarak; ortam kullanılmamakta ise standby durumu ısı seviyesine, gece konumunda ise ortam önceden belirlenen ısı seviyelerine getirilir. Arzu edildiği takdirde ortamdaki pencerelerin açılması durumunda ısıtma/soğutma sistemi devre dışı bırakılabilir.

Klasik sistemlerde kullanılan aç/kapa mantığı ile çalışan (solenoid) elektrikli vanalar, istenilen sıcaklığın aşılması durumunda her açma/kapamada fazladan enerji sarfiyatı yaratır. Otomasyon sisteminde ise kullanılabilecek oransal



(PI) vanalar sayesinde ısıtma/soğutma kontrolü ile ortam istenilen sıcaklıkta tutulmakta, standart sistemlerde kaybedilen enerji dalgası minimize edilmektedir.

Ortamlarda sık kullanılabilecek merkezi yerlere dokunmatik ekranların yerleştirilmesiyle, diğer bölümlere gidilmeden sisteme bağlanabilecek çeşitli sensör veya termostatlar üzerinden alınacak veriler veya yük durumları buradan izlenebilir. Dolayısıyla diğer bir bölüme gitmeden oradaki klima ya da diğer ısıtma/soğutma sistemi devreye alınarak odanın, duruma göre serin ya da sıcak olması ayarlanabilir ya da istenen aydınlatma veya herhangi otomasyona bağlı yük açılıp kapatılabilir. Dokunmatik ekran üzerinden farklı işlevlerin istenildiği şekilde kontrolü için ayarlanabilecek günler veya saatlerde belirlenip, zamana göre kontrol yapılabilir.

Genellikle KNX dokunmatik ekranların arayüzleri isteğe göre tasarlanabilir. Arka planda mekânların veya kullanıcıların fotoğraf veya görselleri kullanılarak standart dışı tasarımlar yapılabilir. Dolayısıyla her türlü kullanıcıya ulaşabilen sezgisel bir kolay kullanım arayüzü sağlanabilir. Farklı dillerde arayüzler oluşturulabilir. İnternet bağlantılı paneller vasıtasıyla güncel haber başlıkları ya da mail durum bilgileri buradan izlenebilir.

IP üzerinden kontrol cihazları sayesinde, otomasyona bağlı tüm yükler ve teknik bileşenler, her türlü ağ veya internet bağlantısıyla, ister ortam içerisinden, isterse uzak bağlantı ile bir PC veya dizüstü bilgisayar üzerinden yada internete bağlı cep telefonu üzerinden kolaylıkla kontrol edilebilmektedir. Bir internet tarayıcısı üzerinden kontrolün gerçekleştirilebilmesi sayesinde işletim sistemlerine bağlı kalmaksızın kullanılabilecek cihazların çeşitliliği oldukça fazladır. Uygun kablolama altyapısıyla birçok kullanıcıya destek veren bu gibi ürünler, aynı zamanda ekonomik birer çözümdür. Her bir kullanıcı için kendine özel bir internet sitesi şeklinde tasarlanabilir.

Kullanıcı kendi adı ve parolasıyla güvenli erişimini sağlayarak sistemi uzaktan kontrol edebilir, istenirse entegre edilebilecek kamera sistemiyle değişiklikler aynı anda gözlemlenebilir. Bu tür ürünler üzerinden programsal olarak oluşturulabilen mantıksal kapılar vasıtasıyla her türlü otomatik kontrol sağlanabilir.

Sisteme dahil edilen hava istasyonundan alınacak; rüzgar şiddeti, yağmur, ısı, dış ve iç ışık bilgilerine bağımlı olarak; aydınlatma, ısıtma/soğutma, panjur ve tente gibi motorlu kumandalar ve bahçe sulaması gibi özel kumanda işlevleri yerine getirilebilmektedir. Rüzgâr hızını arttırdığında sistem otomatik olarak panjurları açar ya da yağmur yağmaya başladığında otomatik olarak kapatabilir. İstenirse güneşin durumuna göre perde/panjurlar veya aydınlatma sistemi kontrol edilebilir. Uygun kablolama altyapısıyla birçok bağımsız bölüm için sadece bir adet ürün kullanılarak ekonomik çözümler sağlar.

4.9. SÜRÜCÜLER (ACTUATOR)

Sürücüler, sensörlerden aldıkları verilere ve programlarına göre işlevleri gerçekleştiren genellikle açma-kapama yapan ürünlerdir. Bu ürünleri genel anlamda mekanik otomasyonda kullanılan bütünleşik röle-kontaktör ikilisine benzetebiliriz.

Farklı üreticilerin farklı yük tiplerini kontrol eden, kontak sayısı, akım kapasitesi, program parametreleri değişiklik gösteren birçok sürücüsü bulunmaktadır. Sadece tek bir veya birden farklı işlevi gerçekleştiren sürücüler de bulunabilmektedir. Sürücüler genellikle, din-ray'e montajlı pano tipi ürünler olduğu gibi, buat ya da anahtar kasalarına sığabilecek boyutlarda az yer kaplayan saha tipi ürünler de olabilir.

İşlevlerine göre sürücüleri (actuator) sınıflandırırsak;

- Açma-Kapama Aktüatörü
- Dimmer Aktüatörü

- Panjur / Jaluzi Aktüatörü
- Isıtma / FanCoil Aktüatörü
- Analog Aktüatörler olarak sıralanabilir.

Sürücülerin kendilerine has bellek ve programsal parametreleri bulunmaktadır. Sürücülerin bazıları, linyeler üzerindeki yük değişimlerini izlemeye yardımcı olur. Dolayısıyla bir linye üzerinde oluşabilecek herhangi yük arızası sistem monitöründe size durum bilgisi verecektir. Genellikle tüm sürücüler, sisteme, yükün devrede olduğunu işaret eden geri bildirimler verir.

Sonuç olarak; KNX sistemini bugünden başlayarak kullanmak, paradan tasarruf edeceğimiz ve üstelik çevrenin korunmasına da katkıda bulunacağımız anlamına gelmektedir. Çünkü instabus teknolojisi, enerji giderlerini ciddi oranlarda düşürmektedir. Özellikle oda ısılarının ayrı ayrı ayarlanabilmesi ve akıllı aydınlatma yönetimi, tasarruf konusunda ciddi katkılar sağlamaktadır. Örneğin bir otomasyon sisteminde aydınlatmayı kısmak(dimmer), eski klasik tip sistemlerde ısı olarak kaybetmiş olduğunuz enerjiden tasarruf sağlayacaktır. Diğer bir avantajlı yönü ise, her bir ek elemanın çok daha kolay kurulabilmesi ve ürünler arasında basit bir kablolama altyapısı sunabilmesidir.

Ülkemizde yayınlanan enerji verimliliği yasası çerçevesinde; enerji kimliği A Sınıfı olacak bir yapıda KNX sistemin kullanılmasıyla; bağımsız bölümlerde sıcaklık kontrolü, zamana ve sensörlere bağlı yük ve aydınlatma kontrolü, lokalden veya uzak bağlantı ile merkezi noktalardan kontroller kolaylıkla sağlanabilir.

Aydınlatma ve ısıtma/soğutma sistemlerinin bütünleşik kontrolünün sağlanabildiği bu sistemlerde, yapılan araştırmalara göre %50'lere varan enerji tasarrufu, sistemin kendisini duruma göre birkaç yılda amorti edebilmesine olanak sağlar.

5. BÖLÜM: VERİMLİ AYDINLATMA İÇİN GENEL PROJELENDİRME KRİTERLERİ

Enerji verimliliği değerlendirmelerinde bütünsel bir süreçte analiz edilmesi gereken aydınlatma sistemleri için öncelikle endüstriyel tesisin kullanım amacı ve üretim süreci çok iyi irdelenmelidir.

Bu kapsamda tesisin toplam aydınlatma ihtiyacı dört ana başlıkta aşağıdaki gibi değerlendirilebilir. Belirtilen aydınlık seviyeleri yaklaşık olarak ifade edilmiştir. Teknik yayınlardan uygulama alanlarına göre sınıflandırılmış en az aydınlık düzeyleri tablolarına bakılarak net değerlere ulaşılabilir.

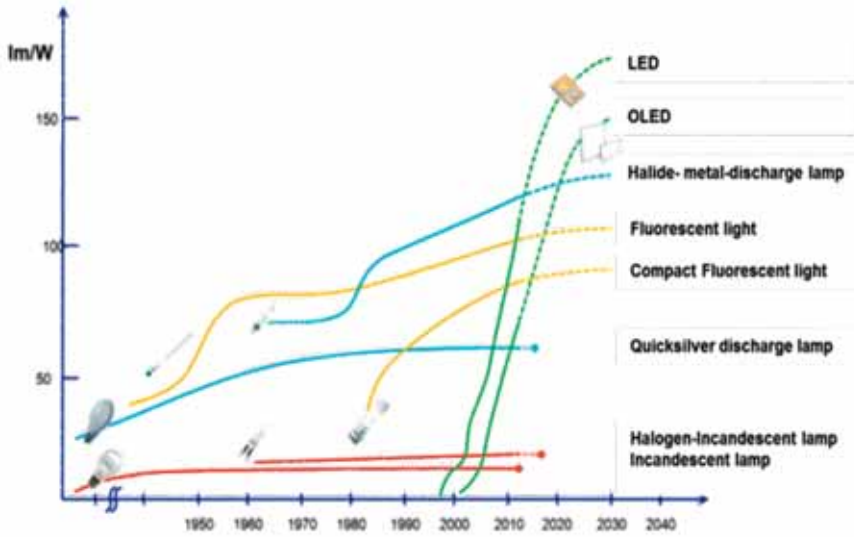
- Üretim alanı genel aydınlatma (Üretim alanlarının genel aydınlatması tesisin üretim niteliğine göre ortalama 300lx ve üzerindedir.)
- Üretim alanı lokal aydınlatma (Aydınlık seviyesi üretim prosesinin özelliğine bağlı olarak farklı değerlerde olabilir.)
- Servis ve ofis alanlarının aydınlatması (Depo, koridor, ofis, vs. olarak sınıflandırılabilen bu alanlarda ortalama 100-500lx arasında aydınlık seviyesi gerekli olabilir.)
- Dış alan ve çevre aydınlatma (Depolama, güvenlik ve servis yolları gibi tesisin dış aydınlatma alanları için ortalama 15-40lx arasında bir aydınlık seviyesi gerekli olabilir.)

Tesisin aydınlık seviyesi ihtiyaçları belirlendikten sonra mutlaka ışık kaynaklarının verimlilik niteliklerine ve projede kullanılacak armatürlerin teknik kriterlerine dikkat etmek gerekmektedir.

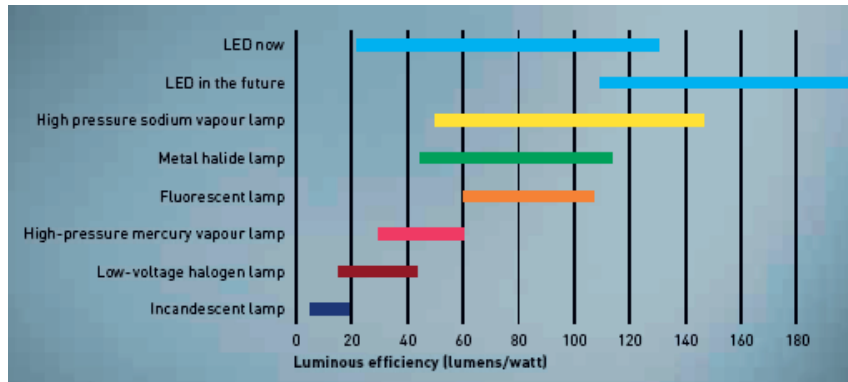
Grafik 1 ve Grafik 2’de görüleceği üzere ışık kaynaklarının verimlilikleri her geçen gün artmaktadır; ancak unutulmamalıdır ki tesislerin aydınlatma sistemleri sadece ışık kaynaklarının verimlilikleri baz alınarak değerlendirilemez. Bu noktada önemli olan ışık kaynağının verimliliği değil aydınlatma armatürü ile birlikte tesis aydınlatma sisteminin verimliliğidir. Örneğin,



LED ışık kaynağı günümüzde en verimli ışık kaynakları arasında yer alırken LED ışık kaynaklı bir ürünün verimliliği daha düşük olabilir veya tesisin özelliklerine bağlı olarak farklı ışık kaynaklı bir armatür kullanımı ile daha verimli bir aydınlatma çözümü sağlanabilir.



Grafik 1: Işık Kaynaklarının Verimlilik Gelişim Süreci



Grafik 2: Işık Kaynaklarının Verimlilik Gelişimi

LED ışık kaynaklı veya değil, aydınlatma armatürleri değerlendirilirken birçok değişken göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değişkenlerden en önemlileri şu şekilde sıralanabilir:

- Armatür sistem güç tüketimi $P(W)$
 - Armatür ışık akısı $_v$ (lümen)
 - Armatür ışık verimi $_v$ (lümen/W) LOR
 - Armatür ışık dağılımı ve optik sistem
 - Renk Kalitesi (renk sıcaklığı (K), ışık rengi benzer renk sıcaklığı (T_{cp}), Renksel geriverim endeksi (CRI; colour rendering index, Ra)
 - Ortam sıcaklığı
 - LED armatürlerin ömür kriterleri (Anma Ömrü (L_x, rated life), Işık akısı azalması hata değeri (B_y), Toplam ölüm oranı (C_z))
- Aydınlatma sistemleri değerlendirilirken ışık kaynaklarının güç tüketimi değil armatür sistem güç tüketimi dikkate alınmalıdır. Özellikle LED ışık kaynaklı ürünler değerlendirilirken yapılan en büyük hatalardan biri armatürün değil LED ışık kaynağının kurulu güç tüketiminin dikkate alınarak hesaplamalar yapılmasıdır. Örneğin, LED birim ışık kaynağı olarak 40W ile çalışabilir; ancak armatür sistemine entegre edildiğinde kurulu güç 45W olabilir.

Armatür ışık akısı için de yine aynı değerlendirme söz konusudur; ışık kaynağının lümen değeri değil; armatürün ışık akısı dikkate alınmalıdır. Örneğin, LED birim ışık kaynağı olarak 6000lm değerine sahip olabilir; ancak aynı LED'in kullanıldığı LED armatürde armatür verimliliğine bağlı olarak bu değer daha düşük olacaktır. Armatür ışık verimi (LOR: Light Output Ratio), armatür ışık akısının çektiği güce oranıdır. Tesislerde aydınlatma sistemleri değerlendirilirken en sık yapılan hatalardan biri de ışık kaynaklarının verimliliklerinin dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmasıdır. Bugün, LED'in ışık kaynağı olarak etkinlik değerleri 200lm/W'a kadar çıkmıştır; ancak değerlendirilmesi gereken ışık kaynağının değil armatürün ışık verimidir. Aydınlatma armatürleri yeni teknolojilerle birlikte optik sistemleri, elektriksel ve mekaniksel

donanımları ile birlikte ışık kaynaklarının da gelişimine bağlı olarak geliştirilmekte ve ışık verimleri artmaktadır.

Armatür ışık dağımı ve optik sistemi ise özellikle endüstriyel tesis aydınlatmalarında dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biridir. Proje kriterleri farklı ışık dağılımlarına ve optik sistemlere sahip armatürlerin kullanımını gerektirebilir. Özellikle LED ışık kaynaklı ürünlerde kamaşma değerlerine dikkat edilmelidir. Armatürlerde kullanılacak yenilikçi optik sistemler ile kamaşma değerlerinin standartlara uygun olduğu mutlaka kontrol edilmelidir. Kamaşma değerleri, sadece görsel konforu değil iş güvenliğini ve çalışma verimliliğini de önemli derecede etkilemektedir.

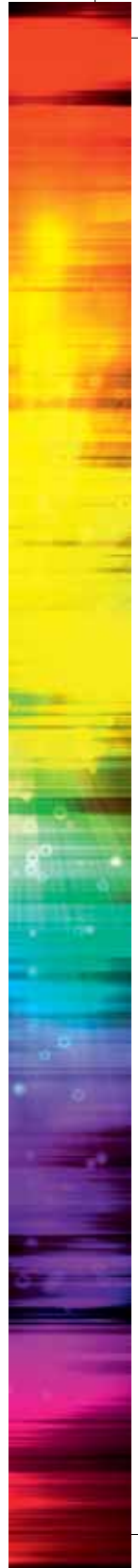
Aydınlatma sistemlerinde değerlendirilmesi gereken diğer en önemli konu ise renk kalitesidir. Bu konuda en temelde dikkat edilmesi gereken noktalar arasında renk sıcaklığı (Kelvin) ve renksel geriverim endeksi gelmektedir (CRI, Ra). Endüstriyel tesislerde tesisin niteliğine göre aydınlatma armatürlerinin 4000K ile 6000K arasında renk sıcaklığına sahip olması önemlidir. Armatürün kullanılacağı alana göre Avrupa normlarında (EN 12464) bu değerler açıkça belirtilmektedir. Renk sıcaklığı konusunda özellikle LED ışık kaynaklarındaki çeşitliğin fazla olması nedeni ile grupta aralıklarına (binning) dikkat edilmelidir. Örneğin, 4000K olduğu belirtilen LED aydınlatma armatüründe kullanılan LED 4000K-4800K arasındaki LED'lerden seçilerek kullanılabileceği gibi LED kalitesine bağlı olarak bu grupta 4000K-4200K ile daha dar bir aralıkla da uygulanabilir ve daha doğru sonuçlar elde edilebilir.

Işık rengi, tayfsal ışınım dağılımının, gözün, ışığı fark ettiği bölümünde ortaya çıkmaktadır. Işık kaynaklarının renk üzerindeki etkisi renksel geriverim endeksi (CRI) ve renk sıcaklığı değerleri ile belirtilebilmektedir. Renksel geriverim endeksi, ışık kaynağının objenin renklerini gerçeğe yakın olarak yansıtması olarak tanımlanmaktadır. Işık kaynağının

renkssel geriverim endeksi R_a ile ifade edilmekte ve gün ışığı baz alınmaktadır. $R_a=100$ olan ışık kaynağı, renkleri en iyi şekilde yansıtan kaynaklar olarak bilinmektedir. Endüstriyel tesislerde standartlara göre aydınlatma armatürlerinin renkssel geriverim endeksleri $R_a > 80$ olması gerektiği belirtilmektedir.

Ortam sıcaklığı, armatür ömrünü ve performansını etkileyen en önemli değişkenlerden biridir ve bu nedenle aydınlatma sistemleri değerlendirilirken ortam sıcaklığı konusu da mutlaka analiz edilmelidir. Örneğin LED ışık kaynaklı bir aydınlatma armatürünün $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de çalışma ömrü 50.000 saat olarak ifade edilirken, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 100.000 saat olarak belirtilebilir. Bu noktada önemli olan aydınlatma armatürünün çalışma ömrünün belirtilmesi tek başında yeterli değildir; söz konusu değerlendirmenin kaç derece ortam sıcaklığında geçerli olacağı da dikkate alınmalıdır. Özellikle LED ışık kaynaklı armatürlerin uzun ömürleri ile ön plana çıkmaları ile birlikte ömür kriterleri daha da önem kazanmıştır. Çalışma ömrüne ve armatür performansına ilişkin değerlendirmeler yapılırken en azından L_x anma ömrü - çalışma ömrü performans grubu, B_y ışık akısı azalma hata değeri ve C_z toplam başarısızlık oranı kriterleri mutlaka incelenmelidir. [5] Örneğin, Resim 2.2'de kullanılan LED ışık kaynaklı bir armatürün ilk kullanım durumu %100 performans ile birinci sıradaki görselde tariflenmiştir. 2. sıradaki görselde ise L_x ve B_y değerleri ile belirtilen çalışma ömrü sonundaki armatür durumu ifade edilmektedir. [5] Örneğin, ilgili ürün için belirtilen değerler L80, B10 50.000 saat ise; bu armatürün verimliliği 50.000 saat sonunda %20 azalacak (L80); LED'lerin %10'u ise belirtilen bu verimlilik değerini karşılamayabilecektir (B10).

LED ışık kaynaklı aydınlatma armatürleri değerlendirilirken bu kriterler mutlaka sorgulanmalıdır ve L80, B10 değerlerine sahip aydınlatma armatürleri tercih edilmelidir. Eğer B_y değeri verilmiyor ise B50 olarak dikkate alınabilir. Bu durumunda belirtilen ömür sonunda armatür verimliliği belirtilen L_x değerinin %50 altında olacaktır. Bu konuya ek olarak LED armatürlerin



		Betriebsdauer in 1000 h																					
		1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Bemessungs- lebensdauer	Kennwerte Lx By																						
L80	50.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
L80	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
L80	50.000 h	LLMF	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
L80	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
L70	50.000 h	LLMF	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79	0,77	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
L70	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,95	0,94	0,92	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,79	0,78	0,77	0,75	0,74
B10		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
L70	50.000 h	LLMF	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,58	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,40
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98
L70	100.000 h	LLMF	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
L70	35.000 h	LLMF	0,99	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,70	0,66	0,61	0,57	0,53	0,49	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,23	0,19	0,14
B50 (z. B. Retrofit)		LSF	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,9	0,86	0,82	0,77	0,72	0,67	0,62	0,57	0,52	0,47	0,42	0,37	0,30
L50	50.000 h	LLMF	0,99	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0,00
B50 (z. B. Retrofit)		LSF	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,95	0,90	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00
L50	100.000 h	LLMF	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,78	0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53	0,50
B50		LSF	1	1	1	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
L50	35.000 h	LLMF	0,99	0,93	0,86	0,79	0,71	0,64	0,57	0,50	0,43	0,36	0,29	0,21	0,14	0,07	0,00						
B50 (z. B. Retrofit)		LSF	1	1	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,35	0,20	0,00						

Tablo 1: LED Armatürler için Aydınlatma Hesabı Bakım Faktörü Karşılaştırma Tablosu, Trilux, CIE, ZVEI
Planlama Notları

Çalışma mr kriterleri aydınlatma hesabı bakım faktörünü de direkt olarak etkilemektedir.

Tablo 1’de görüleceği üzere aydınlatma hesapları yapılırken, L80-B10 değeri için bakım faktörü 0.85 alınırken, L70-B50 değeri için 0,70 alınmalı; retrofit ürünlerde ise ortalama değerler L50-B50 olduğundan bakım faktörünün 0,50 olarak alınması gerekmektedir.

Proje kriterlerine bağlı olarak yapılan aydınlatma hesaplarında bu değerler mutlaka kontrol edilmeli ve aydınlatma armatürleri arasında doğru bir karşılaştırma yapılmalıdır. Aksi durumda yapılan aydınlatma hesabı gerçekçi olmayacak; aksine yanıltıcı olacaktır.

LED armatürlerin performans sertifikasyonunun farklı olduğu unutulmamalı; 2015 yılı itibari ile ENEC Plus sertifikasının da yeni bir standart belgesi olarak tanımlanacağı ve LED ışık kaynaklı armatürlerde sorgulanacağı bilinmelidir.

Tüm bu kriterler dışında, tesisin ortam koşullarına uygun koruma sınıflı armatürlerin seçilmesi de önemlidir. Üretici firmalar tarafından belirtilen koruma sınıfı değerlerinin (IPxx; neme ve toza karşı dayanım; IKxx darbelere karşı dayanım) standartlara uygunluğu da kontrol edilmelidir.

Kaynaklar:

- AGİD 2011. *Pratikte aydınlatma kavramları ve terimler.*/ A.Kamuran Türkoğlu, Kevork Benlioğlu, Tuba Baskan
- AGİD 2011. *Enerji verimliliği çalışmalarında aydınlatmanın yeri*/ Prof.Dr.Sermin Onaygil
- MEGEP 2007. *Elektrik Elektronik Teknolojileri - Dış aydınlatma projeleri*
- MEGEP 2007. *Elektrik Elektronik Teknolojileri – Endüstriyel aydınlatma tesisleri*
- İSGÜM. *İşyerlerinde aydınlatma* / Esin A. Kürkçü, İlknur akar, Serap Zeyrek
- Ergin KAYA ; *Aydınlatma Kontrolünün Enerji Verimliliğine Katkı*
- Menduh SARIBUDAK ; *EIB/KNX Enerji Yönetim sistemleri*
- Nezih YAPAR ; *Endüstriyel Tesislerde Verimli Aydınlatma Tekniği*

Bölüm 6:

VERİMLİ AYDINLATMA SEMPOZYUMU BİLDİRİLERİ

6.1. Katı Hal Aydınlatma Teknolojileri: Problemler ve Fırsatlar-İnovasyon

Mehmet Arık

Makine Mühendisliği Bölümü EVATEG Merkezi
Özyeğin Üniversitesi İstanbul, Türkiye
mehmet.arik@ozyegin.edu.tr

Özet

Hızla ilerleyen dünyamızda, enerjinin hayatımızdaki önemi gittikçe artmaktadır. Yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve uygulanması, sistem komponentlerinin yeniden optimizasyonu ve enerji verimliliği için yeni tekniklerin araştırılması ve geliştirilmesi son yıllarda üç ana akım olarak çalışılmaktadır. Enerji verimliliği belki de en erken ulaşılabilecek meyvelerden birisi olarak (low hanging fruit) karşımıza çıkmakla beraber potansiyeli yüksek teknolojileri bize sunmaktadır. Binalarda kullanılan toplam enerjinin, yaklaşık yüzde 21'inin aydınlatma için kullanıldığı düşünülürse, aydınlatma konusunda yapılabilecek teknolojik ilerlemelerin ekonomilere yapabileceği etkilerin boyutu kolayca anlaşılabilecektir. Ayrıca mevcut aydınlatma teknolojilerinin çevreye yaptıkları direk ve indirek olumsuz etkilerin, enerji verimli teknolojilerle elimine edilebilmesi imkanlarının ortaya çıkması da önemlidir. Enerji verimli aydınlatma teknolojileri katı hal aydınlatma teknikleri (LED ve OLED) olarak son 10 yılda hızlı bir şekilde karşımıza çıkmıştır. Bu yazıda kısaca aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- LED adı verilen katı hal aydınlatma teknolojileri bugünün ve geleceğin aydınlatma teknolojisi olup, akkor lambalardan 5-6 defa daha verimlidir ve çevreye duyarlıdır.
- Ülkemizde lamba üretebilen herhangi bir firmanın bugüne

kadar olamamasına rağmen, artık KOBİ'ler ve bazı büyük ölçekli Türk firmaları bu üretimi yapmak için ciddi çalışmalara başlamışlardır.

- LED teknolojileri konusunda ciddi ilerlemeler yapabilmek için akademi-endüstri-devlet ortaklaşa çalışmalı ve büyük etki yapan teknolojileri hem lokal hem de global pazara sunabilmelidir.
- Özyeğin Üniversitesi EVATEG merkezi; LED ve OLED aydınlatma ve ekran teknolojileri konusunda ülkemizin ve dünyanın lider firmalarıyla 2013 yılından günümüze kadar Ar-Ge projelerini ortaklaşa yapmış olup 20'den fazla uluslararası makale ve üç adet uluslararası patent başvurusunu son 18 ayda gerçekleştirmiştir.

Bu kısa makale, Bursa Sanayicileri ve İşadamları Derneği'nde (BUSİAD) Ekim 2014'te verilmiş olan sunumdan esinlenilerek hazırlanmış olup, teknik detaylara girilmeden genel kitlenin anlayabileceği şekilde organize edilmiştir.

Giriş

1962 yılında General Elektrik (Niskayuna, NY, USA) Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nde Dr. Nick Holonyak tarafından bulunan kırmızı LED (ışık yayan diyot) teknolojisi, yaklaşık 50 yıl sonra birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır. Özellikle son 30 yılda hızlı bir şekilde ilerlemesini sürdüren LED'ler mavi, yeşil ve kırmızı ana renkler olmak üzere birçok renkte üretilip pratik uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. LED adı verilen ışık yayan iyyotlar bugün katı hal teknolojilerine ve mikro fabrikasyon tekniklerine dayalı olarak yapılmakta olup; genel aydınlatma, yön belirleme, trafik ışıkları ekran teknolojilerinin (TV, tablet, cep telefonu vb.) arka aydınlatma üniteleri gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu özet yazıda; dünyadaki LED teknolojileri hakkındaki son gelişmeler ile inovasyon için gerekli olan çalışmalar, alanlar ve bazı problemler tartışılacaktır. LED sistemlerinin hayatımıza hızlıca girmesinin en önemli nedenlerinden birisi; evlerimizde tükettiğimiz toplam enerjinin yaklaşık yüzde 21'inin aydınlatma

için harcanmış olmasıdır. Bu önemli miktardaki enerji tüketimi, son nesil teknolojilerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte ortalama 6-7 kat azaldığı gözlenmiştir. İlk zamanlarda kırmızı ışık olarak gelen LED'ler; 680-700 nanometrede, bugünlerde ise 490-520 nanometrede yeşil, 560 nanometrede sarı, 450-470 nanometre dalga boylarında ise mavi ışık verebilmektedir. Aradaki değişik renklerin ortaya çıkması da mümkün olmaktadır.

1998 yılından sonra da Suji Nakamura isimli Japon bilim adamının mavi ışığın verimini artırması ve yüksek ışık (lümen) miktarlarına çıkarması, bugünlerde çok daha parlak ışıkların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Şekil 1'de, 2014 yılında Nobel Fizik ödülünün sahiplerinin LED alanında yaptıkları çalışmalardan ve bu konunun öneminden dolayı NY Times'da yayınlanan haberden alıntı verilmiştir. Bu ödüllerin ne kadar önemli olduğu, yaptıkları çalışmalar ve insanlığa yapmış oldukları etkilerden de anlaşılabilir. Ayrıca 2015 yılı, 'Uluslararası Aydınlatma Yılı' olarak ilan edilmiş olup, aydınlatma teknolojileri için daha fazla ilginin olacağına işaret etmektedir.

The New York Times | <http://nyti.ms/1Eo8xRu>

SCIENCE | NYT NOW



American and 2 Japanese Physicists Share Nobel for Work on LED Lights

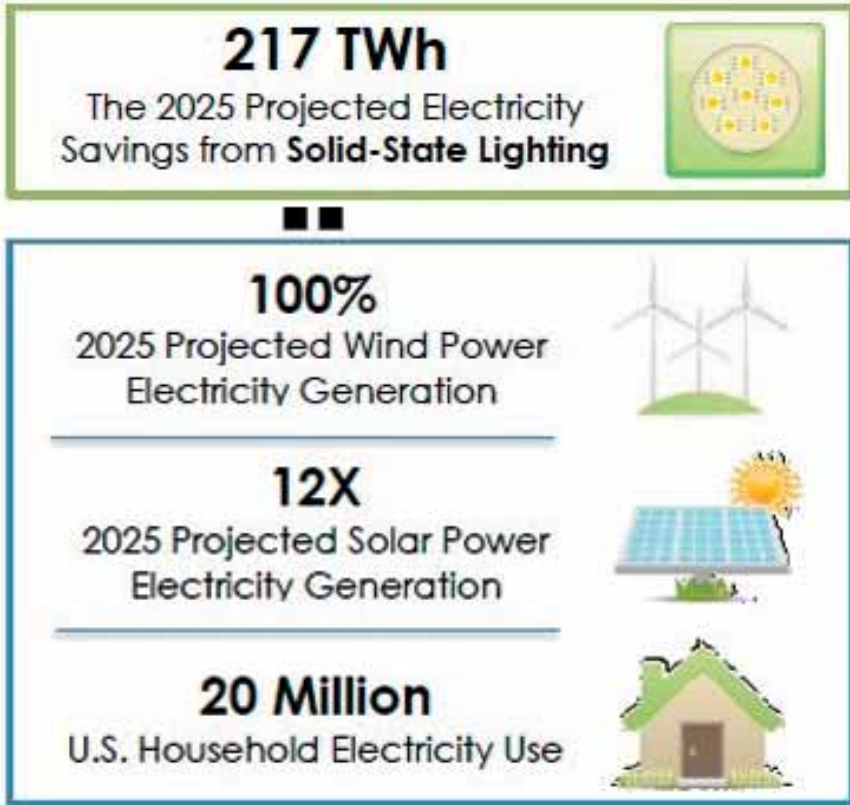
By DENNIS OVERBYE OCT. 7, 2014

Three physicists have been awarded the Nobel Prize for revolutionizing the way the world is lighted.

The 2014 physics award went to Isamu Akasaki and Hiroshi Amano of Japan and Shuji Nakamura of the University of California, Santa Barbara, for "the invention of efficient blue light-emitting diodes, which has enabled bright and energy-saving white light sources."

Şekil 1: 2014 yılı Nobel ödülünün fizik alanında LED araştırmacılarına verilmesi (1).

Bir LED lambası kendi içinde birçok alt bileşenlerden oluşur. Bir LED lambasının ana alt bileşenlerini; LED çipleri, ışık motoru, sürücü devresi, ısıl dizayn ve mekanik dizayn oluşturur. Son teknoloji ürünü LED lambalarında kontrol teknolojileri de bulunmaktadır ve akıllı telefonlar, tabletler ve bilgisayarlarla bunların kontrolü mümkün olabilmektedir.

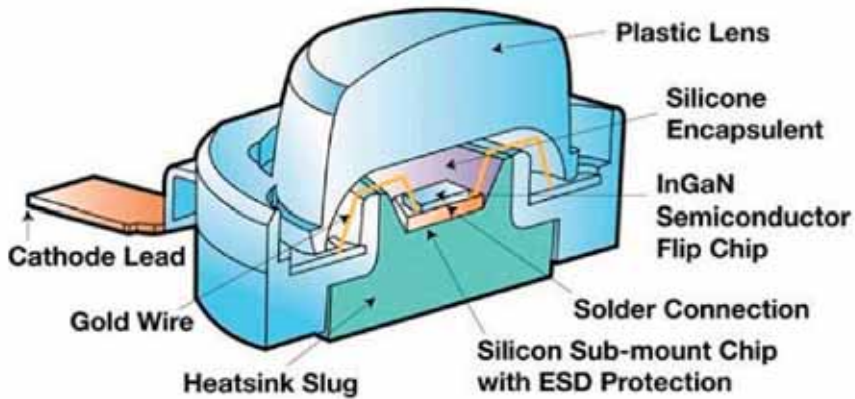


Şekil 2: LED dönüşümünün enerji üzerine etkisi (ABD Enerji Bakanlığı verisi) (3)

Şekil 3'te, ABD'de bütün binaların LED dönüşümü yapılması sonucunda 2025 yılında beklenen enerji kazanımları verilmiştir (217 TWh). Enerji fiyatının 0.1 USD/kWh olduğu düşünülürse, 21.7 milyar USD'lik bir kazanım söz konusu olacaktır. Bu

rakam ise ABD'nin rüzgar enerjisinden beklediği enerji üretimine ve güneş enerjisinden elde edilecek gelirin ise 12 katına tekabül etmektedir. Bu rakamların ülkemiz için hesaplanması da kolayca yapılabilir. Çok kolayca ve kabaca bir hespla, ortalama nüfusumuzun ABD'nin nüfusunun yüzde 30'ı olduğu düşünülürse, ülkemiz için de ciddi kazanımlar (> 4M USD) beklenebilir.

Şekil 2'de örnek bir LED paketi gösterilmiştir. Yaklaşık boyutları 5x5, 7x7, ve 10x10 (mm) oranlarında olan bu paketler üreticiden üreticiye değişebilmektedir. Genelde beyaz ışık üreten bu paketler, bazı uygulamalar için mavi ışık üreten paketler olarak da üretilmektedir. Aşağıda gösterilen tipik LED paketinde bir LED çip, elektrik bağlantı mikro kabloları, paketin içine yerleştirildiği içine silikon doldurulmuş kap, LED'in üzerine yerleştirildiği alt yerleştirme plakası (sub mount, genelde Si), metal koruyucu gövde (leadframe), plastik tutucu (encapsulant), lens, ve en altta da metal ısı atacağı bulunmaktadır. Eğer beyaz ışık üretilecek ise, çipin yüzeyine, lensin altına veya silikona karıştırılmış olarak fosfor malzemesi kullanılır (eg. YaG:Ce vb). Işıktaki ulaşmak istenen CRI (color rendering index,) ve CCT (correlated color temperature) için değişik fosfor alternatifleri de vardır.



Şekil 3: Tipik bir LED paketi (2)

LED'lerin en heyecan verici taraflarından birisi de; yarı iletken teknolojiyle üretildiği için üzerine konulan ve mikro ve nano ince tabakalarının istenen ışık üretmelerini, bu tabakaların kontrolü ile mümkün olabilmesidir.

Şekil 4'te sol üst tarafta düşük lümen üreten LED'ler, hemen altında yüksek ışık akımlı LED'ler verilmekle beraber sağ tarafta ise değişik uygulama örnekleri verilmiştir. LED'ler hakkında konuşulduğunda, enerji tasarruflarının ciddi miktarda olması, uzun ömür (>50,000 saat), ufak boyutlar, renk ve ışık kalitesi, ışığı kolayca yönlendirebilme kabiliyeti ve çevreci olmalarını son 10 yıldır duymaktayız. Bunlar gerçekten ilgimizi çekmekle beraber son yıllarda çok daha ilginç faydaları da sıkça tartışılır olmuştur.

Neden LED teknolojisi ? (2004)

- Enerji tasarrufu (verim >5x akkor lamba)
- 10-40x daha uzun ömür
- Robust, kırılğan değil
- Kompakt boyutlar
- Işık miktarı ve rengi tune edilebilir
- Batch üretim
- Çevreci- zararlı madde içermeyiz



Şekil 4: LED teknolojisinin avantajları (4)

Çok temel faydalarının yanı sıra LED'ler ile artık futuristik imkanların da olabileceği ortaya çıkmıştır. Şekil 5'te son yıllarda konuşulmaya hatta laboratuvarlarda gösterilmeye başlanan teknolojiler gösterilmiştir. Bunlardan ilki; ışığı dinamik olarak kontrol edebilme olup, moda göre renk ayarlaması yapabilmektedir.

Bir diğer özellik ise; LED'ler ile Wi-Fi gibi iletişim yapabilmek imkanındır. Mevcut kablosuz iletişimin ortaya çıkardığı bazı güvenlik problemleri bu sayede önlenmiş olup, mevcut ışıklarla bunları yapabilmek mümkün olacaktır.

Bir başka kullanım alanı ise; ışığın insan üzerindeki etkilerinin pozitif olarak yönlendirilmesi ile hem daha sağlıklı hem de daha verimli canlıların ortaya çıkartılmasıdır.

Neden LED teknolojisi ? (2014)

İnanılmaz derecede kontrol (ışık miktarı ve rengi)

İnsan faktörü etkisi (daha fazla verim)



Komunikasyon

Light business data

pureLiFi



Şekil 5: Son teknolojilerle LED'lerin sağlayabileceği futuristik kullanımlar (4)

LED'lerin, hayatımıza girmeye başladığı, 2003, 2004'lü yıllarda, bize sağladığı avantajlardan şöyle bahsediliyordu. "Diğer aydınlatma araçlarına göre daha verimli, uzun ömürlü, güvenli vs." Bir LED lambası, akkor lambadan 5 kat daha fazla verimli olabilmektedir. Aynı zamanda yine, diğer aydınlatma ürünlerine oranla çok daha iyi renk ve ışık kalitesini de doğal haliyle LED lambalarda yakalamak mümkündür. LED'lerin bu özelliklerinin üzerine bugünlerde çok daha yeni özellikler konulmaktadır. Örneğin; LED'lerin uzaktan kontrolü, akıllı telefonlarla ve kablosuz iletişim imkanlarıyla mümkün hale gelmiştir.

Bu teknolojik imkanların ve avantajların ötesinde, LED lambalarının insanların fizyolojine de çok önemli katkıları olmaktadır. Kötü aydınlatma sağlayan bir lambanın, insanın çalışma verimini azalttığı, iyi olanların, yani LED'lerin ise verimliliği artırdığı kanıtlanmıştır.

LED'lerin bir başka özelliği ise; çevreye zarar veren etkilerinin olmamasıdır. Bu ve buna benzer birçok etken, LED lambaların piyasaya çok hızlı bir giriş yapmasını sağlamıştır. Dünyada LED teknolojilerini üreten ülkeleri; ABD, Japonya, Tayvan ve Çin olarak sayabiliriz. Bu ülkelerdeki üretici şirketlerin, diğer ülkelerdeki şirketlerle irtibat halinde olduğunu da biliyoruz. Dolayısıyla ülkemizdeki şirketlerin de LED teknolojilerini üretme deneyim ve imkanları vardır. Şunu çok net olarak söyleyebilirim ki; LED teknolojisinin dünyada da yeni başlamış olması ve bu teknolojinin, global iletişiminin çok hızlı olması nedeniyle Türkiye, bu konuda geç kalmamıştır. Gelecek bir-iki yıl içinde, ciddi Ar-Ge çalışmalarıyla Türk şirketlerinin de bu alanda yer aldığını göreceğiz.

Özyeğin Üniversitesi EVATEG Merkezi-makalemin bu bölümünde Özyeğin Üniversitesi'nde 2012 yılında İstanbul Kalkınma Ajansı desteğiyle kurulan Enerji Verimliliği ve LED ve Elektronik Teknolojileri Araştırma Geliştirme Eğitim Merkezi'nden bahsetmek istiyorum. Kuruluşunda 10'dan fazla



global üniversite ve 5'ten fazla global şirketin yer aldığı bu merkez, Türkiye'de LED teknolojileri konusunda çalışmalarına 2012 yılında başlamıştır. Şu anda 15'ten fazla lisans-lisans üstü öğrencisiyle beraber mühendisleri ve teknik ekibiyle birlikte çalışan bu merkezde son 2.5 yılda 20'den fazla uluslararası makale ve 3 adet patent çıkarmıştır.

Bu merkez; ülkemizde LED teknolojilerinin geliştirilmesi için KOBİ'ler, araştırmacılar, devlet ve global akademisyenlerin birlikte çalışmasını esas almaktadır. Dolayısıyla hem şirketler özelinde hem de sektör genelinde çalışmalara katkıda bulunabilmektedir.

Bu konuda çalışmalar devam etmekte olup, son üç yıl içinde ülkemizin gözde kuruluşlarından Vestel ve Farba ile de projeler yürütülmektedir. Yurtdışından da Seoul Semiconductor (SSC, Kore) ve General Elektrik (ABD) ile ortak bazı çalışmalar yapılmaktadır. Bu merkez bünyesinde; üç tane laboratuvar kurulmuş olup, bir tanesi ileri optik ölçümler için gonyometre ve entegre küreye (integrated sphere) sahiptir. Diğer laboratuvarımızda ise ileri termal, mekanik ve mikroskobik ölçümler yapılmaktadır. Örneğin, LED çiplerinin üzerindeki hataları görmek için değişik mikroskobik teknolojilerle çalışılmakta olup paketleme hataları çalışılmaktadır. LED çipi, paketi ve sistemi üzerindeki lokal sıcaklıklar da mikroskobik termal teknolojilerle ölçülmektedir. Mekanik titreşimler için ve bunların LED'ler üzerindeki etkilerini çalışmak için de nanometre hassasiyetli lazer esaslı vibrasyon ölçen cihazlar mevcuttur.

Özyeğin Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi ile EVATEG'in yaptığı işbirliği neticesinde bu merkez, şirketlerimizin ve sektörün hizmetine açıktır. Üçüncü laboratuvar ise LEDoid mobil enerji demonstrasyon laboratuvar ve gösteri merkezidir. Yaklaşık olarak 20 m2 iç hacme sahip bu merkezde modern görüntüleme sistemleri, teknoloji demonstrasyon sistemleri ve özel sunumlar ziyaretçilerin ilgisine sunulmaktadır.



Şekil 6: EVATEG LEDoid mobil demonstrasyon merkezi

EVATEG kapsamında, aydınlatmanın ötesinde, ekran ve TV teknolojileri alanında da çalışılmaktadır. Bir endüstri lideri yerli firmamızla yapılan ortak çalışmada, TV arka aydınlatma ünitesi için gelecek teknolojilerinin çalışılması 2012 yılında öngörülmüş, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı desteğiyle SANTEZ programına alınmıştır. Ortaya çıkan konsepti içeren Avrupa patenti bu lider firma tarafından alınmıştır. Bu çalışma neticesinde global LED üreticileri ile yapılan görüşmelerde önemli problemler ortaya çıkmıştır. Bu sanayi kuruluşu ile yeni bir proje de Mart 2015'te başlamıştır. Yeni teknolojiler ile LED üzerindeki optik tasarımların yapılması ve optik tasarımlarla yeni LED konseptinin ileriye yönelik İnovatif fikrin uygulanması gerekmektedir.

Ülkemizde LED'lerin PCB üzerine hatasız yerleştirilmesi konusunda da ciddi hatalar vardır. Sektördeki firmaların çoğu "al ve koy" adı verilen makineleri aldıklarında ve elektronikleri koyduklarında işin tamamlandığını zannediyorlar. Bu, doğru bir algı değildir. Çünkü özellikle ABD'de son 30 yıldır IBM ve INTEL gibi lider şirketlerin elektronik paketleme üzerinde yaptığı çalışmalarda hala bu problemlerin olduğu ortaya çıkmıştır.

LED teknolojileri son 8-10 yıldır çok hızlı ilerliyor. LED'lerdeki bu paketleme problemlerinin önemli olduğu daha son yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu da LED'lerin performansını uzun vadede azaltacaktır. Bunların yapılması ve ileri performanslı bir ışık motorunun yapılması, bunların

entegre olup sistem bazında performansının gösterilmesi, örneğin ülkemizdeki TV ve aydınlatma ürünleri üreticilerinin Uzakdoğu menşeli ve dünyanın önemli pazarlarını kaplayan firmalarla yarışması imkanını sağlayacaktır. Aksi takdirde, mevcut teknolojilerle ilerici ürünlerin ortaya çıkması mümkün olmayacaktır.

Başarıyla tamamlanan projenin arkasından endüstrimiz ile yeni çalışmalara devam edilmektedir. Yerli lider firma ile bir proje daha yapılmış olup, yine bakanlık tarafından desteklenmektedir.

Bu da televizyonların içindeki elektroniklerden kaynaklanan termal etkilerin çalışmasını ortaya koymaktadır.



Şekil 7: EVATEG merkezi endüstrimizle ileri akıllı TV teknolojileri çalışmaları

Bunlara ilave olarak merkezimizde, otomotiv aydınlatma sistemleri de çalışılmaktadır. Bu alanda özellikle termal etkiler çok fazladır. Örneğin, bir otomotiv aydınlatmasında ışık motorunun ön tarafında LED'ler bulunurken, arka tarafında ise elektronikler vardır. Bunların etrafındaki sıcaklık bazen 70 dereceye kadar çıkabilmektedir ve elektronik LED'ler için bu sıcaklık ciddi problemler oluşturmaktadır. Bu problemleri aşmak için Özyeğin Üniversitesi ile Bayraktarlar Holding grup şirketlerinden olan FARBA ile, ileri LED teknolojileri çalışmaları son 22 aydır devam etmektedir. Bu çalışma ile hem LED'lerin, hem de elektroniklerin ömrünü azaltan ısı etkilerinin ileri teknolojilerle çözülmesi sağlanmıştır ve birkaç adet patent başvurusu oluşturulmaktadır.

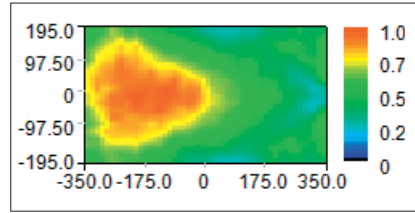


Şekil 8: LED esaslı otomotiv aydınlatma sistemindeki lokal sıcaklık problemleri

EVATEG merkezinin yaptığı bir başka proje de; Birleşmiş Milletler Global Kalkınma Fonu ve Enerji Bakanlığı tarafından desteklenen, ileri TV teknolojilerinin önemi konusunda halkımızın bilinçlendirilmesi çalışmasıdır. Bu kapsamda 2014 yılında Vestel ve Yıldız Teknik Üniversitesi ile ortaklaşa çalışmalar yapılmıştır ve halkımızın ileri TV teknolojileri ile enerji verimliliği konusunda bilinçlendirilmesi için uluslararası çapta bir yaz okulu gerçekleştirildi. Stanford Üniversitesi (ABD), Illinois Üniversitesi (Urbana, ABD), Philip (Hollanda), General Elektrik (ABD), Aselsan ve Vestel'den eğitmenler bu yaz okuluna katıldı. Bu kapsamda ülkemizin mühendis ve araştırmacıları da bilgi ve teknolojik görgülerini bu sayede geliştirme imkanları yakalamıştır. Ortak çalışmalar konusunda da ön konuşmalar tamamlanmıştır. Bu projenin en önemli çıktılarından birisinin dünyadaki ve ülkemizdeki ekran ve TV teknolojileri konusundaki durumlar gözden geçirilmiş olup, ileri teknoloji fikirler ortaya çıkmıştır. Bu noktada kritik teknolojiler olan;

- LED paketleme
- Optik tasarım
- Mikro lenslerini geliştirilmesi
- LED çipleri ve ışık motoru düzeyindeki termal teknoloji geliştirmeleri gibi ana konular yine ülkemizin bir lider firması ile kararlaştırılmıştır.

EVATEG merkezi, bu çalışmalarla kapsadığı alanı değişik bir platforma geçirmiş olup, enerji verimliliğinin sadece LED aydınlatmada değil televizyon teknolojilerine de taşımıştır.



Şekil 9: SMART TV'lerdeki LED arka aydınlatma ünitesindeki optik problem örneği

Burada çok ilginç bir konu var: Bir televizyonun harcadığı enerjiye bakarsanız, büyük kısmının arka aydınlatma ünitesine

gittiğini görürsünüz. Dolayısıyla bu alandaki teknolojilerin ülkemizde de gelişmeye başlaması EVATEG'i de heyecanlandırmaktadır.

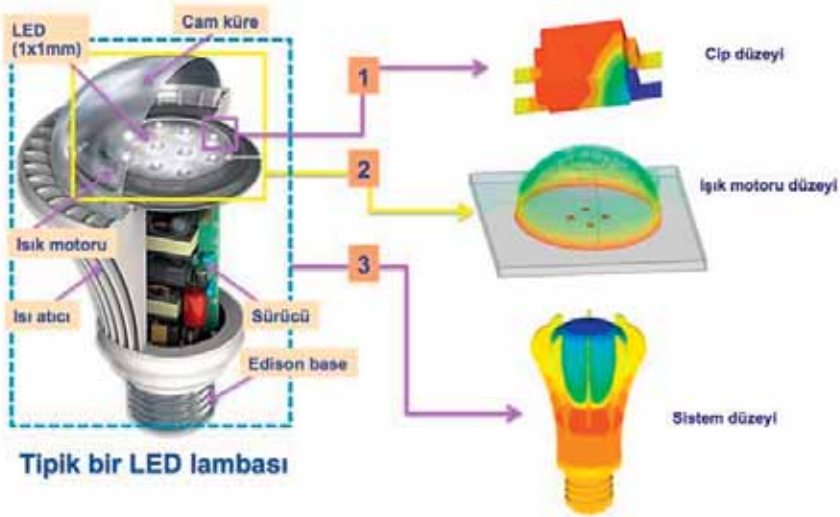
Bu çalışmalar neticesinde aslında EVATEG'in de kapsam alanı genişlemiş olup, artık bir derece ileri global teknoloji merkezi niteliğine sahip bir yer olmaktadır. Bunun için global prestijli bilimsel dergilerinde makalelerin yayınlanması, patentlerin alınması ve ortaklıklar sağlanmıştır. Bu noktada endüstrimizin ihtiyacı olan sertifikasyonlarda 2015 yılında planlanmıştır. Bu sertifikasyonlar tamamlandığında, ülkemizdeki üreticiler, global şirketlerle ortaklık çalışmalarını daha rahatlıkla yapabileceklerdir.

LED Sistemlerindeki Seçilmiş Bazı Problemler

LED teknolojileri son 15 yıl içinde hızla gelişmesine rağmen birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Şu anda piyasada satılan mevcut LED lambaları bazı ihtiyaçları karşılamasına rağmen uzun vadede güvenilirlik (reliability) konusunda kesin sonuçlara henüz ulaşamamıştır.

Bu bölümde, LED sistemlerindeki bazı problemleri tartışacağız. Bu tartışmalara başlamadan önce, belki de bir LED sisteminin alt yapılarına tekrar göz atmak faydalı olacaktır. Şekil 10'da da (12) görülebileceği gibi bir LED sistemi üç ana grupta çalışmaktadır veya alt yapılara indirgemek mümkün olabilir. Bunlar sırasıyla, LED çipi, LED ışık motoru ve bütün sistemi oluşturan LED lambası olarak adlandırılabilir. Mikroskopik hataların gözle görülemediği çip düzeyindeki problemler için özel modellerin yapılması ve bu modellerin mikro ölçüm teknikleri ile saptanması mümkündür. Çünkü 1x1 mm boyutundaki bir çipin veya birkaç mikrometre çapındaki bir fosfor parçasığındaki problemler gözle görülemeyecektir. İkinci alt segment ise ışık motor adını verdiğimiz LED'lerin üzerine dizildiği PCB'yi içermektedir.

Bu noktada termal ve optik dizaynların önemi gittikçe ortaya çıkmamaktadır. Burada yapılacak hata ışığın kaybına ve gereksiz ısı üretimine sebep olmaktadır. Bu gruplandırmanın üçüncü boyutu ise bütün sistem boyutundaki çalışmalardır. Ülkemizde bu noktada çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu noktada toplam üretilebilen ışık miktarı, sistem verimi, tüketilen enerji miktarı, ışığın rengi ve kalitesi ile beraber dalga boyları gibi bazı değerlere bakılmaktadır. Ülkemizdeki birçok şirket bilgisayarların 1990'lı yıllardaki toplama sistem üretme metoduna çok benzemektedir. Bu yol izlendiğinde kısa sürede belirli miktarda finansal etkiler yapılabilmiş olup, temel teknoloji ve ülke ekonomisine katkıları ne yazık ki limitli olmuştur.

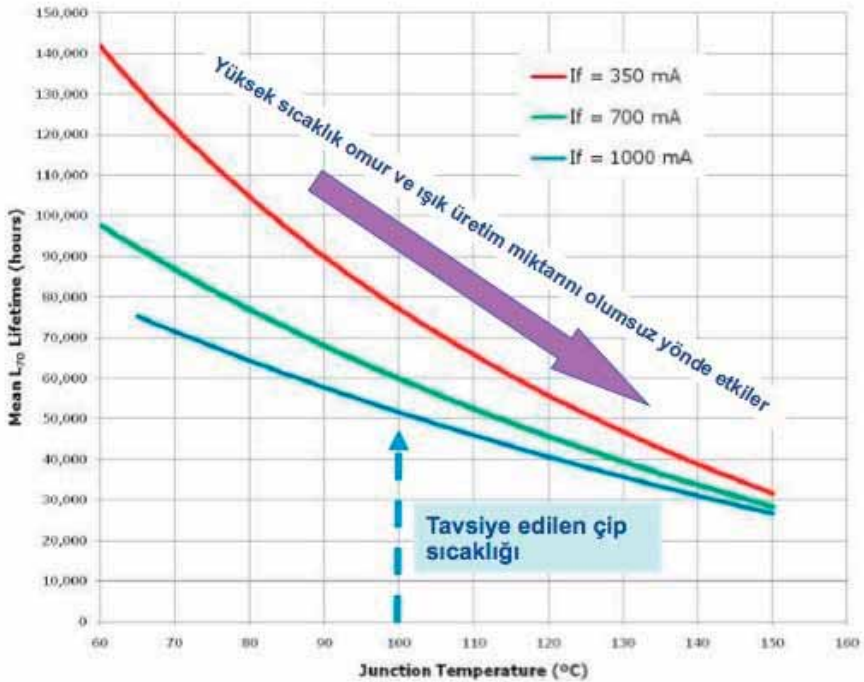


Şekil 10: Tipik bir LED lambasının alt yapıları ayrılması (12)

Burada birkaç problemden kısaca bahsedilecektir. Bunlardan birincisi, LED çipinden sisteme kadar başlarsak, LED çipindeki problemlerden en önemlilerinden bir tanesi, LED'in içindeki elektrik akımının dağılımıdır. Biz buna akım kalabalıklaşması diyoruz. Akımın üniform olarak dağıtılması gerekmektedir.

Akım belli bir değeri aştıktan sonra birçok çipte optik verimin azaldığını (droop etkisi)görmekteyiz. Bu problem, neredeyse piyasadaki bütün çiplerde mevcuttur. Henüz çözülememiştir.

Cip düzeyinde hem optik hemde ısı problemleri görmek mümkündür. Şekil 11'de sıcaklığın LED'lerin ürettiği ışık miktarı üzerine olan etkisi gösterilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi üretilen ışık miktarı sürülen akımla artmakla beraber sıcaklıkla ciddi olarak azalmaktadır. Son 7 yıldır bu problemin kısa sürede çözüleceğini söyleyen endüstrinin bu problemin çok temel bir problem olduğunu ihmal etmesi veya unutmasına şahit olmaktadır.



Şekil 11: 2008 yılında bir lider LED firması tarafından verilen sıcaklığın ışık miktarına etkisi eğrisi (4)

Şekil 12’de 2014 yılında LED çipleri üreten firmalardan alınan performans grafikleri paylaşılmıştır. Her iki üreticinin performans grafiklerinden de görülebileceği gibi hala çipin sıcaklığı LED’in performansını etkilemektedir.



Şekil 12: 2014 yılında lider LED çip firmalarından alınan verilere göre sıcaklığın ışık üzerine etkisi (12)

Özellikle TV sistemlerinde özel optiklerin yapılması (mikro lens) ışığın dağılımı açısından kısıktır. Bu konu EVATEG ve Vestel tarafından ortaklaşa çözülmeye çalışılan problemlerden birisidir. Bundan sonraki problem; LED’lerin içindeki optik kayıplardır. Işık dışarıya yüzde 100 olarak çıkmamaktadır.

Optik dediğimiz bu problemler hem ara yüzlerden, hem de ışığın renk değiştirmesinden (stokes kayıpları vb.) kaynaklanan bazı problemlerdir. LED çipinin pakete bağlanmasındaki bir başka problem de, paketlenme problemidir. Biz buna yapıştırma hataları (bonding defects) adını verdiğimiz kablo ile bağlanma problemi diyoruz. Yapılan yanlış lehimleme

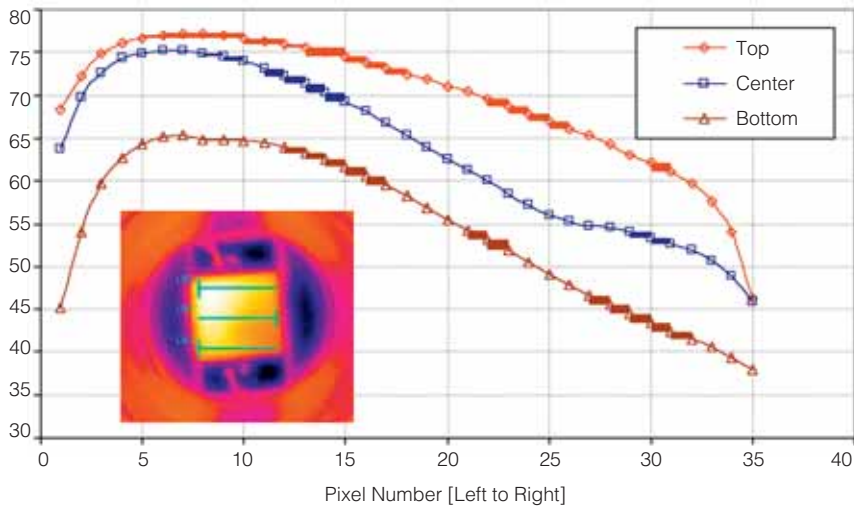
sonucu bu kabloların yerinden kalkabildiği bilinen problemler arasındadır.

Şekil 13'te buna örnek bir problem paylaşılmıştır. Yaklaşık boyutları 1x1 mm olan bu çipte ortadaki resimde sıcaklık farkı açıkça görülebilmektedir.



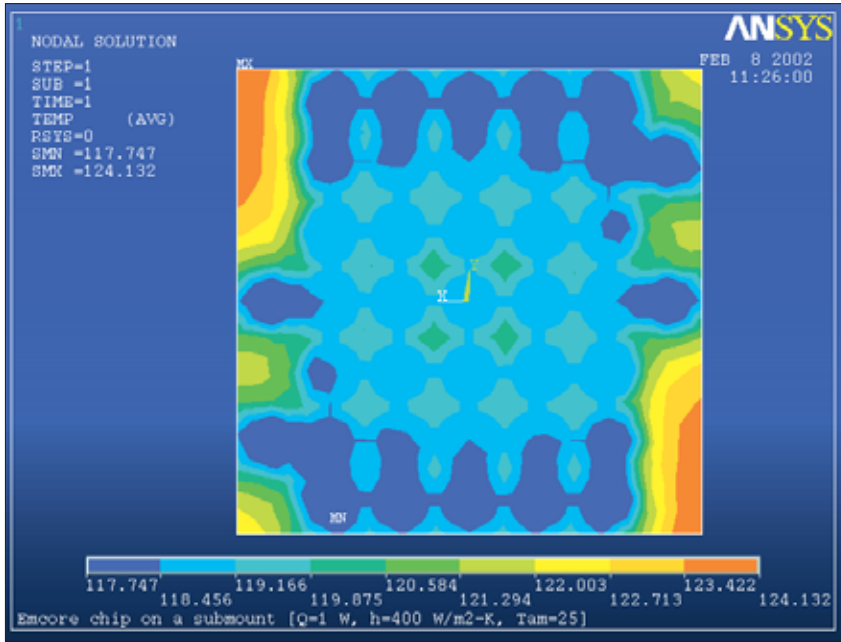
Şekil 13: Paketleme hatasına örnek (11)

Şekil 14'ten de görülebileceği gibi böyle hatada bir paketdeki sıcaklık dağılımı 35 C'nin üzerinde olabilmektedir. Bu önemli sıcaklık farkı çok kısa bir zaman içinde ışığın miktarının azalması, renkte değişme ve ışık kalitesindeki sapma olarak karşımıza çıkmakla beraber en kötü durum ise kısa sürede LED'in ömrünü bitirmesi olarak beklenebilir.



Şekil 14: Hatalı bir LED çipindeki sıcaklık dağılımı (11)

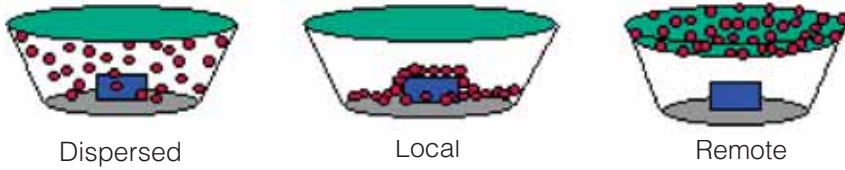
Bu problemleri, ileri modelleme teknikleri ile de belirlemek ve zamanında yapılacak olan tedbirlerle elimine etmek mümkün olabilecektir. Buna bir örnek olarak Şekil 15'teki çalışma gösterilebilir. Sonlu elemanlar yöntemi ile paketleme hataları gösterilmiştir. Gerçek uygulamalardan esinlenerek yapılmış olan ve 2002 yılında ortaya çıkartılan bu problemler hala LED ler için devam etmektedir. Bu konuda ülkemizdeki çalışmalar yok denecek kadar azdır ve bu konunun da çalışılması önemlidir. Çünkü LED'lerin paketlenmesini anlayamamış bir endüstrinin veya bir ürünün global şirketlerle yarışması düşünülemez.



Şekil 15: LED paketleme hatalarını modellerle belirleme (4,7)

Bir başka problem; LED'in üzerine konulan ve mavi ışığı beyaz ışığa çeviren fosfordan kaynaklanmaktadır. Fosfor LED'e üç ayrı şekilde konulur. Bir tanesi, genellikle silikonla karıştırılan yardımcı malzeme ile olabilir. Çipin üzerine konulan

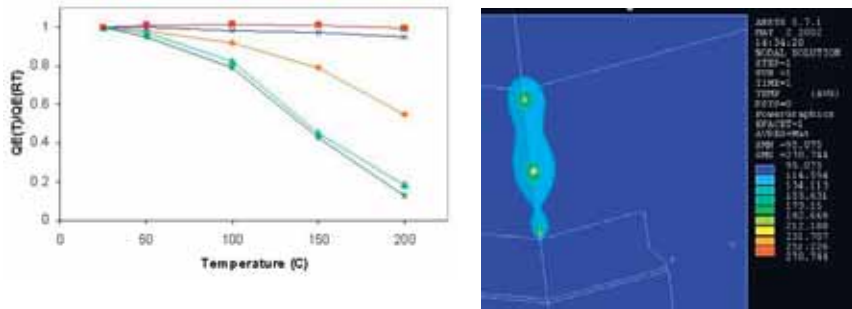
fosfor, bir diğeri paketin içindeki doldurulan fosfor ve bir diğeri ise lensin altına konulan uzaktan fosfor uygulamasıdır. Şekil 16'da fosforun LED sistemlerinde kullanılması görsel olarak verilmiştir.



Şekil 16: LED sistemlerinde fosforun kullanıma şekilleri (9)

Fosfor; mavi ışığın gelip beyaz ışığa dönmesiyle aslında çok güzel bir teknoloji ortaya koymaktadır. Fakat kendi içinde verimi düşük olduğu için bu lokal ısınmaya sebep oluyor. Bu da etrafındaki ısı iletim kalitesi düşük olan silikondan dolayı ısıyı iletememekle birlikte cipten daha yüksek bir ısıya çıkmaktadır.

Şekil 17'de sıcaklığın fosfor verimi üzerindeki etkileri ve modellerle gösterilmiş olan lokal sıcaklıklar verilmiştir. Buradan da anlaşılabacağı gibi fosfor sıcaklığı LED cipinden onlarca derece daha fazla olabilmektedir. Bu da hem fosforun hem de sistemin verimine negatif etkiler yapmaktadır.



Şekil 17: Fosforun sıcaklıkla performansının düşmesi ve lokal sıcak noktalar (4,7)

Bir başka problem de; içinde fosfor olan silikonun çip yüzeyinden ayrılmasıdır. Biz buna delamination problemi diyoruz. Bundan dolayı araya hava girmekte ve ciddi optik kayıplara neden olmaktadır.

Ayrıca bazı malzemeler hızlı bir şekilde ışığın etkisi ile renk değiştirmekte ve sararma olmaktadır. Bu da optik kayıpları artırmaktadır. Buna örnek olarak şekil 18'deki problem verilebilir.



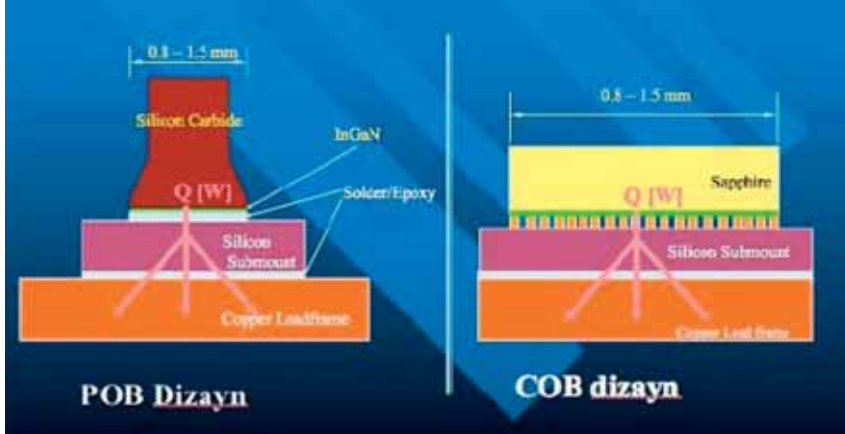
Şekil 18: Zamanla performansı düşen bir LED lensinin renk değişimi ve ışık kayıpları (4)

Bir başka problem; lens problemidir.

Lens malzemesinin ışığı geçirgenliğinin yüksek olması, absorbe etmemesi ve CTE adını verdiğimiz ısı genileme katsayısının bağlandığı yüzeyle çok fazla olmayıp, üzerinde termal sıcaklığı neden olmaması gerekmektedir.

Ülkemizde lens dizaynı konusunda da ciddi eksikler vardır. Çok kritik olan bu konuda uygulamaların yapılması gerekmektedir. Bu, sokak lambaları ve otomotiv lambalarında çok önemli bir konuyu teşkil etmektedir. Çünkü ışığın yönünü takip edemezseniz ciddi sıkıntılar olabilir.

Bunların ötesinde; çipin yüzeye ışık motorunun yüzeyine konulmasında iki metot vardır. Birisi, çipin PCB yapıştırılması, diğeri ise paketin PCB üzerine yapıştırılmasıdır. Üretim kolaylığı nedeniyle LED paketinin PCB'ye yapıştırılması tercih edilmekle birlikte paketleme tekniklerinin her ikisinde de ülkemizde ilerleme kaydedilmesi gerekmektedir.



Şekil 19: COB ve POB paketleme tekniklerinin şematik olarak gösterimi

Sürücü devrelerinin büyük çapta yapılması mümkündür. Özellikle sokak lambalarında iç hacim yeterince büyüktür ve ciddi problemlere neden olmamaktadır. Fakat iç aydınlatma lambalarında yüksek verimli, enerji star adını verdiğimiz sürücülerin yapılması gerekmektedir.

Bu tür teknolojilerin de ülkemizde geliştirilmesi gerekmektedir. Sürücü devrelerinin termal yönetiminin yapılması çok kritiktir. Çünkü devre üzerinde sıcaklığa hassas elektronik komponentler vardır. Bunların termal dizaynı doğru yapılmazsa, ömürleri 50 bin saate ulaşmadan zamanla performansını kaybedecektir.

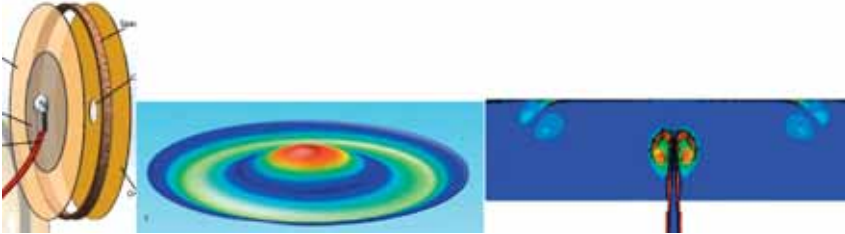
Sistem düzeyindeki termal performansla ilgili de şunları söyleyebiliriz. Her LED lambasında bir termal yönetim gerekmektedir. Bu konuda sıkça karşılaşılan tekniklerden bir tanesi pasif olarak yapılmasıdır. Pasif termal yönetimin yapılması durumunda şöyle bir durumla karşılaşıyoruz: Mevcut metal esaslı ısı atıcılar (Alüminyum, bakır vb.) kullanıldığında bunlarını yoğunluğunun fazla olmasından dolayı ağırlık ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

İleri Soğutma Teknolojileri

LED'lerin, elektroniklerde kullandığımız entegre çiplerden farklı olmadığını düşünürsek ve bir LED çipin sıcaklığının 100 C'nin altında tutulmasının hem optik olarak hem de ömür olarak kritik olduğundan ileri termal tekniklere ihtiyaç vardır.

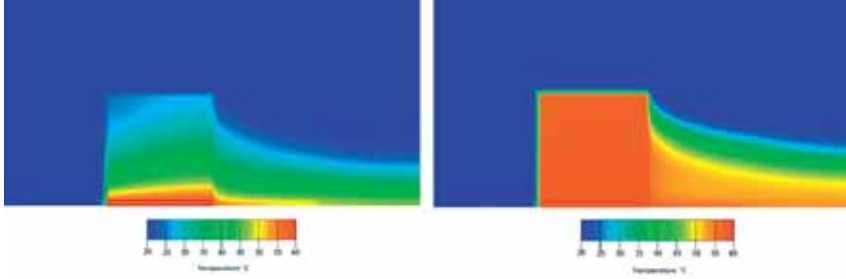
Bu tekniklerde ilki sentetik jet adı verilen ve mikrofluidik esasiyle çalışan teknolojidir.

2012 yılından beri TÜBİTAK tarafından desteklenen bu projede ileri sentetik jet teknolojisi modelleri ve prototipleri EVATEG laboratuvarlarında geliştirmektedir. Bu kapsamda geliştirilen bir konsept, yapısal modelleme ve CFD akış durumu şekil 20'de verilmiştir. Bu yeni yaklaşımların yeni patentlerin alınmasına sebep olması beklenmektedir.



Şekil 20: ARTgroup sentetik jet teknolojisi (a-şematik mimari, b-yapısal model and mod şekli, c- CFD ve vorteks oluşumu) (4,13)

EVATEG kapsamında çalışılan bir diğer konu da ileri ısı boruları ve iletim esaslı katı iletken malzemelerdir (grafit, graphene vb). Bu malzemeler ile mevcut sistemler üzerinde inovatif olarak uygulanması ile lokal sıcaklık farklarının elimine edilmesi planlanmıştır. Ayrıca bu malzemeler ile ileri ısı atakları (heat sink) yapılabilmesi mümkündür. Bu konuda yapılan bir çalışmada bu inovatif malzemelerin LED'ler için ciddi performans artırımları yapabileceği ve farkındalık yaratabileceği ortaya konmuştur. Bu konuda da EVATEG bünyesinde çalışmalar halen devam etmektedir.



Şekil 21: Düşük performanslı bir ısı atacağı ile yüksek performanslı bir ısı atacağı performansı (8)

Son olarak sıvı ile soğutma teknolojisinden kısaca bahsedilecektir. Avrupa Birliği'nin FP7 kapsamında desteklenen bir projede LED'lerde ve fosfor taneciklerindeki lokal sıcak noktaların eliminasyonu için sıvı soğutma çalışmaları 2012 yılında başlamış olup halen devam etmektedir. Şekil 22'de örnek bir sonuç paylaşılmış olup, LED çipi üzerindeki sıcaklığın ciddi miktarda düşürülmesi hem modeller hem de deneylerle gösterilmiştir.



Şekil 22: Sıvı soğutmalı LED ışık motoru çalışması sonuçları (12)

Modelleme Teknikleri

LED teknolojilerinin geliştirilmesinde en önemli aletlerden birisi ileri modelleme teknikleridir. Ülkemizde; termal modelleme, optik modelleme, sürücü devrelerinin modellemesi ve optimizasyonu da geliştirilmesi gereken önemli alanlardandır. Ne yazık ki bu konularda da ülkemizde ciddi eksiklikler mevcuttur. Akademi ve endüstrinin ortak çalışmalar ile bu eksikliğin giderilmesi mümkün olacaktır.

Özet ve Sonuçlar

Enerjinin hayatımızdaki önemi ve maliyetinin yüksekliği herkesin ortak görüş birliğine vardığı bir konudur. Yeni enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesinin yanında, enerji verimliliğinin ve kazanımlarının da boyutlarının küçümsenmeyecek kadar büyük olduğu ortadadır. Yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve uygulanması, sistem komponentlerinin yeniden optimizasyonu ve enerji verimliliği için yeni tekniklerin araştırılması ve geliştirilmesi ülkemizde de yüksek teknolojiye sahip ülkeler gibi yapılabilmesi önemlidir. Fakat bu konuda ciddi çalışmaların yapılması, Ar-Ge için ayrılan kaynakların doğru yerlerde ve miktarlarda kullanılması önemlidir.

Binalarda kullanılan toplam enerjinin, yaklaşık beşte birinin aydınlatma için kullanıldığı düşünülürse, ve LED'lerin eski nesil akkor lambalara göre 5 defa daha verimli olup çevreye negatif etki yapmadığı göz önüne alınırsa, teknolojilerin geliştirilmesi ve bu konuda patentlerin alınması mümkün olabilecektir.

Bu konuşmada bahsettiğimiz konular aşağıdaki özet sonuçlar olarak listelenebilir;

- LED aydınlatma sistemleri mevcut diğer aydınlatma ürünlerinden daha verimlidir ve çevreye zarar vermez.
- Ülkemizde aydınlatma sektörü önemli bir paradigma yaşamaktadır ve lamba üretmeye niyetlenmiş ve bu konuda yatırım yapan KOBİ ve büyük ölçekli şirketlerimiz mevcuttur.
- İleri teknolojileri geliştirilebilmek için akademi-endüstri-devlet ortaklaşa çalışmalı ve büyük etki yapan teknolojileri gerçekleştirmek için ciddi AR-GE çalışmalarını yapmalıdır.
- Özyeğin Üniversitesi EVATEG Merkezi; LED ve OLED aydınlatma ve ekran teknolojileri konusunda hem ülkemizdeki hem de dünya pazarındaki lider firmalarla çalışmalar yapmakta olup, yeni teknolojileri araştırmacı ve lisansüstü öğrencileriyle geliştirmektedir.



- Son 5 yılda ülkemizdeki SSL aydınlatma için ayrılan Ar-Ge yatırımının yaklaşık 10M USD olduğu fakat bu rakamın ABD gibi ülkelerdeki yatırım ile kıyaslandığında %3'ünden daha az olduğu görülmüştür. Bu konuda yatırımların doğru yönlendirilmesi kritiktir.

Bu kısa makale, genel kitleye hitaben yazılmış olup, teknik detaylara girilmemeye özen gösterilerek hazırlanmıştır. Son olarak, endüstrimize yön veren liderlerimize ve iş adamlarına aşağıdaki birkaç noktayı paylaşalım;

- Hızla gelişen bilgi çağı ekonomisinde, Ar-Ge yapmayan veya Ar-Ge'de geride kalan şirketler, kısa sürede yok olacaklardır.
- Ar-Ge kısa, orta ve uzun vadeli olabilir. Ar-Ge için sabırlı olmak ve işini iyi yapan bir ekiple çalışmak kritiktir. Bu nedenle Ar-Ge takımlarının heyecanlı, çalışkan ve işini iyi bilen insanlardan olması çalışmanın niteliğini artırıp sonuçlara ulaşma zamanını azaltacaktır.
- Özenle seçilen Ar-Ge araştırmacılarının motivasyonu iş adamları ve liderler tarafından artırılıp, azaltılabilir. Bu çalışanların motivasyonunun yüksek tutulması kritiktir.
- Devletin verdiği Ar-Ge yatırımlarını çekiciliğinin yanında, endüstrinin de bu konularda yatırım yapması önemlidir.

Teşekkürler

Yazar bu araştırmalara destek veren İstanbul Kalkınma Ajansı, Bilim Sanayii ve Teknoloji Bakanlığı, EU FP7 programı CIG fonu ve TÜBİTAK (112M154)'a desteklerinden dolayı teşekkür eder.

Referanslar

- [1] http://www.nytimes.com/2014/10/08/science/isamu-akasaka-hiroshi-amano-and-shuji-nakamura-awarded-the-nobel-prize-in-physics.html?_r=0
- [2] Philips News Center, "The technology of LEDs"
<http://www.newscenter.philips.com/main/standard/about/news/news/article-15308.wpd>
- [3] <http://www.netl.doe.gov/ssl/>
- [4] M. Arik, A. Setlur, S. Weaver and J Shiang, "Energy Efficient Solid State Lighting Systems", Encyclopedia of Thermal Packaging, World Scientific Publishing, Ed. A. Bar-Cohen, 2012.
- [5] M. N. Inan and **M. Arik**, "A Multi-Functional-Design Approach and of Figure of Merits for LED Lighting Systems", Journal of Solid State Lighting, 1:8, May 2014.
- [6] **M. Arik**, J. Jackson, S. Prabhakaran, C. Seeley, R. Sharma, Y. Utturkar, S. Weaver, G. Kuenzler, and B. Han, "Development of a High Lumen Solid State Down Light Application", IEEE CPT (*in press*), March 2010.
- [7] M. Arik and A. Setlur, "Environmental and economical impact of LED lighting systems and effect of thermal management, "*Int. Journal of Energy Research (IJER)*, December 2009.
- [8] M. B. Dogruoz, and **M. Arik**, "Conduction, Convection, and Radiation Heat Transfer from Advanced Heat Sinks", *ASME Journal of Electronics Packaging*, January 2009.

- 
- [9] **M. Arik**, S. Weaver, A. Setlur, D. Haitko, J. Petroski, "Chip to system levels thermal needs and alternative thermal technologies for high brightness LEDS" *Journal of Electronics Packaging*, pp. 328-338, September 2006.
- [10] M. Arik and E. Tamdogan, "Synthetic Jets Heat Transfer Augmentation for Microelectronics Systems", *Cooling of Microelectronics Book*, October 2014.
- [11] **M. Arik** and S. Weaver, "Effect of chip and bonding defects on the high brightness LED junction temperatures" *Journal of Optical Engineering-Special issue on Solid State Lighting*, (44) 11, pp. 111305(1)-111305(8), November 2005.
- [12] E. Tamdogan, and **M. Arik**, "Effect of Liquid Cooling on the Performance of Optical Light Extraction for LED Systems", 14th International Symposium on the Science and Technology of Lighting– LS14, Como, Italy, June 2014.
- [13] O. Ghaffari, B. Dogrouz, **M. Arik**, "An Investigation into Momentum and Temperature Fields of a Meso-Scale Synthetic Jet", IEEE Itherm 2014 Conference, Orlando, FL, May 27- June 1, 2014.

6. 2. Aydınlatmada Yeni Teknolojiler: LED ve Otomasyon Yol Aydınlatması Uygulamaları

Prof. Dr. Sermin Onaygil
İstanbul Teknik Üniversitesi
Enerji Enstitüsü
Enerji Planlaması ve Yönetimi A.B.D.
onaygil@itu.edu.tr

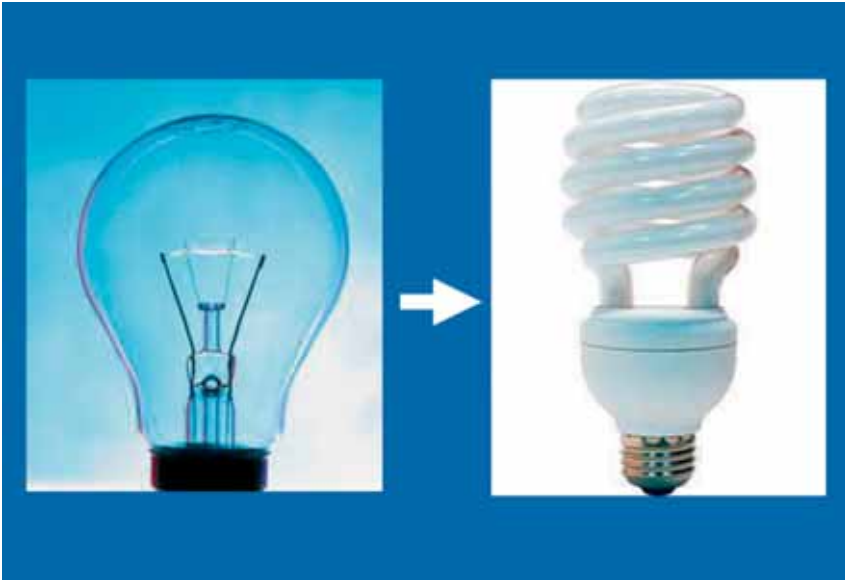
Sunum Kapsamı

- Enerji Verimliliği çalışmalarında “aydınlatma”nın yeri
- Enerji Verimliliği çalışmalarında “yol aydınlatması”
- LED teknolojisi & LED armatür - Üstünlükler / Sakıncalar
- LED’li yol aydınlatması
- Türkiye’deki demo retrofit uygulama projeleri
- Yol aydınlatması otomasyonu Ar-Ge projesi

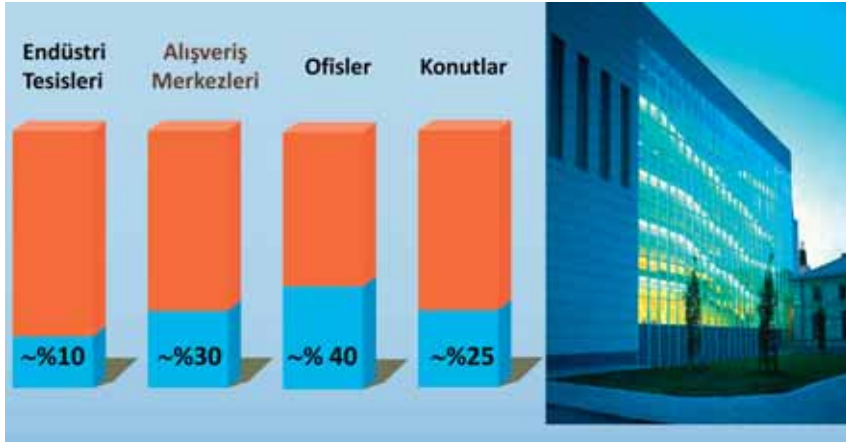
Enerji Verimliliği

- Enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm aşamalarda en yüksek etkinlikte değeriendirilmesi,
- 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



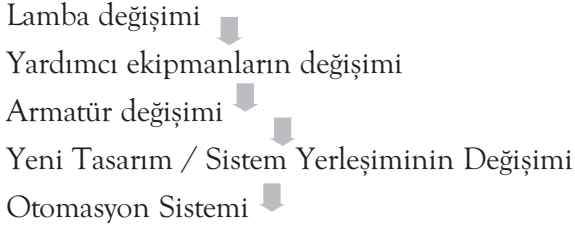
Aydınlatmada Verimlilik & Tasarruf

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.



Aydınlatmada Verimlilik



Enerji Verimliliği Çalışmalarında Yol Aydınlatması

- Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de özellikle 2007 yılından beri yoğun bir şekilde sürdürülmekte olan “enerji verimliliği” çalışmalarında, temininde büyük güçlükler yaşanan elektrik enerjisini tüketen sistemlerden biri olan “aydınlatma tesisatları” mevcut tesisatların yetersizliği, teknolojiye yenilikler ve kısa geri ödeme süreleri nedeniyle üzerinde en çok konuşulan ve uygulama yapılan konulardan biri haline gelmiştir.
- Enerji verimliliği kapsamında yoğun olarak yürütülen çalışmalar arasında, kolay uygulanabilir ve izlenebilir olduğu için yol ve sokak aydınlatmalarında yeni teknoloji LED’li armatürlerin kullanılması konusu sürekli gündemdedir.
- Bu uygulamalar, büyük enerji tasarruflarının sağlanabileceği iddia edilerek, hükümetlerin enerji verimliliği stratejileri içinde de yer almaktadır.



Türkiye'deki sokak lambalarının tümünü değiştiriyoruz

T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Taner Yıldız:



"Armatürlerle ilgili konuştuk. Firmalarla görüştük. Sokak aydınlatmasının finansmanı ile ilgili ayrı bir çalışma yapacağız. Tasarruf sağlayacağız. LED'ler ile 100 birim elektrik yerine belki 25 birime düşecek." (5 Haziran 2012)

• "Bu işin maliyeti yaklaşık en az 3-4 milyar. Finansmanını ve projelendirmesini kamuya yük olmadan yapacağız. 17 milyon adet sokak lambası var." (5 Haziran 2012)

• "Çok güzel bir model hazırlıyoruz. Hiçbir şekilde kamudan 1 lira almayı düşünmüyoruz. Davet usulü ihale yapacağız. En önemlisi yerli üretim zorunluluğu koyacağız." (5 Haziran 2012)

• Türkiye'de 6-7 milyon civarındaki sokak lambasının LED teknolojisine dönüştürülmesi için çalışmaların olduğunu bildiren Yıldız, uygulama için iki pilot bölge seçtiklerini bunlardan birinin de Ankara'da İnönü Bulvarı olduğunu açıkladı. (9 Kasım 2012)

Gerçekçi olmayan tasarruf oranları

• LED teknolojisinin kullanıldığı aydınlatma sistemleri, enerji verimliliği çalışmalarında adeta tek bir çözüm olarak tanıtılmakta ve aydınlatma gerçekleştirilecek ortamların koşulları, LED dışında kullanılabilecek ışık kaynaklarının özellikleri dikkate alınmadan, genel bir ifade ile % 80'lere varan enerji tasarrufu sağlanacağı ileri sürülmektedir.



LED Üreticileri



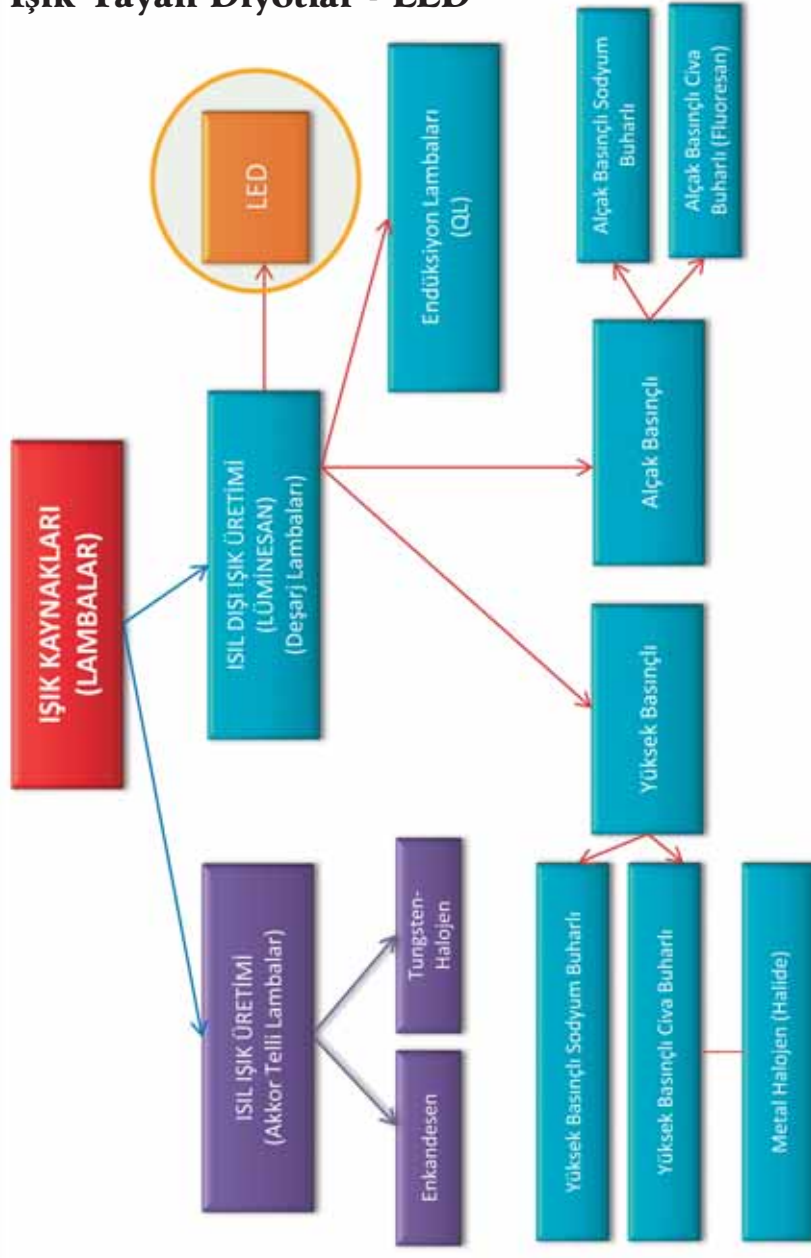
Yetersiz Bilgi



Aydınlatma Uzmanları

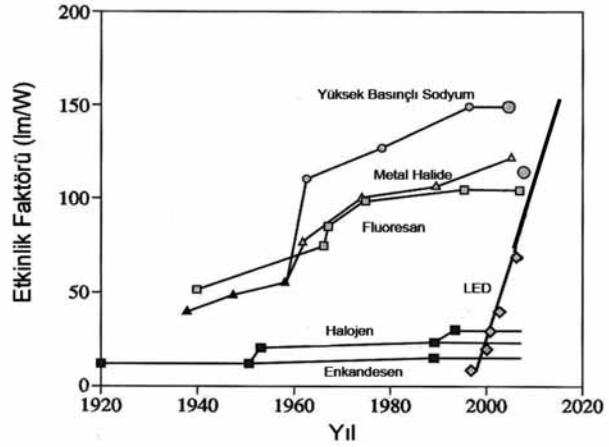
Doğru uygulamalar çok dikkatli analizler gerektiriyor!

Işık Yayan Diyotlar - LED



LED - Tarihçe

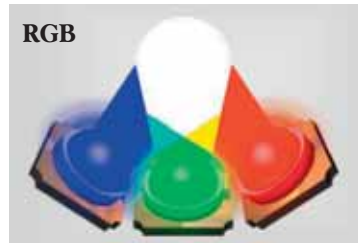
- 1891 : Silisyum Karbür (SiC)
- 1907: Silisyum Karbür + Elektrik _ Lüminesan Işık
- 1962: Pratik kullanıma uygun ilk LED
- 1985: Yüksek parlaklığa sahip LED (InGaN)
- 2003: 65 lm/W
- 2006: 101 lm/W
- 2010: 208 lm/W
- 2011: 231 lm/W
- 2012: 254 lm/W
- 2013: 276 lm/W
- 2014: 303 lm/W



LED'ler ile Beyaz Işık Eldesi

Üstünlükleri:

- Ayarlanabilir renk sıcaklıkları,
- Farklı renk seçenekleri Sakıncaları:
- Kontrolü zor
- Düşük CRI
- Düşük etkinlik faktörü (lm/W)



Üstünlükleri:

- Tek LED kullanımı
- Kolay kontrol
- Kolay ikincil optik
- İyi CRI
- İyi etkinlik faktörü (lm/W)



LED Kullanımının Üstünlükleri

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 Kullanımının Sakıncaları

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



Sorunlar ve Belirsizlikler

• 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 standartlarının da hazırlanması gerekmektedir.
- Mevcut olan bu dokümanlar, LED'lerin gerçek çalışma sıcaklıklarında geçerli olabilecek ölçüm ve değerlendirme yöntemlerini önerememektedir.

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

LED'li Yol Aydınlatması

• Yol aydınlatması hem yaya hem de sürücüler için çevrelerinin daha güvenli olmasını sağlayan çok önemli bir kamu hizmetidir. Toplam elektrik enerjisi tüketimimizde yaklaşık %2 olarak gösterilen “genel aydınlatma” payı içinde, yol ve sokak aydınlatmaları ağırlıklı olarak yer almaktadır LED’li yol aydınlatması tesisatlarında da mevcut standart ve şartnamelerdeki koşullar sağlanmak zorundadır.

• LED teknolojisinde geline son durum henüz M1 aydınlatma sınıfı otoyollar için maliyet etkin çözümlere ulaşılmasına olanak tanımamaktadır.

- Uygulama Alanları
- Şehir içi ve bağlantı yolları



Türkiye Şehir İçi Yol Tanımları ve Yol Aydınlatma Sınıfları

Yol tanımı	Aydınlatma sınıfı
Şehir bağlantı ve çevre yolları (tek veya iki yönlü, kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri dahil)	
- Hız $\geq$ 90 km/h;	M1
- Hız < 90 km/h;	M2
Şehir içi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler; ring yolları; dağıtıcı yollar)	
- 50 km/h $\geq$ Hız < 90 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var;	M1
- 50 km/h $\geq$ Hız < 90 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla	

kavşak, yonca ayrımı yok;
- Hız < 50 km/h;

M2
M3

Şehiriçi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları)

- Hız $\geq$ 50 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var;
- Hız $\geq$ 50 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok;
- Hız < 50 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var;
- Hız < 50 km/h; 3 km'den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok;

M3
M4
M4
M5

Yerleşim (ikametgah) bölgelerindeki yollar

- 30_ Hız < 50 km/h; suç oranı yüksek;
- 30_ Hız < 50 km/h; suç oranı normal;
- Hız < 30 km/h; suç oranı yüksek;
- Hız < 30 km/h; suç oranı normal;

M4
M5
M5
M6

Yol Aydınlatma Sınıflarında Sağlanması Gereken Aydınlatma Kalite Büyüklükleri

	L_{ort} (cd/m²)	U₀	U₁	TI (%)	SR
M1	≥ 2.0	≥ 0.4	≥ 0.7	≥ 10	≥ 0.5
M2	≥ 1.5	≥ 0.4	≥ 0.7	≥ 10	≥ 0.5
M3	≥ 1.0	≥ 0.4	≥ 0.6	≥ 15	≥ 0.5
M4	≥ 0.75	≥ 0.4	≥ 0.6	≥ 15	≥ 0.5
M5	≥ 0.50	≥ 0.35	≥ 0.4	≥ 15	≥ 0.5
M6	≥ 0.30	≥ 0.35	≥ 0.4	≥ 20	-

CIE 115-2010

“Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic”

L_{ort}: ort. Parlıltı, U₀: ort. Düzgünlük, U₁: boyuna düzgünlük, TI: bağıl eşik artışı, SR: çevreleme oranı

Şehir içi Yol Aydınlatmalarında Yaşanılan Gelişmeler

• Şartnameler

- TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.) Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "Harici Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi", TEDAŞ -MYD/95-009.A, Ekim 1995
- TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.) Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar Teknik Şartnamesi", TEDAŞ -MYD/94-001.B, Ekim 1994, Nisan 2006, Ocak 2008 Revizyon
- TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.) Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı, "Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi", TEDAŞ -MYD/95-009.B, Nisan 2006, Mayıs 2008 Revizyon
- TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.) Ar-Ge Planlama ve Dış İlişkiler Daire Başkanlığı, "LED'li (Işık Yayan Diyot'lu) Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi", TEDAŞ-ARGE/2010-057.A, Eylül 2010, Temmuz 2011 Revizyon, Aralık 2013 Revizyon.



İTÜ TEDAŞ Raporu

- Aralık 2012 - «Yol Aydınlatmasında LED Işık Kaynaklı Armatür Kullanımı»
- LED bazlı armatürlerin yol aydınlatmalarında kullanılmalarında mevcut teknoloji ile sağlanabilecek gerçek enerji tasarruf oranları,
- LED teknolojisinin üstünlük ve sorunlarının analizi,
- Dünyadaki LED'li yol aydınlatması uygulamaları, projeleri, demo çalışmaları hakkında özet bilgilerin yer aldığı RAPOR, İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı tarafından hazırlanmıştır.



LED'lerin Yol Aydınlatmasında Kullanılması

- LED'li armatürlerin verimliliklerinin karşılaştırılmasında armatür etkinlik faktörü (lm/W) değerinin dikkate alınması önerilmektedir (115 lm/W).
- Bir LED ışık kaynaklı armatür kullanımına karar verilirken, yol sınıfı için gerekli aydınlatma kalite büyüklüklerinin sağlandığından emin olunmalıdır. Enerji verimli çözümlere ulaşılmasında sadece sağlanabilecek enerji tasarruf değerlerinin değil, beraberinde detaylı ekonomik analizlerin de yapılması gerekmektedir.
- Ömrü boyunca açılmaması ya da gerekli olduğunda imalatçısı tarafından müdahale edilmesi önerilen LED'li armatürlerin ömrü, armatürün tüm elemanlarının bozulmadan çalışması için geçerli olabilecek bir süre olmalıdır.

lm/W

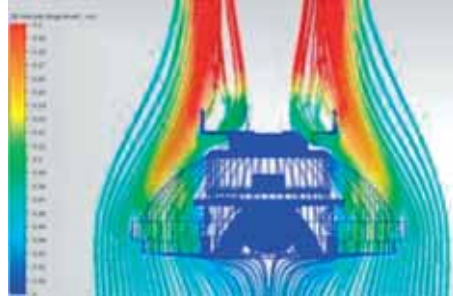
LED'lerin Yol Aydınlatmasında Kullanılması

- Renksel geriverim endeksleri YBSBL'li olanlara göre daha iyi olan LED'li aydınlatmalarda sürücü ve yayaların yol işaretlerini ve etraflarındaki diğer cisimleri görebilmelerinin kolaylaştığı, bunun sonucunda da sürücü reaksiyon süresinin kısalabileceği ve trafik güvenliğinin iyileşeceği iddia edilmektedir (CRI 20 _ 70).
- LED'lerde en yüksek etkinlik faktörlerine soğuk görünümlü yüksek renk sıcaklıklarında (6000 K'in üstünde) ulaşılabilir. Sıcak renk görünümlü LED ışık kaynaklarında (4000 K ve altı) ışık akısı değeri önemli ölçüde azalmaktadır.



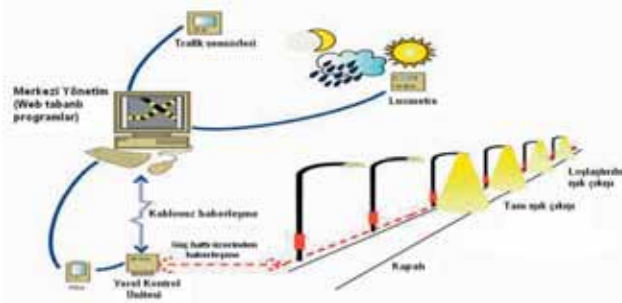
LED'lerin Yol Aydınlatmasında Kullanılması

- YBSBL'li yol aydınlatması tesisatları için yeterli kabul edilen TI – eşik artış oranı yöntemi, LED'li tesisatlar için kamaşma olayının değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır.
- LED'li armatürlerde ısı yönetimi en önemli tasarım problemidir. LED'li armatürlerde ihtiyaç duyulan iyi ısı yönetimi, hava kanalları ve dayanıklı gövde malzemelerinin kullanımını gerekli kılmakta ve bu gereklilikler armatür ağırlığının artmasına neden olmaktadır.



LED'lerin Yol Aydınlatmasında Kullanılması

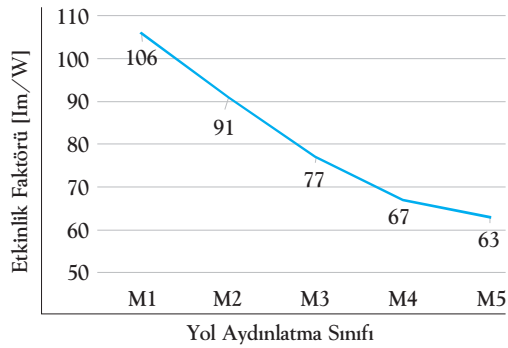
- Endüstride LED'li armatürlerin test standart ve performans ölçüm-değerlendirme yöntemleri konusunda boşluk vardır. LED çip performans ölçüm standartlarının yanı sıra, LED'li armatür performans standartlarının da hazırlanması gerekmektedir.
- LED'li yol aydınlatma armatürlerinin en önemli üstünlüğü olarak, gelişmiş kontrol sistemleri ile ek ünitelere ihtiyaç duymadan verimli bir şekilde çalışabilmeleri gösterilmektedir.



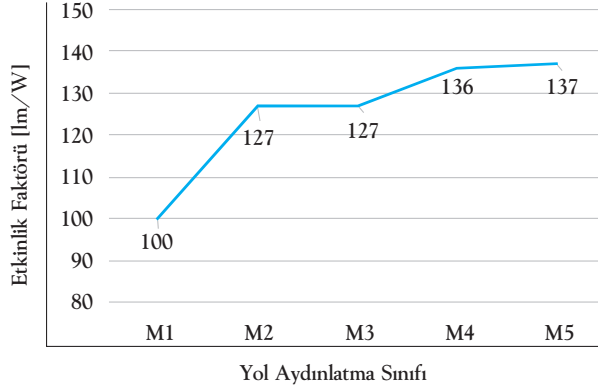
Tasarruf Oranları (YBSBL'li - LED'li)

Aydınlatma Sınıfı	Lamba Tipi	Armatür Kodu	Güç [W]	Armatür Etkinlik Faktörü [lm/W]	Direkler Arası Açıklık [m]	Arm. Sayısı [# /km]	Kurulu Güç [kW /km]	Tasarruf Oranı
M1 (2x5 şerit)	YBSBL	YAB1102-5	432	106	88	45.5	19.64	%13
	LED	YAB102-2	256.4	93	59	67.8	17.08	
M1 (2x3 şerit)	YBSBL	YAB1204-1	276	101	75	53.3	14.72	%19
	LED	YAB103-1	206	100	69	58.0	11.89	
M2	YBSBL	YAB202-32	170	91	55	36.7	6.18	%20
	LED	YAB202-233	129	110	52	38.5	4.96	
M3	YBSBL	YAB302-13	115	77	40	25.0	2.88	%37
	LED	YAB303-164	62	122	34	29.4	1.82	
M4	YBSBL	YAB403-1	83	65	37	27.0	2.24	%49
	LED	YAB403-221	39	136	34	29.4	1.15	
M5	YBSBL	YAB504-11	61	63	34	29.4	1.79	%58
	LED	YAB503-157	31	137	41	24.4	0.76	

YBSBL Armatür Maksimum Etkinlik Faktörü vs. Yol Aydınlatma Sınıfı



LED Armatür Maksimum Etkinlik Faktörü vs. Yol Aydınlatma Sınıfı



Türkiye’de Gerçekleştirilen Demo Retrofit Projeler

LED’li armatürler mevcut sistemler yerine kullanılırken, ilk dikkat edilmesi gereken kriter, güvenlik koşulları gereği yol sınıflarında sağlanması **gereken aydınlatma kalite büyüklüklerinin** gerçekleştiriliyor olmasıdır.

Karşılaştırmalar yapılırken, baz alınan sistemler YBSBL’li armatürler grubunda teknolojik olarak erişilebilir **en verimli** tesisatlar olmalıdır.

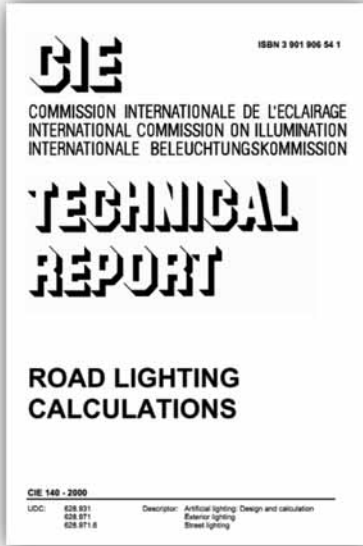
Proje Karşılaştırma Kriterleri

1. Temel yaklaşım mevcut sistemdeki aydınlatma kalitesinin yeni sistemde aynı şekilde yaratılması ve yolda sınıfına uygun uluslararası standartlarca önerilen aydınlatma kalite kriterlerinin sağlanması olmalıdır.
2. Ölçümlere başlanmadan önce, iki farklı tesisatın eşit koşullarda doğru karşılaştırılabilmesi için, mevcut yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ekonomik ömürlerini tamamlamış ve dolayısıyla toplam ışık akısının azalmış olması riski düşünülerek, tesisattaki tüm yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yenileri ile değiştirilmelidir. Mevcut tesisattaki lambalar, TEDAŞ şartnamesinde belirtilen yüksek verimli şeffaf tüp şeklinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba olmalıdır.

Türkiye’de Gerçekleştirilen Demo Retrofit Projeler

3. Projeye başlamadan önce mevcut yolda ve proje sonlandıktan sonra da yeni tesisatta, yol üzerinde parıltı ve aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçümler, CIE-140:2000 ve TSE EN 13201-3 nolu yayınlara uygun olarak yol üzerinde işaretlenmiş çok sayıda noktada, yine aynı yayınlardaki önerilere göre konumlandırılmış kalibrasyonu yapılmış lüminansmetre ve lüksmetre kullanılarak gerçekleştirilmelidir.

4. LED’li tesisatta kullanılacak LED’lerin renk sıcaklıkları 4000 K ve renksel geriverim endeksleri (CRI) de minimum 70 olmalıdır.



Ankara İnönü Bulvarı

Eski Tesisat:

250 W YBSBL'li Philips Traffic Vision armatürler.



Proje Teknik Özellikleri

Yol Geometrisi: Kavşaklar arasında 3 şeritli, kavşaklara giriş-çıkışlarda 2 şeritli toplam 800 metre

Direkler arası mesafe: ~40 metre

Direk sayısı: 19 adet refüjde çift konsollu / 2 adet dört konsollu

Armatür sayısı: 46 adet

Wireless Aydınlatma Kontrol Sistemi

YOL AYDINLATMA SINIFI:

M2 ($L_{ort} \geq 1.5 \text{ cd/m}^2$)



Ankara İnönü Bulvarı / Philips

Yeni tesisat:

26 adet 159 W ve 20 adet 169 W LED'li Philips Speedstar armatür.



Ölçümler



Saha Ölçüm Sonuçları

Sistem	Lort	U0	U1
Mevcut YBSBL'li	4,41 cd/m ₂	0,41	0,58
Retrofit LED'li	7,45 cd/m ₂	0,27	0,70

	L _{ort} (cd/m ²)	U _o	U _l	TI (%)	SR
M2	≥1.5	≥0.4	≥0.7	≥10	≥0.5

Ankara Dikmen Caddesi

Eski tesisat: 400 W YBSBL'lı armatürler



Ankara Dikmen caddesi / Hella

Eski Tesisat: 400 W YBSBL'li armatürler

Yeni Tesisat: 150 W / 12000 lm / 4300 K / 70 CRI / Hella Eco Road Line armatürler

Yol Geometrisi: Gidiş 2 Şerit, Geliş 3 Şerit, Ortada 1.5m Refüj, 2 Taraflı Karşılıklı Düzen

Direkler Arası Mesafe: ~30 metre

Armatür Sayısı: 54

Direk Sayısı: 54

YOL AYDINLATMA SINIFI:

M2 ($L_{ort} \geq 1.5 \text{ cd/m}^2$)



Ankara Dikmen caddesi / Hella

Yeni tesisat: 150 W / 12000 lm / 4300 K Hella Eco Road Line armatürler



Muhsin Yazıcıoğlu Caddesi



Muhsin Yazıcıoğlu Caddesi / GE Lighting

Eski Tesisat: 400 W YBSBL'lı armatürler

Yeni Tesisat: 94 W / 6000 K LED'li GE R250 LED Road

Armatür Sayısı: 42

Direk Sayısı: 42

YOL AYDINLATMA SINIFI:

M3 ($L_{ort} \geq 1.5 \text{ cd/m}^2$)



Sonuçlar

- Diğer tüm tesisatlarda olduğu gibi LED'li yol aydınlatması tesisatlarında da mevcut standart ve şartnamelerdeki koşullar sağlanmak zorundadır.
- Sadece armatür değişimli retrofit projelerinde mevcut direk konumu veya direkler arası açıklıklar yolun kullanım amacı ve geometrisine uygun en optimum çözüm olmayabilir.

- Aydınlatma sektöründe, büyük çaplı projelerde kullanım olanağı bulacağı düşünülerek LED’li yol – sokak aydınlatması armatürlerinin üretimi konusunda büyük bir istek ve atılım gözlemlenmektedir.
- LED’li yol aydınlatması armatürlerinin etkinlik faktörleri (lm/W) YBSBL’li olanların aksine, güçleri arttıkça azalmaktadır. LED teknolojisinde geline son durum henüz M1 aydınlatma sınıfı otoyollar için maliyet etkin çözümlere ulaşılmasına olanak tanımamaktadır.
- Mevcut yol aydınlatma tesisatlarındaki armatürlerin LED’li olanlar ile değiştirilmesi, genelde açıklandığı gibi % 80 enerji tasarrufu anlamına gelmemektedir.
- LED’li yol aydınlatması projelerinde tesis maliyetini uygun sürelerde geri ödeyebilecek enerji tasarruf değerlerine ulaşılabilmesi için, otomasyon sistemleri ile entegrasyon önerilmektedir.
- Otomasyonlu yol aydınlatmalarında, güvenlik koşulları dikkate alınarak doğru strateji / senaryolar uygulanmak zorundadır

Yol Aydınlatması Otomasyonu

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Genel Aydınlatma Yönetmeliği (27.07.2013 tarihli 28720 sayılı Resmi Gazete)

“Park, bahçe, tarihi ve ören yerleri ile yürüyüş yolu gibi yerlerdeki aydınlatma düzeyleri en geç saat 02:00'den sonra yüzde elli oranında düşürülür.”

“Kontrol sistemleri ile aydınlatmanın gerek duyulan zamanlarda ve gerektiği ölçüde yapılması sağlanır. Aydınlatma düzeyinin düşürülmesi için otomasyona uygun dim özelliğine sahip armatürler tercih edilir.”



Ülkemizde tüm elektrik enerjisi maliyetleri Hazine tarafından ödenen şehir içi yol aydınlatması tesisatlarında tasarruf elde edilmesi, hükümetimizin stratejileri arasında yer almaktadır.

Yol aydınlatmalarının da kapsama dahil edilmesi ile ilgili girişimler ve yönetmelik/standart çalışmaları yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Otomasyon ile Sağlanan Enerji Tasarrufları

Avrupa'da Akıllı Enerji Programı çerçevesinde e-street projesi ile elde edilen tasarruf oranları:

- Norveç'te %30,
- Finlandiya'da %45,
- İngiltere'de %24,
- İsveç'te ise %37

ABD'de Streetlight Intelligence (STI) Lumen IQ cihazı kullanılarak Avrupa'dakine benzer bir sistem ile %40'a varan enerji tasarrufu elde edilebildiği açıklanmaktadır.

Kontrol Strateji ve Senaryoları

Yol aydınlatması otomasyon sistemlerinde geliştirilen kontrol stratejileri ve senaryolar incelendiğinde üç yaklaşım görülmektedir.

Zaman ayarlı
loşlaştırma

Trafik yoğunluğuna
bağlı loşlaştırma

Meteorolojik koşullara
bağlı loşlaştırma

Kontrol Stratejisi

Farklı Görüşler:



Trafik yoğunluğu azaldığında araç hızı artar, güvenli duruş mesafesi artar, daha yüksek yol parıltı düzeyine ihtiyaç vardır.



Trafik yoğunluğu azaldığında ışık akısı (ortalama yol yüzeyi parıltısı) azaltılabilir.

Ar-Ge Projesi

• 0660.STZ.2014 kodlu “Yol Aydınlatması Otomasyon Sistemlerinde Enerji Verimliliği Kapsamında Kontrol Stratejilerinin Geliştirilmesi ve Görsel Performans Koşullarına Bağlı Loşlaştırma Senaryolarının Oluşturulması” başlıklı SAN-TEZ projesi

• Proje Ortakları:

İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı
İstanbul Ulaşım Haberleşme ve Güvenlik Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş. (İSBAK).

• İTÜ Ayazağa Kampüsü’nde LED ve YBSBL’lı armatürlerle M2 ile M5 arasındaki tüm yol aydınlatması kalite kriterlerinin sağlanabildiği ve tüm parametrelerin kontrol edilebildiği bir “test yolu” gerçekleştirilmektedir.

Projenin Amacı



Trafik kontrol merkezine bağlı trafik sensörlerinden araç sayısı ve hız bilgilerini alan, yol üzerindeki mevcut koşullara uygun loşlaştırma oranına karar verebilen ve armatürlere bu yönde kumanda ederek sürücü emniyet ve konforunu bozmadan enerji tasarrufu sağlayabilen bir akıllı yol aydınlatma kontrol sistemi geliştirilmiş olacaktır.

Geliştirilen kontrol sisteminin, İstanbul Şehir içindeki yollardan başlamak üzere etkin bir şekilde gerçek yol koşullarında kullanılabilmesi mümkün olacaktır.

Projenin Ar-Ge Niteliği

İlk yerli akıllı yol
aydınlatması
otomasyon
sistemi

Doğru
senaryoların
uygulanabileceği
yazılım programı

Proje hedefi olan
akıllı yol aydınlatma
otomasyon sistemi,
kullanacağı kontrol
stratejileri yönü ile
uluslararası arenada
ilklerden olacaktır.

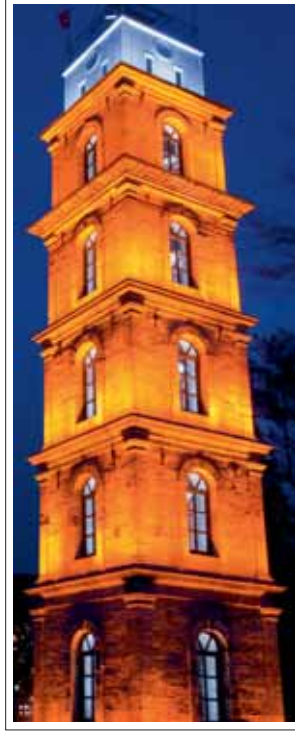


[illegible]

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins or other markings on the paper.

VERİMLİ AYDINLATMA EL KİTABI

2015 BURSA



BUSİAD
BURSA SANAYİCİLERİ ve
İŞADAMLARI DERNEĞİ

*37.
yıl*

Kültürpark İçi, Arkeoloji Müzesi Yanı, BURSA
Tel: 0224 233 50 18 (pbx) Faks: 0224 235 23 50
Web: www.busiad.org.tr
E-Mail: busiad@busiad.org.tr