

ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**FARKLI ÇALIŞMA ORTAMLARINDA KULLANILAN
YAPAY AYDINLATMA KAYNAKLARININ SPEKTRAL
ANALİZİ VE ÇALIŞANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Arslan Buğra AKILLI

İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Haziran, 2019

ANKARA

**FARKLI ÇALIŞMA ORTAMLARINDA KULLANILAN
YAPAY AYDINLATMA KAYNAKLARININ SPEKTRAL
ANALİZİ VE ÇALIŞANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisansı

Arslan Buğra AKILLI

Haziran, 2019

ANKARA

YÜKSEK LİSANS TEZ SONUÇ FORMU

PROF. DR. HÜSEYİN CANBOLAT yönetiminde **ARSLAN BUĞRA AKILLI** tarafından tamamlanan “**FARKLI ÇALIŞMA ORTAMLARINDA KULLANILAN YAPAY AYDINLATMA KAYNAKLARININ SPEKTRAL ANALİZİ VE ÇALIŞANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**” başlıklı tezi okuduk ve tezin yüksek lisans derecesi için kapsam ve nitelik açısından tamamen yeterli olduğunu beyan ederiz.

Prof. Dr. Hüseyin CANBOLAT

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah YILDIZBAŞI

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇALIK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ergün ERASLAN

Enstitü Müdürü

Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK BEYAN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre hazırlanan bu tez çalışmada,

- Tüm veriler, bilgiler ve belgelerin akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiğini,
- Tüm bilgiler, belgeler ve değerlendirmelerin bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğunu,
- Kullanılan tüm materyallerin tamamen belirtildiğini ve referans gösterildiğini,
- Kullanılan materyaller üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadığını,
- Sunulan tüm çalışmanın orijinal olduğunu,

beyan eder ve yukarıdaki ifadelerin aksine herhangi bir durum olduğunda, tüm yasal haklarımdan vazgeçmeyi kabul edeceğimi bildiririm.

Tarih: 27.06.2019

İmza :

İsim & Soyisim : Arslan Buğra AKILLI

TEŞEKKÜR

Bu teze başlarken beni her anlamda özgür bırakan, her zaman her konuda desteğini ve yardımını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hüseyin CANBOLAT'a çok teşekkür ederim. Tez çalışmamda bana her türlü imkanı sunan Türk Standardları Enstitüsü'ne, deney çalışmalarında bana yardımcı olan tüm Ankara Elektroteknik Laboratuvarı yönetici ve çalışanlarına ve Emlak İnşaat Müdürlüğü'ndeki çalışma arkadaşlarıma minnettirim.

Her zaman desteklerini hissettiğim sevgili Anneme ve Babama; ve son olarak ne zaman bırakmayı düşünsem ya da vazgeçsem inatla beni iterek ilerleten, bu tezin oluşmasında en az benim kadar emeği olan sevgili eşim Biljana AKILLI'ya en içten teőekkürlerimi sunarım.

27.06.2019

Arslan Buğra AKILLI

FARKLI ÇALIŞMA ORTAMLARINDA KULLANILAN YAPAY AYDINLATMA KAYNAKLARININ SPEKTRAL ANALİZİ VE ÇALIŞANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZ

Çalışma hayatı şartlarını düşündüğümüzde, yapay ışık kaynaklarına olan maruziyetimizin anlık ve kümülatif etkilerinin çalışanlar üzerinde bırakacağı etkinin kaçınılmazlığı gerçeğini düşünmekte, teknolojik gelişmeler ile birlikte bu ürünlerin sadece, çalışma ortamlarını aydınlatmakla kalmayıp, farklı formatlarda hayatımıza girmiş olmaları, aslında sadece çalışan olarak değil toplum içerisinde yer alan her birey için farklı çıktıları olduğu değerlendirilmektedir.

Enerji verimliliği konusunun üst düzeyde tartışıldığı, yeni aydınlatma teknolojilerinin denendiği ve piyasaya sürüldüğü bu ortamda, bu teknolojiye kaynaklanan foto biyolojik, fotokimyasal ve foto termal reaksiyonların hem göz sağlığı hem de cilt sağlığı açısından, akut ve uzun süreli sonuçlar doğuracağı, yapılan bilimsel çalışmalar ve standartlarda yer almaktadır.

Bu anlamda, yapacağımız çalışma ile genel bir çerçeve içerisinde çalışma hayatında kullanılan yapay ışık kaynaklarının bir kısmının spektral analizlerinin yapılması ve piyasada bulunan ürünlerin gerçekten de istenen değerlere ulaşip ulaşmadığının ve bunun çalışanların sağlığına olan etkilerini incelemek olacaktır.

Yapay ışık kaynaklarının sınıflandırılması, sınıflandırılan bu kaynakların her birinin beklenen spektral dağılım grafiklerinin paylaşılması ve numune olarak seçilen kaynakların spektral analiz ölçümlerinin yapılarak karşılaştırılması ve değerlendirme sonuçlarının hangi sonuçlar doğuracağına paylaşılması olacaktır.

Maruziyet sonucu oluşan zararların ve spektral band genişliği değerlerinin, risk grupları ölçeğinde değerlendirilmesi ile bu durumları önlemeye yönelik çıktılara ulaşmak ana hedefimiz olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay aydınlatma kaynakları, spektral analiz, fotobiyolojik etkiler, fotokimyasal etkiler, fototermal etkiler.

SPECTRAL ANALYSIS OF ARTIFICIAL LIGHT SOURCES USED IN DIFFERENT WORKPLACES AND HEALTH EFFECTS ON WORKERS

ABSTRACT

When we consider the working life conditions, we think about the inevitability of the effect that the instantaneous and cumulative effects of our exposure to artificial light sources will have on the employees, together with the technological developments, these products not only illuminate their working environments, but have entered our lives in different formats, in fact they are not only working in the society but also in the society. each individual has different outcomes.

It is stated that in this environment where energy efficiency is discussed at a high level, new lighting technologies are tested and placed on the market, photo-biological, photochemical and photo-thermal reactions resulting from this technology will have acute and long-lasting results both in terms of eye health and skin health, according to the scientific studies and standards.

In this sense, in a general framework, we will conduct a spectral analysis of some of the artificial light sources used in the work life and examine whether the products in the market actually reach the desired values and examine the effects of this on the health of the employees.

Classification of artificial light sources, sharing the expected spectral distribution graphs of each of these sources and comparing the selected sources with spectral analysis measurements and sharing the results of the evaluation results will be shared.

Our main objective is to evaluate the damages and spectral bandwidth values as a result of exposure, and to evaluate the outcomes of these groups.

Keywords: Artificial light sources, spectral analysis, photobiological effects, photochemical effects, photothermal effects.

İÇİNDEKİLER

YÜKSEK LİSANS TEZ SONUÇ FORMU	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZ	v
ABSTRACT	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii

BÖLÜM 1 - GİRİŞ.....	1
1.1 Elektromanyetik Radyasyon Olarak Işık ve Elektromanyetik Spektrum.....	2
1.2 Işık ve İnsan İlişkisi.....	5
BÖLÜM 2 – YAPAY IŞIK KAYNAKLARI VE SPEKTRAL ÖLÇÜM ANALİZLERİ	7
2.1 Yapay Işık Kaynaklarının Teknik Karakteristikleri	8
2.1.1 Enkandesan (Akkor) Lambalar.....	8
2.1.2 Elektrik Deşarj Lambaları.....	10
2.1.3 Katı Hal Işık Kaynakları	20
2.2 Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri	24
BÖLÜM 3 – SPEKTRAL ÖLÇÜM METODU VE ÖLÇÜM VERİLERİ.....	26
3.1 TSE Ankara Elektroteknik Laboratuvarı Genel Tanıtımı	26
3.2 Aydınlatma Teknik Şefliği	27
3.3 Deney Verileri ve Sonuçları	28
3.3.1 Deney Numuneleri.....	28
3.3.2 Deney Düzenegi ve Metodu	30
3.3.3 Deney Sonuçları.....	32
BÖLÜM 4 - RİSK GRUPLARI VE SINIFLANDIRMALAR.....	34
BÖLÜM 5 – FOTOBİYOLOJİK ETKİLER VE DEĞERLENDİRMELER	40
5.1 Radyasyon	40
5.2 Görsel Sistem Üzerinde Etki Eden Işık	41
5.3 Sirkadiyen Sistem Üzerinde Etki Eden Işık	42

BÖLÜM 6 - SONUÇ VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	47
EKLER.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	56



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Cd	Kandela
H	Saat
K	Kelvin
Lx	Lüks
Lm	Lümen
M	Metre
Mbar	Milibar
Nm	Nanometre
V	Volt
W	Watt
CCFL	Soğuk Katot Floresan Lamba
CFL	Kompakt Floresan Lamba
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CMHL	Seramik Metal Halojenür Lamba
CRI	Renk Gösterme İndeksi
DC	Doğru Akım
DBD	Dielektrik Bariyer Deşarjı
ELC	Avrupa Lamba Firmaları
EM	Elektromanyetik
EN	Avrupa Normları
FED	Saha Emisyon Cihazları
FL	Floresan Lamba
HD	Harmonize Doküman
HID	Yüksek Yoğunluklu Deşarj
HWL	Civa Buharlı Lamba
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komitesi
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
IR	Kızıl Ötesi
LCD	Likit Kristal Diyot

LED	Işık Yayan Diyot
LPS	Düşük Basıncılı Sodyum
MHL	Metal Halojenür Lambalar
OLED	Organik Işık Yayan Diyot
PCA	Polikristalin Alümin
SAD	Mevsimsel Efektif Bozukluğu
SCENIHR	Yeniden Tanımlanan Sağlık Risklerinin Değerlendirilmesi
SHP	Sodyum Yüksek Basınçlandırılmış
SSL	Katı Hal Işığı
TÜRKAK	Türk Akreditasyon Kurumu
TV	Televizyon
UV	Ultraviöle
VUV	Vakum Ultraviöle

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Genel Aydınlatma Amacı ile Kullanılan Bazı Yapay Işık Kaynakları, Verebileceği Zararlar ve Sınıflandırmalar.....	35
Tablo 4.2 ELC Tarafından Sunulan Işık Kaynaklarına Ait Teknik Parametreler	36
Tablo 4.3 Lamba Sistemlerinin Risk Gruplarına Göre Sınıflandırılması.....	38
Tablo 6.1 Kontrol Önlemleri ile İlgili Rehberlik ve Açıklamalar	45



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Optik Radyasyon Dalga Boyu Bölgeleri	5
Şekil 2.1 Elektriksel Işık Kaynakları Teknolojileri	8
Şekil 2.2 Enkandesan (Akkor) Lambalar Kategorisi	9
Şekil 2.3 Elektriksel Deşarj Lambaları Ürün Sınıfları.....	11
Şekil 2.4 Katı Hal Işık Kaynakları Ürün Sınıfları.....	20
Şekil 2.5 Doğal Işık ve Yapay Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri.....	24
Şekil 2.6 Farklı Türdeki Yapay Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri ...	25
Şekil 3.1 Aydınlatma laboratuvarı Deney Alanlarından Bir Görüntü	28
Şekil 3.2 (a) Numunesine Ait Görsel.....	29
Şekil 3.3 (b) Numunesine Ait Görsel.....	29
Şekil 3.4 Deney Düzenegi Görseli.....	30
Şekil 3.5 (a) Numunesine Ait Spektral Ölçüm Grafiği.....	31
Şekil 3.6 (b) Numunesine Ait Spektral Ölçüm Grafiği.....	32
Şekil 4.1 Örnek Bir Uyarı Etiketini.....	39
Şekil 5.1 Göz ile Beyin Arası İletişim Şematik Gösterimi	42

BÖLÜM 1

GİRİŞ

“Işık nedir?” sorusunun aslında tek bir cevabı yoktur. Fizikçi, ışığın fiziksel özellikleri ile ilgilenmekte, sanatçı görsel dünyayı estetik olarak takdir etmektedir. Görme duyusuyla ışık, dünyayı algılamak ve onunla iletişim kurmak için birincil araçtır. Güneş'ten gelen ışık Dünya'yı ısıtır, küresel hava oluşumlarını yönlendirir ve yaşamı sürdüren fotosentez sürecini başlatır. En büyük ölçekte, ışığın madde ile etkileşimi, evrenin yapısını şekillendirmeye yardımcı olmuştur. Aslında, ışık evrende, kozmolojikten atomik ölçeklere kadar bir pencere sağlar. Evrenin geri kalanıyla ilgili bilgilerin neredeyse tamamı, elektromanyetik radyasyon şeklinde Dünyaya ulaşır. Bu radyasyonun yorumlanmasıyla, astronomlar evrenin en eski dönemlerine ışık tutabilir, evrenin genel genişlemesini ölçebilir ve yıldızların ve yıldızlararası ortamın kimyasal bileşimini belirleyebilmektedir. Teleskopun icadı, evrenin keşfedilmesini önemli ölçüde genişlettiğinde olduğu gibi, mikroskobun icadı da hücrenin karmaşık dünyasını açtı. Atomlar tarafından yayılan ve absorbe edilen ışık frekanslarının analizi, kuantum mekaniğinin gelişimi için ana itici güçtü. Atomik ve moleküler spektroskopiler, maddenin yapısını incelemek, atomik ve moleküler modellerin ultrasensitif testlerini sağlamak ve temel fotokimyasal reaksiyonların çalışmalarına katkıda bulunmak için birincil araç olmaya devam etmektedir [1].

Işık, sağlam yetişkin insan gözüyle görülebilen, 400 ila 780 nm (1 nm, 10-9m) aralığında olan elektromanyetik (EM) radyasyondur. Genel olarak EM radyasyonu gibi ışık, eğer aşırı ise kuantum hallerinin geçişi ile yayılır [1].

Doğada deneyimlenen ışık kaynakları arasında, aşağıda sıralanmış olanlar gibi fenomenler bulunmaktadır:

1. Yangınların, alevlerin ve diğer kaynakların parlayan görüntüsü; termal radyasyonun serbest bırakıldığı volkanik sıcak malzeme;
2. Ateş böceği gibi hayvanların fotokimyasal ışık jenerasyonu;

3. Temel parçacıkların duşları dünyanın manyetik alanı tarafından yakalanıp dış atmosfere çarptığında İskandinav ışığı (aurora borealis);
4. Doğa olayları olarak adlandırılan yıldırım ve şimşek gibi elektrik boşalması
5. Güneş tarafından yayılan, hidrojen tarafından indüklenen sıcak plazmadan helyum füzyonuna kadar çıkan ışık [1].

Belirli bir kullanıcıya veya gözlemciye gelen ışık, sadece ışık kaynağındaki ilk ışık emisyon özelliklerine değil, aynı zamanda ortamın ışık arasındaki tipik ve sıklıkla frekansa bağlı ışık emme özelliklerine de bağlıdır.

Bu normalde, ışığın üretildiği ortamın yanı sıra zarf veya etrafını çevreleyen (hava) ile sağlanır. Dikkate alınması gereken bir başka özellik, muhtemelen gözlük takan kaynağın ve kullanıcının / gözlemcinin, ayrıca odanın ve / veya armatürün geometri ve yansıtıcı özelliklerinin geometrik düzenlemesidir.

Alevle aydınlatma (örneğin, mumlar ve kandiller), filamentlerin elektrikle ısıtılması (karbon ve sonra tungsten) alana baskın hale gelinceye kadar, tarihsel olarak baskın ışık kaynağıydı. Tüm bu aydınlatma uygulamalarında ortak olan, maddenin uygun bir sıcaklığa ısıtılmasıdır [1].

Elektriğin bulunması ile aydınlatma fenomeni için geliştirilen denemeler ve sonuçlar, günümüze kadar çok farklı malzemeler ve bileşenleri ortaya çıkararak ürün anlamında insanoğluna çok farklı seçenekler ortaya koymuştur.

1.1 Elektromanyetik Radyasyon Olarak Işık ve Elektromanyetik Spektrum

19. yüzyılın ilk yarısındaki teorik ve deneysel ilerlemelere rağmen, ışığın dalga özellikleri, kısacası ışığın doğası henüz açıklanmamıştı - dalga salınımlarının kimliği hep bir sır olarak kalmıştı [1].

Bu durum, 1860'lı yıllarda İskoç fizikçisi James Clerk Maxwell'in bir havza teorik işleminde elektrik, manyetizma ve optik alanlarını birleştirmesiyle dramatik bir

şekilde değişmiş; elektromanyetizma formülasyonunda, Maxwell, ışığı elektrik ve manyetik alanların yayılan bir dalgası olarak tanımlamıştır [1].

Daha genel olarak, bilinen ışık hızına eşit bir hızda dalgalar halinde hareket eden, elektrik ve manyetik alanların, elektromanyetik radyasyonun varlığını tahmin etmiştir.

1888'de Alman fizikçi Heinrich Hertz, uzun dalga boylu elektromanyetik dalgaların varlığını göstermeyi başarmış ve özelliklerinin, kısa dalga boylu görünür ışıklarınla tutarlı olduğunu göstermiştir [1].

Heinrich Hertz'in 1888'de, şu an radyo dalgaları denilen üretimi, bu dalgaların görünür ışıkla aynı hızda gittiğini doğrulaması ve yansıma, kırılma, kırınım ve kutuplanma özelliklerinin ölçümleri, Maxwell dalga teorisinin varlığının ikna edici bir kanıtıydı [1].

Görünür ışık, çok daha geniş bir fenomen kümesinden yalnızca bir örnektir - frekans ve dalga boylarına teorik olarak üst veya alt limit içermeyen bir elektromanyetik spektrum. Herhangi bir dalga boyunda elektromanyetik dalgalar arasında teorik bir ayırım olmamasına rağmen, spektrum geleneksel olarak tarihsel gelişmelere, dalgaların üretim ve tespit yöntemleri ve teknolojik kullanımlarına göre farklı bölgelere ayrılmıştır [1].

En temel anlamda; insan gözünün tespit edebileceği elektromanyetik radyasyon olan ışık, yaklaşık 1×10^{-11} metreden daha düşük dalga boylarına sahip olan gama ışınlarından metre cinsinden ölçülen radyo dalgalarına kadar çok geniş bir dalga boyu aralığında gerçekleşir [1].

Bu geniş spektrumda, insanlar tarafından görülebilen dalga boyları, mor ışık için yaklaşık 400 nm ila kırmızı ışık için yaklaşık 700 nanometre (nm; bir metrenin milyarda biri) arasında çok dar bir bant aralığını kaplamaktadır. Görünür bandın bitişiğindeki spektral bölgeler, bir ucunda kızılötesi ve diğerinde ultraviyole ışık aralıkları bulunur. Vakum ortamında ise ışığın hızı, şu anda kabul edilen değeri saniyede tam 299,792,458 metre veya saniyede yaklaşık 186,282 mil olan temel bir fiziksel sabittir [1].

Işık, çeşitli optik cihazlar veya elemanlar tarafından manipüle edilebilir; çoğu karakteristik olarak bir ışık demeti, odaklanan optik merceklerle odaklanabilir veya farklılaştırılabilir. dürbünlerde, teleskoplarda ve kameralarda olduğu gibi kristal (kuvars) veya camdır. Optik radyasyon ışığı kapsar ancak aynı zamanda görünür olanın ötesinde EM dalga boyları radyasyonunu da içerir.

Menzil: ultraviyole (UV) radyasyon 400 nm'den 100 nm'ye kadar ve kızılötesi (IR) radyasyon 780 nm'nin üzerinde 1 mm'ye kadardır. UV ve IR radyasyonu ayrıca manipüle edilebilir optik cihazlar ve optik lensler gibi elementler (bazen optik radyasyon "ışık" olarak adlandırılır ve biri "görünür" yanında "UV ışığı" ve "IR ışığı" hakkında konuşur. "Işık; burada ikincisi bir totoloji olarak kabul edilir ve ilk ikisi sonuç olarak kabul edilir) [1].

UV bandı üç dalga boyu bölgesinde alt bölümlere ayrılmıştır:

- 400–315 nm arası UVA
- 315-280 nm'den UVB
- 280-100 nm arası UVC [2].

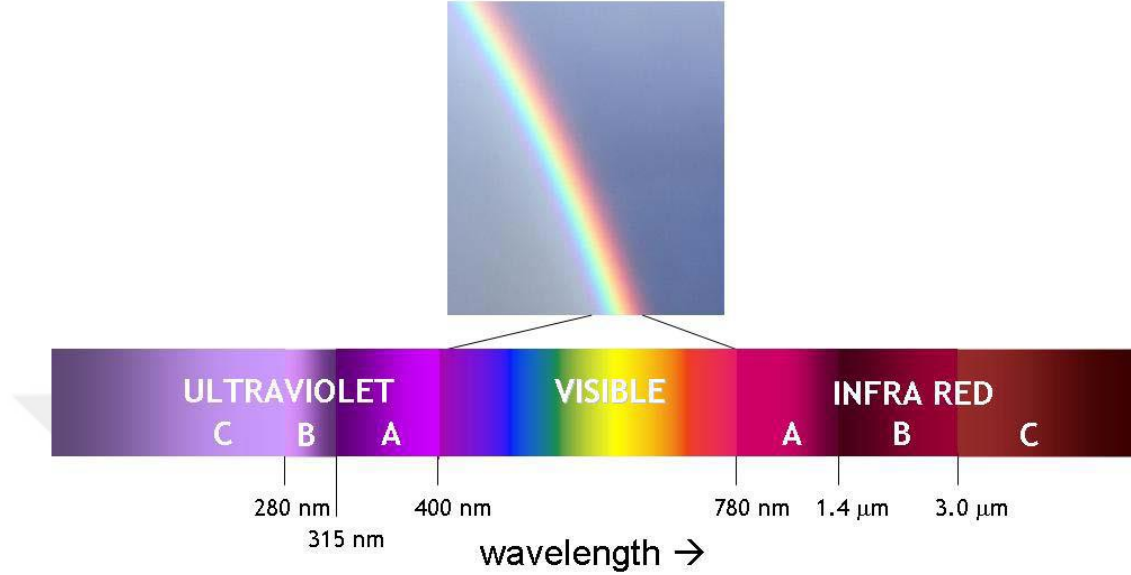
IR bandı da benzer şekilde üç dalga boyu bölgesine bölünmüştür:

- IRA, 0,78 - 1,4 μm arasında
- IRB 1.4 - 3.0 μm arasında
- IRC 3,0 μm ila 1 mm arasında [2].

Bu anlamda, görünür ışık band aralığı 400-780 nm arasındaki aralık olarak ölçülmüştür. Güneş tam dalga boyu aralığında optik radyasyon yaysa da, atmosfer, UVC'yi ve 290-295 nm'nin altındaki UVB ışınlamasının bir kısmını engeller (çoğunlukla oksijen ve stratosferik ozon) ve 30 μm üzerindeki dalga boylarında IRC (su buharı ile).

İlginçtir ki, güneşin spektrumu görünür aralığın üstüne çıkar. UV sınıflandırmasına rağmen iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak kimyasal reaksiyonlara neden olabilir ve birçok olumsuz etkiye neden olabilir. floresan için. Çoğu insan, UV ışınlamasının

acı veren etkilerinin farkındadır. Güneş yanığı durumu, ancak UV ışınlarının hem yararlı hem de insan sağlığına zarar.



Şekil 1.1 Optik Radyasyon Dalga Boyu Bölgeleri

1.2 Işık ve İnsan İlişkisi

Işık veya ışık radyasyonu, sadece görsel korteksimizi değil aynı zamanda uyanıklığımızı, refahımızı ve performansımızı da etkiler. Sirkadiyen ritmimiz ve mevsimsel çeşitliliğimiz genetik olarak sabittir, ancak bir dereceye kadar çevremiz tarafından, her şeyden önce ışık tarafından düzenlenir [3].

Melatonin hormonunu salgılamak için, gözün retina sinyalinden beyindeki hücrelere giden sinir yolları vasıtasıyla Sirkadian ritmimizi kontrol ettiğine inanılmaktadır. Kış aylarında gün ışığının yetersizliğinden dolayı sirkadiyen ritmin kesintiye uğraması, mevsimsel efektif bozukluğun (SAD) birincil nedeni olarak kabul edilir [3].

Yeni araştırmalar, ışığın yakın zamanda tanımlanmış bir üçüncü reseptörü ve ayrıca çubuk ve konileri de etkilediğini göstermiştir. Sağlığımızın ve iyiliğimizin ışığa nasıl bağlı olduğu arasındaki eksik bağlantı olarak tanımlanan bir keşif olarak yerini almıştır [3].

Bu reseptör beyinde, düşük ışık seviyelerinde veya karanlıkta üretilen uyku hormonu melatoninin salgılanması gibi farklı hormonları etkilemekte, tersi durumda, daha yüksek ışık seviyelerinde, stres hormonu kortizol üretilmektedir.

150 yıldır ışığın görsel etkilerine odaklanan bilim dünyasının, yeni reseptörlerin keşfi ile gelecekte de ışığın insan üzerindeki biyolojik ve duygusal etkilerini hesaba katmamız gerekeceği artık anlaşılan bir gerçek olmuştur.

Işık radyasyonunun belirli unsurlarının refahımızı da etkilediğinin keşfi, odalarımızda aydınlatmanın gelecekteki tasarımını ve değerlendirmesini etkileyecektir [3].

Bu, çevremizin aydınlatmasına ve zamanla değişen ışığa ve rengine daha fazla odaklanmaya yol açabilir. Doğal gün ışığı kaynağı olmayan odalarda bu özellikle önemli olacaktır. Sağlık içinde, uzun zamandır cilt koşullarının tıbbi tedavisi için ve SAD'nin (mevsimsel efektif bozukluk) etkilerini azaltmak için kullanılmıştır. Gelecekte, aydınlatma planlaması görsel, biyolojik ve duygusal yönleri daha fazla odaklanacaktır [3].

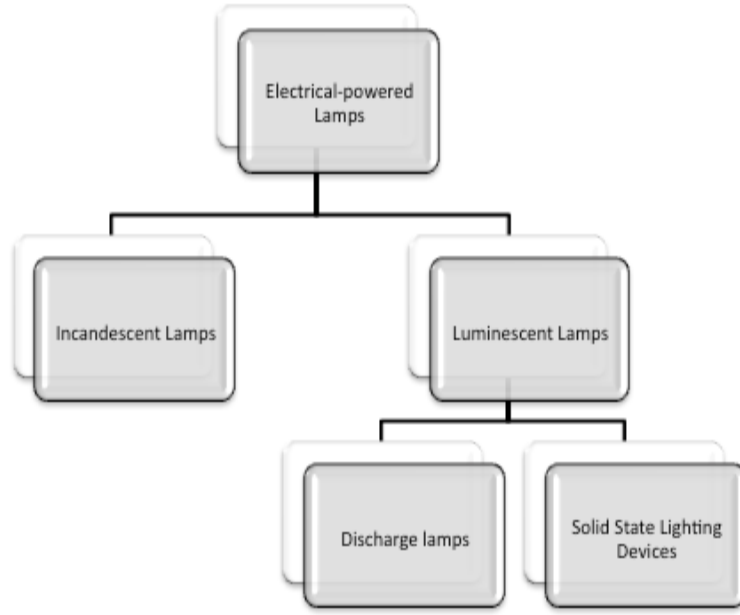
Işık, bizi iyi hissetmeyi sağlayan, bilinen bir yaşam gerçeğidir. Işığın varlığı ya da yokluğu bizi sadece görsel anlamda değil, aynı zamanda biyolojik ve duygusal olarak da etkiler. Doğru aydınlatma türünü kullanarak, işte veya okulda refahımızı ve iş memnuniyetimizi iyileştirebiliriz.

BÖLÜM 2

YAPAY IŞIK KAYNAKLARI VE SPEKTRAL ÖLÇÜM ANALİZLERİ

Yüzyıllar boyunca, insanlık esas olarak ışık kaynağı olarak yanan ya da ısıtılmış malzemeleri kullanmıştır. Bununla birlikte, ışığın olmadan da üretilebileceği iyi bilinmektedir. Böylece, biyo-ışıldama (ateşböcekleri, parlıtı solucanlar, parlayan mantar, vb.) fosforlu mineraller ile yıldırım tarih öncesi insanlar tarafından gözlemlenmiş fenomenlerdir. Bugün, alevle çalışan lambalar (özellikle gazyağı, karbür ve gaz lambaları) ve mumlar hala kullanılıyor. Bu tür lambalar ısıtmak için kimyasal bir malzeme (yağ lambalarındaki kurum partikülleri, karbür lambalar ve bir parlıtı kütlesi üzerindeki baryum oksit partikülleri gaz lambaları için) reaksiyon oluşturarak kullanılır. Yayılan spektrum süreklidir ve ayrıca sınırlı sıcaklık nedeniyle sık sık düşük olan korelasyonlu renk sıcaklığı ve zayıf ışık bileşenlerinden oluşur [4].

Halen günlük hayatta elektrik şebekesine erişimi olmayan yaklaşık 1,6 milyar insan tarafından kullanılan alevle çalışan lambaların ötesinde, Dünyanın büyük bir kısmı yapay ışık üretmek için elektrikle çalışan lambalar kullanır. 2005 yılında 3.418 Dünya elektrik üretiminin yaklaşık% 19'unu temsil eden TWh elektrik, 133 Plmh (petalümen-saat) yapay ışık üretimi için kullanılır (Brown 2009, Waide ve Tanishima 2006). Aynı yazarlara göre, bu elektriğin ortalama% 43'ü üçüncül kullanım için, konut aydınlatması için% 31, endüstriyel binalar için % 18 ve son olarak dış mekan aydınlatması ve sinyalizasyon için % 8 şeklindedir. Şekil 2.1'de, günümüzde çoğunlukla kullanılan iki teknoloji gösterilmektedir: Akkor ve Lüminesans Lambalar. İkinci kategori, at kısımlara ayrılmaktadır : Sırasıyla Deşarj / Floresan Lambalar ve Katı Hal Aydınlatma Cihazları [4].



Şekil 2.1 Elektriksel Işık Kaynakları Teknolojileri

Bununla birlikte, piyasada mevcut olan her aydınlatma teknolojisi arasında bu kadar çok çeşitlilikte ürünlerin var olduğu ve bir çok durumda, belirli bir lamba tipi için emisyon spektrumlarını sunmanın çok zor olduğu da ayrıca not edilmelidir.

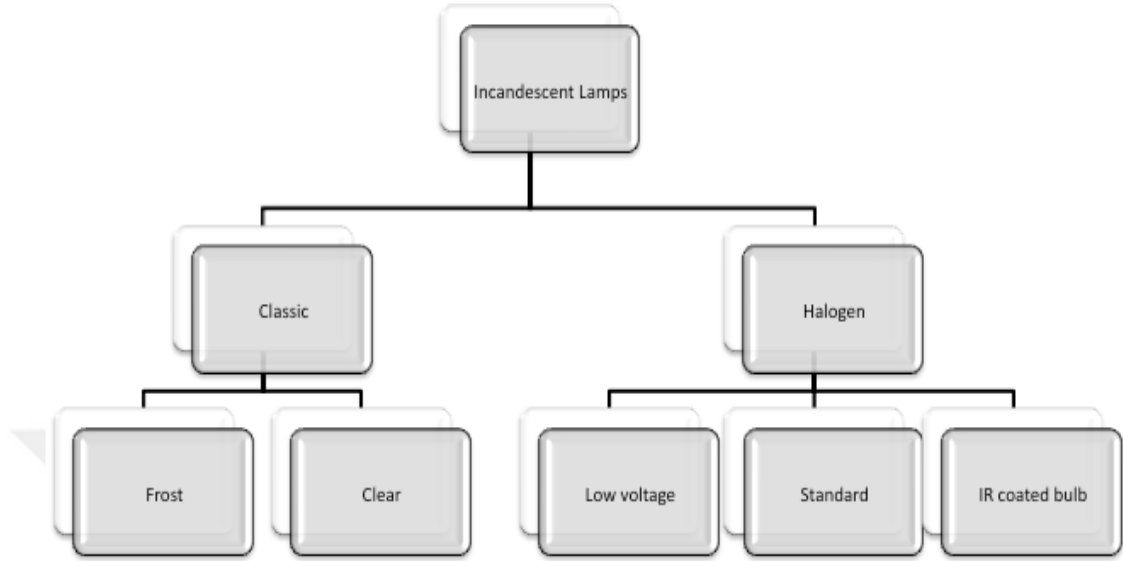
2.1 Yapay Işık Kaynaklarının Teknik Karakteristikleri

2.1.1 Enkandesan (Akkor) Lambalar

Akkor lambalar, elektrik akımı akışı (Joule etkisi) sonucu ısıtılan ve ışık yayan bir tel filament içeren bir ampulden oluşur. Yayılan spektrum sürekli, ancak akkor lambaların yaydığı enerjinin % 95'e kadarı görünmez kızılötesi bölgededir. Bu tip spektrum düşük korelasyonlu renk sıcaklığı (2,400-3,100 K) ve düşük ışık etkinliği (5-14 lm / W) ile tanımlanır.

Günümüzde tungsten, filament olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, çünkü nispeten yüksek bir erime noktasına ve yüksek sıcaklıklarda nispeten düşük bir buharlaşma oranına sahiptir. Filament, bir tungsten buharlaşma oranını azaltmak için bir gaz (standart akkor lambalardaki argon veya kripton) ile çevrilidir. Akkor ampuller, filamentin ve şekillerin parlaklığını değiştirmek için farklı tipte ampul

cilarına (örneğin şeffaf, buğulu) sahip olabilir. Şekil 2.2’de, enkandesan (akkor) lamba ailesi gösterilmiştir[4].



Şekil 2.2 Enkandesan (Akkor) Lambalar Kategorisi

Bir halojen lamba, inert bir gaz içinde bulunan bir tungsten filament ve az miktarda bir halojen (esas olarak metil-bromür formuna sokulan bromür) içeren bir akkor lamba türüdür. Halojen gazı ve sıcak filament kombinasyonu metal atomları ve halojeni içeren “halojen döngüsü” olan ve filamentin ömrünü uzatan ve tungsten ampulün iç kısmından tekrar filamana geri akıtılarak ampulün kararmasını önleyen bir kimyasal reaksiyonlar zinciri sağlar. Bu mekanizma süblimasyon ile filament bozulmasını önler ve böylece daha düşük ampul karartmasıyla daha yüksek sıcaklıklarda çalışmayı sağlar. Daha yüksek sıcaklık, daha yüksek renk sıcaklıklarında ve daha yüksek ışık veriminde (25 lm / W'ye kadar) daha parlak ışıktan sorumludur. Farklı miktarlarda çok çeşitli uygulamalara yönelik değişen yönlü yayımlara sahip ışık sağlayan birkaç halojen lamba grubu vardır [4].

Standart halojen lambalar elektrik şebekesine doğrudan bağlanırken, düşük voltajlı lambaların elektronik güç kaynağının transformatörüne ihtiyacı vardır. Genellikle düşük voltajlı lambalar reflektörlere entegre edilmiştir; En yaygın formlar, ışığı çok dar spot aydınlatma uygulamalarında veya biraz daha geniş ışıklandırma uygulamalarında dağıtmak için tasarlanmış konik bir reflektör kullanır. Son olarak,

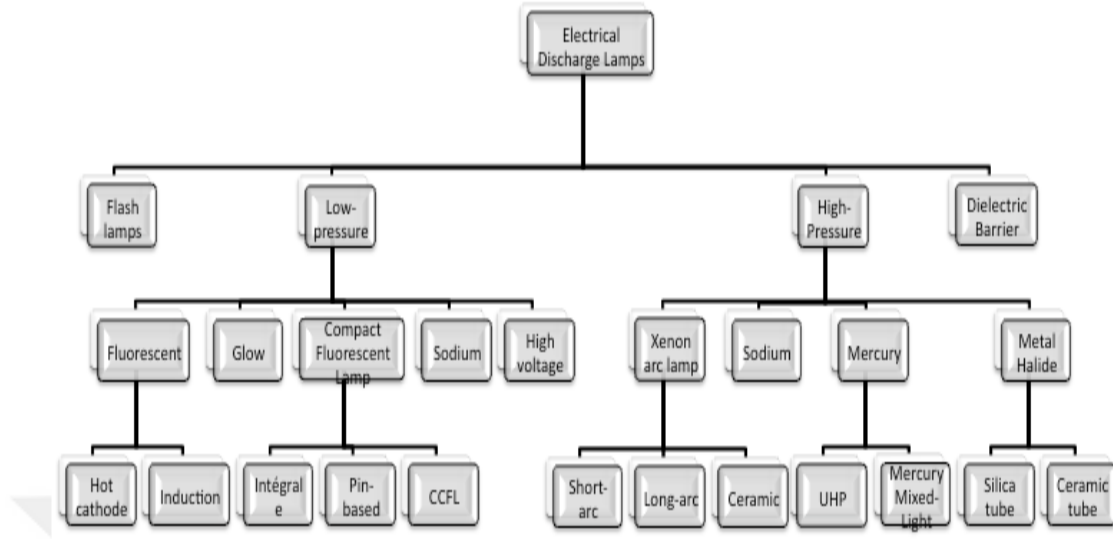
daha verimli lambalar için, girişim filtresi olarak işlev gören birkaç ince yansıtıcı malzeme katmanıyla kaplanmış ampuller kullanır. Bu filtre, kızılötesi radyasyonun bir kısmını tekrar filamente yansıtır, böylece sıcaklığı artar ve ışık etkinliği artar.

En son nesil “B enerji sınıfı ” ultra verimli akkorluk, bu teknolojiyi kullanır. Akkor lambalar renk oluşturma konusunda yetenekli olmasına rağmen, temel fiziksel nedenlerden ötürü, verimlilik açısından daha az etkilidir [4].

2.1.2. Elektrik Deşarj Lambaları

Lüminesans ışık kaynakları gazlardaki elektriksel deşarj işlemlerine dayanır. Elektrikli gaz deşarj lambalarında, gaz iyonizasyonunun yarattığı serbest elektrik yükleri; uyarma / uyarma işlemleri ile atomik ve / veya iyonik kaskadlara yol açan uygulamalı bir elektrik alanı ile hızlandırılır.

Ağırlıklı olarak, yayılan spektruma hükmeden gaz ve atomik veya moleküler türlerin basıncıdır ve bu sayede gaz deşarj lambalarını sınıflandırır. Düşük basınçlarda, keskin emisyon hatlarına tekabül eden tek geçişler meydana gelirken, bu hatların yayılan türlerin geniş hız dağılım aralığı ile genişlemesi nedeniyle daha yüksek basınçlarda daha geniş bantlar üretilir [4].



Şekil 2.3 Elektriksel Deşarj Lambaları Ürün Sınıfları

Düşük basınçlı deşarj lambalarında basınç 1 mbar'dan birkaç on mbar'a kadar değişir. Fizik, çarpışma dengesine ve plazmanın içinde çarpışma kaynaklı uyarılmış durumların ışınımlı bozulmasına bağlıdır. Elektronların veya iyonların ortalama kinetik enerjisi, gaz parçacıklarınıninkinden oldukça yüksektir. Sistem, yerel termodinamik denge koşullarından uzaktadır.

Birkaç keskin emisyon çizgisi, uygulama ihtiyaçlarını daha iyi eşleştirmek için ayarlanabilen spektruma hükmeder. Uyarma ve emisyonun yüksek özgülüğü nedeniyle, ışık etkinliği yüksektir, ancak renk gösterimi oldukça zayıftır.

Yüksek basınçlı gaz deşarj lambalarında basınç 1 bar ila 200 bar arasındadır. Birçok teknik belgede bu lamba türü genellikle “yüksek yoğunluklu deşarj lambası (HID)” olarak da adlandırılır. Ancak, ilk terim daha doğrudur ve tercih edilmelidir. Bu koşullar altında, elektronların, iyonların ve iyonların ortalama kinetik enerjileri gazın diğer bileşenleri birbirine daha yakındır. Dolayısıyla, bu tür lambalar bir termal dengede çalıştırılır ve sıcaklık, tüm plazma özelliklerini yöneten anahtar parametre haline gelir. Bu lamba türü, spektral çizgilerin kayda değer şekilde genişlemesi ve ayrıca elektron

taşıma etkisinden dolayı ihmal edilemez miktarda sürekli radyasyonun varlığı ile karakterize edilir.

Işık etkinliği yüksektir, elektromanyetik spektrumun IR kısmında ışınlanan enerjinin oranı tipik olarak artar. Renk gösterimi kabul edilebilir ile mükemmel arasındadır. Bu lambalar için mevcut teknik uygulamalarındaki yüksek basınçlı küvetler, çoğunlukla özel olarak eğitilmiş personel tarafından kurulum ve ampul değişimi gerektirir.

Her iki durumda da, belirli emisyon hatlarının veya bantların görünür elektromanyetik spektrum aralığındaki çarpışmalarla uyarılması, termal radyatörler (akkorluk) için mümkün olandan çok daha yüksek bir ışık üretme verimliliği sağlar. Genel olarak, birçok farklı uygulama için uygun, geniş bir karakteristik spektrum yelpazesi oluşturabilir. Bu kaynaklarda ışık oluşumunda yer alan fiziksel şartlar, spektral dağılımı, akkor aydınlatmadan farklı kılmaktadır. Bu tür lambalar sürekli bir emisyon için tasarlanabilirken, bazı emisyon hatları ve bantlar, spektruma hakim olan gaz bileşenlerine de bağlıdır [4].

Akkor lambaların aksine, bazı bileşenlerin toksik olduğu ve çoğu ülkede deşarj lambalarının çoğu için geri dönüşümün şiddetle tavsiye edildiği ve gerekli olduğu belirtilmelidir.

Akkor deşarj lambaları çok düşük basınçlarda çalışır ve birkaç çok spesifik geçişin uyarılması / çıkarılması nedeniyle az keskin emisyon hatları ile karakterize edilir.

Örneğin, akkor deşarj lambaları doğrudan şebeke voltajlarında çalıştırılabilir, ancak elektrotların çevresindeki sınırlı bölgelerde çok sınırlı ışıklıdır. Üstün teknik güvenilirliklerinden dolayı, bu lambalar tipik olarak çeşitli renklerde, aletler ve kontrol elektroniğinde pilot lambalar olarak kullanılır, ancak aydınlatma uygulamalarında genellikle kullanılmaz [4].

Yüksek voltajlı düşük basınçlı lambalar, uzun mesafelerde parlak ve düzgün renkler elde etmek için basit bir çözüm sunar. Boşaltma kapları olarak uzun cam tüpler ve elektrotlar olarak soğuk tüp katotları kullanılır. Deşarjı tutuşturmak ve korumak için yüksek voltaj gereklidir; genellikle, elektronik bir balast lambanın tutuşmasını sağlar ve operasyon, tüp içerisinde doldurulan ve civa da içerebilen gazlar ile (neon, argon,

kripton ve ksenon) sağlanır. Bazı durumlarda lamba rengini değiştirmek için fosfor kaplamalar kullanılır. Bu lamba türü genellikle tabela ve ticari reklamcılık için kullanılır ve bu nedenle genel aydınlatma için sınırlı uygulanabilirliktedir [4].

Sodyum alçak basınçlı lambalar (LPS), 1932'de piyasaya sürüldüklerinden beri mevcut en verimli ışık kaynağı (fotopik koşullar altında 200 lm / W) olarak konumlarını korumuştur. Bunlar ayrıca oldukça büyüktür (180 W lamba için yaklaşık 122 cm uzunluğunda), bu da aydınlatma armatürlerinin kontrolünü zorlaştırmaktadır. Lambanın tam parlaklığa ulaşması için kısa bir ısınma süresi gerektirir. Bu lambalar, dalga boyu 589.3 nm olan ortalama bir monokromatik ışık üretir (aslında 589.0 ve 589.6 nm'de birbirine çok yakın olan iki baskın spektral çizgi). Sonuç olarak, ışıklı nesnelerin renkleri kolayca ayırt edilemez, çünkü neredeyse tamamen bu dar bant genişliğindeki sarı ışığın yansınmasıyla görülür.

Düşük basınçlı sodyum lambaları, gaz boşaltımını başlatmak için Penning karışımı olarak işlev gören katı sodyum ve az miktarda neon ve argon gazı içeren bir borosilikat cam gaz boşaltma borusuna sahiptir. Boşaltma borusu doğrusal veya U şeklinde olabilir. LPS lambaları, ısı yalıtım için iç boşaltma borusunun etrafında dış cam vakum kılıfına sahiptir; Düşük basınçlı sodyum lambaların en önemli zayıflığı, sodyum buharından gelen çok dar ışık emisyonu spektrumu ile hesaplanan çok zayıf renk oluşturmaz. Rengin önemsiz olduğu yerlerde, onları yalnızca belirli sokak aydınlatmaları ve güvenlik aydınlatmaları için uygun kılan yerlerde kullanılırlar [4].

Lambanın kendisinin nispeten ucuz olması ve düşük maliyetli elektrikli kontrol tertibatlarında kullanılabileceği gerçeği ile birlikte cıva içermeyen bir yapısı da bulunmaktadır.

Aynı zamanda flüoresan tüpler veya TL lambalar olarak da adlandırılan flüoresan lambalar (FL) cıva buharını uyarmak için elektrik kullanan düşük basınçlı deşarj lambalarıdır. Enerjilendirilmiş cıva atomları, kısa dalga ultraviyole ışık üretir (esas olarak 253.7 nm'de), fosforun floresanlaşmasına neden olarak görünür ışık üretir. Bir floresan lamba tüpünün her bir ucuna kapatılmış bir termiyonik yayıcıyla kaplanmış fosforlu ve tungsten telli elektrotlarla içten kaplanmış soda kireç cam tüpten (düz, U şeklinde veya dairesel) oluşmaktadır. Tüp bir veya daha fazla sıvı fazda veya katı bir

amalgam halinde cıva miktarları (çoğu durumda 5 mg'dan az) inert gazla (genellikle argon, kripton veya neon) doldurulur [4].

Çalışma basıncı 10 mbar'dan daha azdır ve çalışma sıcaklıklarında doymuş cıva buharı basıncı birkaç mikrobarda kalmaktadır. Ampulün iç yüzeyi, farklı metalik ve nadir fosfor tuzlarının karışımlarından oluşan flüoresan bir kaplama ile kaplanmıştır. Ampul elektrotları, genellikle elektrot yayma işlevlerinden dolayı katotlar olarak adlandırılır. Sıcak katot teknolojisinde, elektrotlar tipik olarak sargılı tungstenden yapılır ve düşük bir termiyonik emisyon sıcaklığına sahip olmak için seçilen bir baryum, stronsiyum ve kalsiyum oksit karışımı ile kaplanır.

Çeşitli flüoresan lambaların, elektrotsuz ve indüksiyon lambalar olarak tanımlandığı da not edilmelidir. Bu lambalarda enerji, plazmaya yüksek frekansta, ampulün dışına yerleştirilmiş bir anten vasıtasıyla verilmektedir.

Görünür aralıkta yayılan toplam spektrum, herhangi bir flüoresan lamba tipi için nispeten zayıftır ve esasen flüoresan kaplamanın özelliklerine bağlıdır. Floresan tüpler, akkor lambalara göre çok daha yüksek etkinlik seviyelerine (60–104 lm / W) ve daha uzun çalışma ömrüne (7,500–30,000 saat) sahiptir [4].

Hassas renk oluşturma (sanat, sergiler vb.) için en yüksek kalitede ışık kaynağı olarak tanımlanır. Floresan lambalar, 2.700 K ila 7.500 K (gün ışığı) ve hatta 8.200 K'dan (skywhite) daha geniş bir yelpazede ilişkili renk sıcaklıkları sağlayacak şekilde tasarlanabilir. Floresan tüpler, enkandesan lambalardan sonra en çok kullanılan elektrik ışığı kaynağıdır [4].

Floresan lambalar hem ferromanyetik hem de elektronik balastlarla çalışabilir; bununla birlikte, 2000/55 / EG sayılı AB Direktifi, Avrupa pazarında ferromanyetik balastların satılmasını yasaklamaktadır.

Kompakt flüoresan lambalar (CFL) flüoresan lambalarla aynı prensiplerde çalışır. 1970'lerin sonunda nadir bulunan fosforların gelişimi, CFL'lerin üretimini de sağladı. İki tip CFL vardır: balast lambaya entegre (entegre) veya değil (pime dayalı). Bu terminoloji, AB direktiflerinde de belirttiği üzere, “tek” ve “çift kapaklı” lambalar olarak sınıflandırılmıştır. CFL'ler genellikle balastla bütünleşmiş modeller için

balastına bağı bir tabana monte edilmiş veya entegre olmayan çeşitler için takmalı tüpler olan iki, dört veya altı küçük flüoresan tüpten oluşur [4].

Entegre CFL'lerin lümen paketleri, eşdeğer akkor lambaların lambalarına uyacak şekilde tasarlanmıştır, ancak etkinlikleri dört ila beş kat daha yüksek olduğundan, güç oranları orantılı olarak daha düşüktür. CFL güç derecesi 4 ila 120 W arasında ve etkinlikleri 35 ila 80 lm / W arasında değişmektedir. 5.000 ila 25.000 s arasında bir ömre sahiptirler. Spektrum, renk sıcaklığı ve renk oluşturma, floresan lambalara benzer [4].

Soğuk katodlu floresan lambalar (CCFL) çok ince, düşük basınçlı floresan lambalara (birkaç mm çapında) benzer, ancak soğuk bir katod lambası standart bir floresan lambadan ayırt edilir, çünkü katotlar elektron emisyonu için, ısıtmaya ihtiyaç duymazlar. Soğuk katotlar LCD arka aydınlatma için popüler olmaya devam eder ve genel aydınlatmada (perakende vitrinleri, ışık kutuları, güvenlik aydınlatması vb.) Çok az uygulamaları vardır. Genellikle 12 V olan doğru akım beslemeli ve 80 lm / W civarında etkinlik seviyelerine sahiptirler [4].

Bir cıva yüksek basınçlı deşarj lambası, şeffaf bir kaynaşık kuvars ark tüpünün içine yerleştirilmiş tungsten elektrotları arasındaki elektrik arkını kullanarak ışık üreten bir elektrik lambası türüdür. Bu tüp sıvı fazda hem gaz (genellikle argon) hem de cıva ile doldurulur. Gaz, yayların ilk vuruşunu kolaylaştırır. Ark başladığında, cıva oluşturan metalik buhar plazmasını ısıtır ve buharlaştırır; bu ark tarafından üretilen ışığın yoğunluğunu büyük ölçüde artırır ve güç tüketimini azaltır. Bu lamba ferromanyetik bir balastla çalışır. Başlangıçta mavimsi yeşil bir ışık ürettirler, ancak daha yeni sürümler fosfor ilavesinin bir sonucu olarak renk tonu daha az belirgin olan ışık üretebilir [4].

Bu ürünler için güç aralığı 50 W ila 400 W; ışık etkinliği ılımlı (23-60 lm / W). Renk sıcaklığı 3.000 K ile 5.500 K arasındadır ve renk oluşturma da orta düzeydedir. Ömrü yüksektir ve 6.000 ila 28.000 saat arasındadır. Bu tür bir lambanın ana kullanımı dış mekan sokak aydınlatmasıdır, ancak bazı durumlarda büyük endüstriyel binalar için iç aydınlatmada kullanılabilir. Bununla birlikte, cıva buharlı lambalar lehine düşmekte ve bunların yerine sodyum buharlı ve metal halojenür lambalar kullanılmaktadır [4].

Bu lambalar, normal akkor lambalara mükemmel bir alternatiftir, çünkü daha uzun süre dayanırlar ve kontrol tertibatı veya ateşleyici gerektirmezler. Yüksek watt akkor lambalara sahip parçalar kolayca yükseltilebilir. HWL lambaları bu nedenle fabrikalar ve diğer büyük binalar için düşük maliyetli aydınlatma tesisatları sağlayabilir. Ultra yüksek performanslı (UHP) lamba, elektrot mesafesi 1 mm'nin altında olan küçük bir oval ampulden oluşur. Çalışma basıncı saf cıva buharında 200 bar'dır. Bu lambada herhangi bir aydınlatma uygulaması yoktur, ancak projeksiyon uygulamaları için kullanılır [4].

Sodyum yüksek basınçlı deşarj lambaları (SHP) cıva ve bazı ek nadir gazlarla karıştırılmış sodyum içerir. Düşük basınçta bulunan nadir gaz (genellikle xenon), SHP lambasında “başlangıç gazı” olarak kullanılır. Sodyum silika için çok agresif olduğundan, bu lambanın ark damarı polikristalin alümin (PCA) tarafından yapılır. Lamba işlemi sırasında bir miktar sodyum buharlaştırılır, uyarılır ve iyonlaştırılır. Bu lambanın rengi pembemsi sarıdır. Standart yüksek basınçlı sodyum lambalar, tüm yüksek basınçlı lambaların en yüksek etkinliğine sahiptir, 80-140 lm / W, ancak düşük ila orta seviye renk oluşturma özelliklerine sahiptir. İlişkili renk sıcaklığı 1.900 ila 2.500 K ve 5.000 ila 28.000 s arasında bir kullanım ömrü; Tipik güç değerleri 40 ila 400 W arasındadır (600–1.200 W gücünde olan lambalar sera aydınlatması ve mahsullerin büyümesi için kullanılır). Yüksek basınçlı sodyum lambalar, artık sokak ve dış aydınlatma uygulamaları için düşük basınçlı sodyum lambalardan çok daha yaygın kullanılmaktadır. Yüksek basınçlı sodyumun 1986 yılında piyasaya sürülen beyaz SON adlı varyasyonu, tipik HPS / SON lambasından daha yüksek bir basınca sahiptir ve iyi renk gösterimi ile yaklaşık 2.700 K civarında bir renk sıcaklığı üretir. Bunlar genellikle belirli bir atmosfer yaratmak için iç mekanlarda kafe ve restoranlarda kullanılır. Ancak, bu beyaz SON lambalar daha kısa bir ömre ve düşük ışık verimliliğine (50 lm / W) sahiptir. Her tür HPS lambalar hem ferromanyetik hem de elektronik balastlarla çalışır ve ayrıca harici ateşleyiciye ihtiyaç duyar [4].

Metal halojenür lambalar (MHL), boyutları için yüksek ışık çıktısı üreterek onları kompakt, güçlü ve verimli bir ışık kaynağı haline getirir. Bu lambalar cıva buharlı lambalarla yakından ilgilidir, ancak sodyum, scandium, talyum, kalsiyum, stronsiyum, indiyum, praseodimyum iyodürler gibi bir metal halojenür tampon gazlar sayesinde

lamba çalışma gerilimlerini 90–100 V aralığında tutar. Çoğu HID lambaları gibi, metal halojenür lambalar da yüksek basınç ve sıcaklıkta çalışır ve güvenli bir şekilde çalışması için özel armatürler gerektirir.

İki teknoloji var: kuvars ve seramik tüp lambalar. Dış ampul aynı zamanda cıva buharının boşaltılması tarafından üretilen UV ışığının bir kısmını bloke eder. Kuvars tüp lamba, adından da anlaşılacağı gibi iki tungsten elektrotları (her bir ekstremitede bir tane) genellikle toryum ile katlanmış ve kaynaşmış bir kuvars ark tüp içinde çalışır. Çoğu tipte, iç bileşenleri korumak ve ısı kaybını önlemek için bir dış cam ampul takılmıştır [4].

Güç, 50 W ila 2.000 W arasındadır, ilişkili renk sıcaklığı, 3.700 K ila 6.100 K arasında değişmektedir (iyodür bileşiminin ardından); renk sunumu mükemmel yakındır. Işık verimliliği 54 ila 120 lm / W arasındadır, ancak ömrü 4.000 ila 8.000 saat arasındadır [4].

Geniş spektrumları nedeniyle, iç mekan uygulamaları için, atletik tesislerde kullanılırlar ve mercanları için yüksek yoğunluklu bir ışık kaynağına ihtiyaç duyan resif akvaryumcuları arasında oldukça popülerdirler. Kuvars tüp lambalardaki sorun, kullanım ömrünün kısalması ve kullanım ömrü boyunca renk kararlılığıdır. Bunun nedeni sıvı fazındaki metal halojenürlerin yüksek sıcaklıkta kuvars için (çalışma koşulları) çok agresif olmasıdır.

Bu sorun, kaynaşık kuvartzın bir polikristalin alümina (PCA) tüpü ile değiştirilmesiyle çözülmüştür. Seramik metal halojenür lamba (CMHL), eski yüksek basınçlı cıva buharlı lambanın bir değişkeni olan nispeten yeni bir ışık kaynağıdır. Boşalma seramik bir tüpte bulunur. Çalışma sırasında, bu seramik borunun sıcaklığı 1.200 K'yi geçebilir. Seramik boru cıva, argon ve metal halojenür tuzları ile doldurulur. Metalik atomlar, bu lambalardaki ana ışık kaynağıdır, yukarıdan bir CRI (renk oluşturma indeksi) 96 seviyesine kadar, gün ışığına yakın mavimsi bir ışık oluşturur [4].

Kesin korelasyondaki renk sıcaklığı ve CRI, metal halojenür tuzlarının spesifik karışımına bağlıdır. Ayrıca sokak lambaları olarak kullanıldığında, eski cıva buharı ve sodyum buharı lambalarından daha net ve doğal görünümlü bir ışık veren, CRI (78-82) 'nin biraz daha düşük olduğu sıcak beyaz CMHL'ler de daha ekonomiktir. Işık

verimliliği 70 lm / W ile 120 lm / W arasındadır ve piyasada mevcut olan ürünlerin güç aralığı 20 W ile 400 W arasındadır [4].

Ömürleri 8,000 saat ile 16,000 saat arasında değişir; renk stabilitesi mükemmeldir. Bu lambaların uygulamaları arasında cadde ve mimari aydınlatma, televizyon ve film yapımıcılığının yanı sıra mağaza aydınlatması (düşük güçlü versiyonlar), dijital fotoğrafçılık gibi alanlar gelmektedir [4].

Ksenon ark lambaları, doğal gün ışığını yakından taklit eden parlak beyaz bir ışık üretmek için ksenon plazma kullanır. Her bir ucunda tungsten metal elektrotları olan bir cam veya kaynaşık kuvars ark tüpünden oluşur. Cam tüp, ksenon gazı ile doldurulur. Ksenon ark lambaları kabaca iki kategoriye ayrılabilir: kısa ve uzun ark lambaları. Ksenon kısa ark lambalar alçak gerilim, yüksek akım, DC cihazlardır. DC çalışması nedeniyle, bu lambaların elektrotları simetriktir. Üretilen ışık, sürekli gün ışığı kalitesindedir, ancak watt başına lümen bakımından oldukça düşük bir verim elde eder.

Lamba yaklaşık 2.000 saatlik bir ömre sahiptir. Birçok lamba zarf üzerinde düşük UV engelleyici bir kaplamaya sahiptir ve "Ozonsuz" lambalar olarak satılmaktadır. Bazı lambalarda kabaca maliyeti iki katına çıkaran, ultra saf sentetik erimiş silikadan yapılmış zarflar bulunur. Bu yapı sayesinde, vakum UV bölgesine faydalı bir ışık yaymalarına izin verir [4].

Bu lambalar normalde saf bir azot atmosferinde çalıştırılır. Bugün, tiyatrolardaki hemen hemen tüm film projektörleri 900 watt ile 12 kW arasında değişen güç kademelerinde bu lambaları kullanmaktadır. Omnimax (IMAX Dome) projeksiyon sistemlerinde kullanıldığında, tek bir lambadaki güç 15kW değeri gibi yüksek bir değerde olacaktır [4].

Ksenon kısa arklı lambalar ayrıca seramik bir gövdeye ve entegre bir yansıtıcıya sahiptir. UV ileten veya engelleyen pencerelerle birçok farklı güç değerinde ürünleri mevcuttur. Reflektör seçenekleri olarak parabolik ve eliptik tasarımları bulunmaktadır. Video projektörleri, fiber optik aydınlatıcılar ve arama lambaları gibi çok çeşitli uygulamalarda kullanılırlar.

Ksenon uzun yay lambaları, cam tüpün yay içeren kısmının büyük ölçüde uzatılması dışında, kısa yay lambalarına yapısal olarak benzerdir. Bir eliptik içine monte edildiğinde reflektör, bu lambalar güneş ışığını simüle etmek için sıklıkla kullanılır. Tipik kullanımlar güneş pili testi, malzemelerin yaş testi için güneş simülasyonu, hızlı ısıl işlem ve malzeme muayenesidir.

Flaş lambaları, çok kısa süreler için son derece yoğun, tutarsız, tam spektrumlu beyaz ışık üretmek üzere tasarlanmış elektrikli deşarj lambalarıdır. Lamba, gazın elektrik akımını taşımak için bir soy gaz, genellikle ksenon ve elektrotlar ile doldurulmuş, hermetik olarak kapatılmış bir cam tüp (genellikle kaynaşık kuvars, borosilikat veya Pyrex'ten yapılmıştır) içerir. Tetiklendiğinde, soy gaz ışığı üretmek için yüksek voltajlı bir darbe iyonize eder ve iletir. Ek olarak, lamba tetiklendiğinde çok yüksek elektrik akımının çok hızlı bir şekilde iletilmesini sağlamak için gaza enerji vermek için genellikle yüklü bir kapasitör olan yüksek voltajlı bir güç kaynağı gereklidir. Cam tüpler çoğunlukla fotografik olarak kullanılır. Kullanım alanları bilimsel, tıbbi ve endüstriyel uygulamalardır [4].

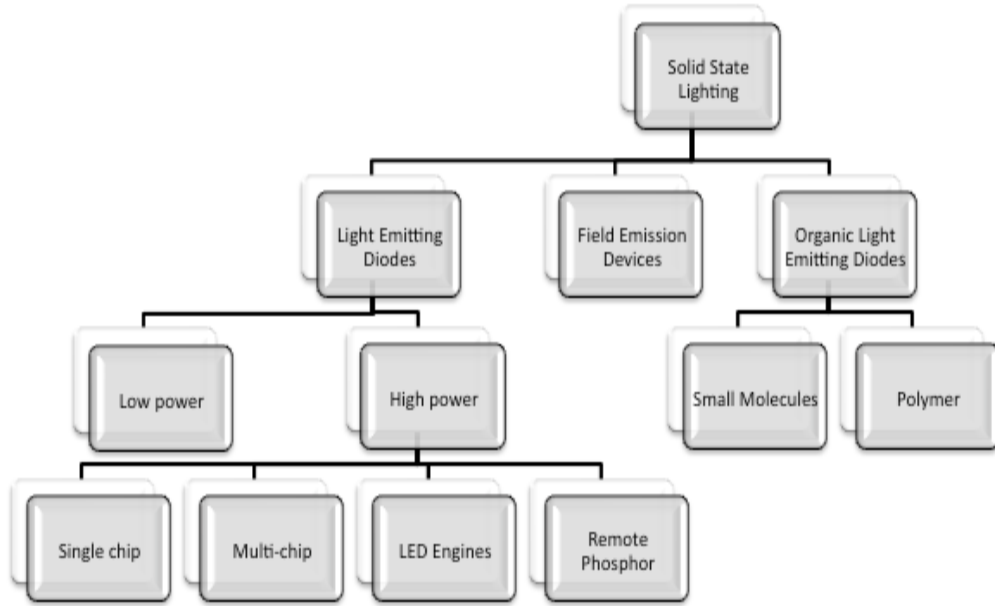
Dielektrik bariyer deşarjı (DBD), yalıtkan bir dielektrik bariyerle ayrılmış iki elektrot arasındaki elektriksel deşarjdır. DBD cihazları, bir dielektrik tüple ayrılmış paralel plakalar veya aralarında bir dielektrik tüplü koaksiyel plakalar kullanılarak, tipik olarak düzlemsel olan birçok konfigürasyonda yapılabilir. Ortak bir koaksiyel konfigürasyonda dielektrik tüp, dielektrik bariyer görevi gören cam duvarlarla atmosferik basınçta ya bir soy gaz ya da bir soy gaz - halide karışımıyla doldurulmuş olan ortak floresan boru ile aynı formda şekillendirilir. Bu tür boşaltma, elektrotlu alçak basınçlı bir ateşleyiciye kıyasla bazı ek avantajlara sahiptir: (a) ateşleyici herhangi bir metal parçadan arındırılmıştır ve bu, metallerle bağdaşmayan diğer moleküllerin kullanımına izin verir; (b) deşarj yüksek basınçta fakat yine de dengede olmayan koşullarda kurulur ve bu, klasik koşullarda bulunmayan excimer ve exciplex moleküllerinin oluşumuna izin verir; ve (c) Herhangi bir geometri içinde mümkündür. Aslında, dielektrik bariyer deşarjı (DBD) excimer veya exciplex lambaları, dar spektrumlu verimli UV ve VUV kaynakları olarak bilinir. Bu lamba türünün, bugün endüstriyel uygulama alanları sınırlıdır, ancak birkaç yıl önce Osram cıva içermeyen,

adı Planon olan, excimer radyasyonu kullanılarak 147 nm dalga boyunda çalışabilen düz bir lamba sunmuştur [4].

Konsept çok ilginç ve DBD'lerin aydınlatma uygulamaları için kullanılabileceğini kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, Planon sistem tasarımı (elektronik sürücü dahil) çok karmaşıktır ve ışık etkinliği (27 lm / W) sınırlı kalmaktadır. Benzer konfigürasyonlar daha sonra yüksek ışık verimliliği ile sunulmuş, ancak ciddi ışık düzensizliği problemlerini çözememiştir [4].

2.1.3. Katı Hal Işık Kaynakları

Halen yeni bir tür aydınlatma teknolojisi (SSL) olan, gelişimi ve ticari olarak tanıtılması devam eden bir teknolojidir. Hızla gelişen bu yeni alanda, inorganik ve organik ışık yayan diyotlar, geleceğin dominant ışık kaynağı türü olabilir.



Şekil 2.4 Katı Hal Işık Kaynakları Ürün Sınıfları

Işık yayan diyotlar (LED'ler), yarı iletken bir diyotta şarj taşıyıcılarının rekombinasyonu ile ışık üretir. Işık yayan diyotlarda (LED'ler), ışık elektrolüminesans adı verilen katı hal işlemiyle üretilir. Bir LED inşa etmenin yolu, üç yarı iletken tabakanın bir alt tabaka üzerinde yerleştirilmesidir. P tipi ve N tipi yarı iletken tabakalar arasında, bir elektron ve bir delik yeniden birleştiğinde bir aktif bölge ışık yayar. P-N kombinasyonunun bir diyot olduğu düşünüldüğünde, sonra diyot ileri

doğru tetiklendiğinde, p-tipindeki delikler n-tipi materyalden malzeme ve elektronların her ikisi de aktif bölgeye sürülür. Delikler elektronlarla birleştiğinde yeniden birleştirebilirler, enerji fotonlara dönüştürülebilir. Bu, elektron-delik çiftinin, bir fotonun yayılmasıyla elektron-volt sırasına göre enerji açığa çıkararak daha kararlı bir bağlı duruma gelmesi anlamına gelir. Yayılan fotonun dalga boyu yarı iletken malzemenin enerji bandı boşluğuna bağlıdır [4].

Böylece, bir LED benzersiz bir neredeyse tek renkli radyasyon yayar. Örneğin, AlGaA'lar kırmızı ışık verir, AlGaInP - turuncu, AlGaP - yeşil, GaN - mavi, InGaN - UV. Bununla birlikte, baskın dalga boyu ve spektral çizgi genişliği, birleşimin işletme sıcaklığına bağlıdır [4].

Işık dönüşüm etkinliği birkaç parametreye bağlıdır ve teorik olarak % 100 verim elde edebilir. Dönüşüm sırasında üretilen, ısı taşınımı konveksiyon işlemiyle tahliye edilebilmesi için LED cihazlarda ciddi termal yönetim gereklidir [4].

Tipik radyasyon paterni, enerjinin çoğunun maksimum ışık yönünde 20° içinde yayıldığını gösterir. Bugün LED aydınlatma için kullanılan LED paketleri arasında plastik lensler veya daha sofistike birincil optikler bulunur [4].

Işığı daha büyük bir görüş açısı üzerine yaymak için doğrudan yarı iletken üzerine (mikro lens, plazmonlar, mikro prizmalar vb.) uygulanır. Daha önce de belirtildiği gibi, LED'ler renkli ışık üretir; ihtiyaç duyulan beyaz ışığı üretmenin veya elde etmenin üçfarklı yöntemleri mevcuttur [4].

Genel aydınlatma uygulamaları için: Birincisi üç ana renk (kırmızı, yeşil ve mavi) yayan ayrı LED'ler kullanmak ve sonra beyaz ışık elde etmek için bunları karıştırmaktır. Bu tekniğin dezavantajları düşük etkili yeşil LED'ler, verimli renk karıştırma optiği, zayıf renk sunumu ve renkli gölgelerdir. Daha iyi bir renk verimi elde etmek için birkaç rengi karıştırmak mümkündür. İkinci yol, mavi ve sarı gibi iki tamamlayıcı rengi karıştırmaktır. Bu amaç için, monokromatik mavi ışığı LED bağlantısından dönüştürmek için sarı renkli bir yayan fosfor materyali kullanılır ve iki renk en sonda karıştırılarak elde edilir.

Bu, yüksek parlaklıktaki LED'ler için en sık kullanılan tekniktir, ancak olumsuz yönler arasında önemli dönüşüm kayıpları, düşük renk sunumu ve kabul edilemez derecede yüksek renk sıcaklığı, ayrıca renk homojenliği sorunları bulunur.

Beyaz ışık elde etmenin son yolu, fosfor kullanarak UV emisyonunu LED bağlantısından görünür ışığa dönüştürmektir. Bu teknik, mükemmel renk sunumu ve çok çeşitli renk sıcaklıkları ile iyi kalitede beyaz ışık üretebilir; ancak birkaç yarı iletken UV bölgesinde iyi bir verime sahip radyasyon yaymaktadırlar.

Yakın gelecekte bu malzemelerden kaynaklanan emisyon verimliliğinin önemli ölçüde artırılması da mümkündür. Bu durumda, UV bölgesindeki emisyonlar artık ihmal edilemez.

Bugün hem renkli hem de beyaz LED'ler için iki ana ürün sınıfı ticari olarak mevcuttur: kubbe şeklinde olan ve bazen "5 mm LED" olarak adlandırılan düşük güçlü LED'ler. Üretilen ışık akısı çoğunlukla 5 lümen ile sınırlıdır ve emilen güç 1 W'tan daha azdır. Genelde tabela, dekoratif ve festival aydınlatma uygulamaları ve göstergeleri için kullanılır. Bazı düşük kaliteli "ikame lambaları", aydınlatma uygulamaları için benzersiz bir lambaya kümelenmiş çok sayıda bu LED'i kullanır.

Yüksek güçlü LED'ler 1 W ila 5 W güç tüketir (bir yonga için), farklı geometrilere sahiptir ve tekli veya çoklu yongalar içerebilen benzersiz bir pakette yüksek miktarda ışık üretebilir. Yüksek güçlü LED'ler özellikle aydınlatma uygulamaları için kullanılır (acil durum, manzara, genel aydınlatma vb.). Ticari beyaz LED'ler için (yüksek güç, "soğuk beyaz") aydınlık etkinliği 116 lm / W olabilir ve ilgili renk sıcaklığı 2,800 K ile 12,000 K arasındadır. Renk gösterimi zayıf ile mükemmel arasındadır. Nominal kullanım ömrü LED'in kendisi için 50.000 saattir, ancak bir LED lambası veya LED sistemi bu ömrü çok sık 15.000 saat - 25.000 saat ile sınırlıdır. Burada, renk oluşturma endeksi tanımları gerçekten LED'ler için geçerli olmadığından, 25 ° C birleşme sıcaklığı ve nominal ileri akım için nominal değerlerin verildiğine dikkat edilmelidir [4].

LED'ler bir DC akım güç kaynağı altında çalışır ve sadece birkaç volt gerektirir (genellikle 10 V'den az). LED cihazları tamamen ayarlanabilir ve bunun için güç

dalgası modülasyonu tekniği kullanılır. Daha kolay yönetilebilir olmasına rağmen ışık titremesi gibi istenmeyen bazı etkilere neden olmaktadır.

Kodak / Sanyo öncülüğünde ve patentli organik ışık yayan diyotlar (OLED), diğer teknolojilerde mümkün olmayan parlaklık ve netlik seviyesine sahip tam renkli, tam hareketli düz panel ekranlar sunar. Bir OLED salıcı bir organik maddeden oluşur, elektrik akımı ile birlikte verilir. Aslında, bir OLED, yayıcı elektrolüminesans tabakanın, bir elektrik akımına cevap olarak ışık yayan bir organik bileşikler filmi olduğu ışık yayan bir diyottur (LED). Bu organik yarı iletken malzemenin tabakası iki elektrot arasına yerleştirilmiştir. Genellikle, bu elektrotların en az biri şeffaftır. Renk sunumu yüksek ve renk tamamen ayarlanabilir. Bu tip ışık kaynağı düz, ince ve hafiftir ve büyük bir etkiye sahiptir. Sonucusu, düşük bir parlaklık anlamına gelir; bu tür bir lamba tarafından indüklenen düşük parlama anlamına gelir [4].

Bugün geçerli iki teknoloji var; küçük moleküller ve plastik (polimer) OLED'ler., 2009'dan beri OLED, iç ve konut aydınlatma uygulamaları için ürünler de pazarlanmasına rağmen teknoloji olarak çözülmesi gereken noktaları olduğu da bir gerçektir.

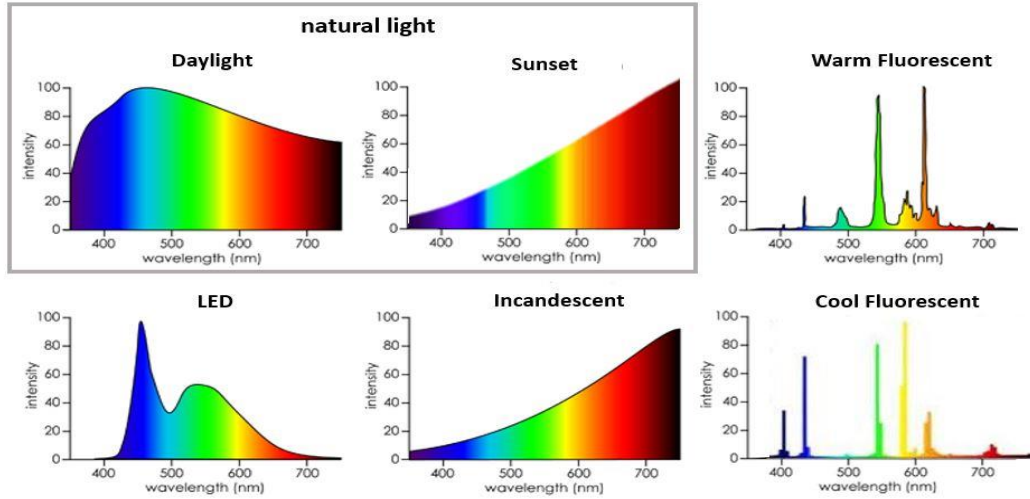
Saha emisyon cihazları (FED) veya saha emisyon lambaları, TV setlerinde kullanılan lüminesans fosfor materyalleriyle aynı prensibe dayanmaktadır. Elektronlar malzemeye sürüldüğünde ışık yayar. Geleneksel TV setleri, elektronları fosfor ekranına ateşlemek için termal elektron tabancası kullanır. Yeni saha emisyon cihazları, katoddan elektronları çıkarmak ve onları birbirine yakın bir yerde bulunan fosforun içine sürüklemek için güçlü bir elektrik alanı kullanır. İşlem, elektron tabancalarında kullanılan filamanlardan çok daha verimlidir [4].

Saha emisyon lambaları doğal gün ışığı spektrumuyla tam olarak eşleşebilir. Mevcut lambalardan 5 kat daha fazla enerji tasarrufludurlar ve floresan tüplerde kullanılan cıva buharı gibi çevresel olarak tehlikeli maddeler içermezler [4].

Malzemeye dayalı lambaların kullanım ömrü 30.000 saate kadar olmalıdır. Bugün bu teknoloji hala deneysel bir aşamada ve ticari olarak çok az cihaz mevcut. Projektörlerde ve iç mekan aydınlatma uygulamalarında kullanılması beklenmektedir [4].

2.2 Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri

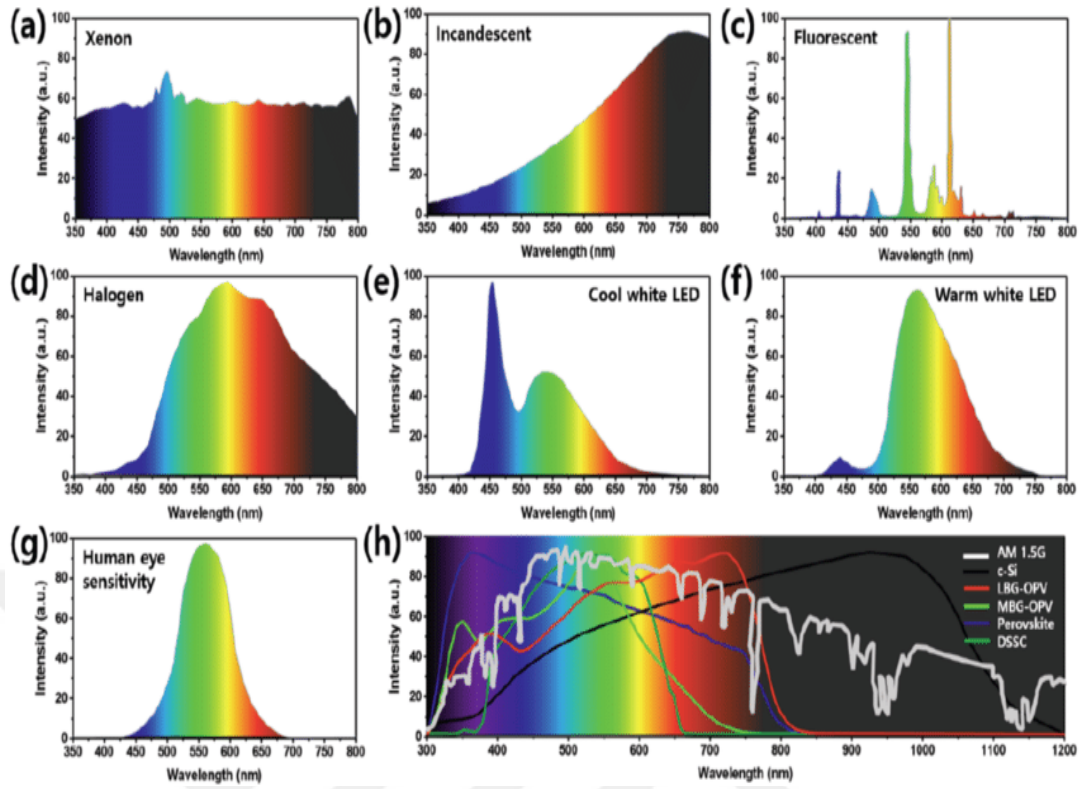
Bu bölüme kadar, görülebilir ışık olarak adlandırılan “ışık” fenomeninin teorik tanımlamalarını, sınıflandırılmalarını ve çalışma prensiplerini anlatmaya çalıştık. Aşağıda görülecek grafiklerde hem doğal ışık kaynağı hem de yapay ışık kaynaklarına ait spektral ölçüm grafiklerini Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da genel bir çerçevede sunacağız.



Spectral Power Distributions (SPDs) of different natural and artificial light sources

note that intensities are not the same for each source (sunset is much less intense than daylight)
graphics adapted from: <http://www.lightingschool.eu/portfolio/understanding-the-light/>

Şekil 2.5 Doğal Işık ve Yapay Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri



Şekil 2.6 Farklı Türdeki Yapay Işık Kaynaklarına Ait Spektral Ölçüm Grafikleri

BÖLÜM 3

SPEKTRAL ÖLÇÜM METODU VE ÖLÇÜM VERİLERİ

Türk Standardları Enstitüsü Ankara Merkez Kampüsü'nde bulunan Elektroteknik Laboratuvarına bağlı Aydınlatma Laboratuvarı'nda 20 Mayıs 2019 tarihinde, laboratuvar çalışanları ile birlikte, ilgili numunelerin spektral ölçüm deneyleri için çalışma yapılmış ve deney sonuçları aşağıda belirtilen bölümde paylaşılmıştır.

Öncelikle laboratuvar ve ilgili bölüm hakkında kısa bilgiler verilecek, daha sonraki alt bölümlerde deney ile ilgili çalışmalar sunulacaktır.

3.1 TSE Ankara Elektroteknik Laboratuvarı Genel Tanıtımı

Ankara Elektroteknik Laboratuvarı Kablo ve İç Tesisat Teknik Şefliği, Ev Aletleri ve Aydınlatma Teknik Şefliği ve Endüstriyel Elektrik Bölümleri ile Ulusal ve Uluslararası (IEC, EN, HD) standartlarına uygun olarak muayene ve deney hizmeti vermekte talebe göre İngilizce ve Türkçe raporlama yapılabilmektedir.

TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre Ulusal (TÜRKAK) ve Uluslararası (IECEE-CB, ETICS-CCA, HAR ve ENEC) akreditasyona sahiptir. TÜRKAK akreditasyon kapsamı 77 ürün standardı ve 32 deney metodunda Uluslararası akreditasyonda ise 43 standard CB, 28 Standard HAR, 41 standard CCA ve 21 standard ENEC kapsamındadır.

Belgelendirme alanında IECEE-CB, ETICS-CCA, HAR, ENEC gibi AB bünyesinde yürütülmekte olan belgelendirme sistemine dahil olan Laboratuvar; LVD Alçak Gerilim Direktifinde yer alan güvenlik standartları için verdiği uluslar arası geçerliliği olan deney raporları CE dosyası için de kullanılabilir [5].

3.2 Aydınlatma Teknik Şefliği

Aydınlatma bölümünde balastlar, armatürler, projektörler vb. aydınlatma araç ve gereçleri ile ilgili standartlarda yer alan muayene ve deneyler yapılmaktadır.

Yapılan Deneyler:

TS EN 61347-1, TS EN 62347-2-8 ve TS EN 61347-2-9 serisi standartlara göre deneyleri,

Bu standartlar da TÜRKAK ve IECEE-CB, ETICS-CCA, ENEC akreditasyon kapsamındadır.

TS EN 60598 serisi standartlara göre armatür deneyleri,

TS 805 EN 60155 lamba yol vericileri deneyleri

Bu standartlar TÜRKAK akreditasyon kapsamındadır [5].



Şekil 3.1 Aydınlatma Laboratuvarı Deney Alanlarından Bir Görüntü

3.3 Deney Verileri ve Sonuçları

3.3.1. Deney Numuneleri

Deney numuneleri olarak iki farklı yapay ışık kaynağı kullanılmış ve aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- 4x14W gücünde çift parabolik reflektörlü floresan aydınlatma armatürü (Ek-1, Teknik Doküman)
- 50W gücünde LED projektör (Ek-2, Teknik Doküman)



Şekil 3.2 (a) numunesine ait görsel



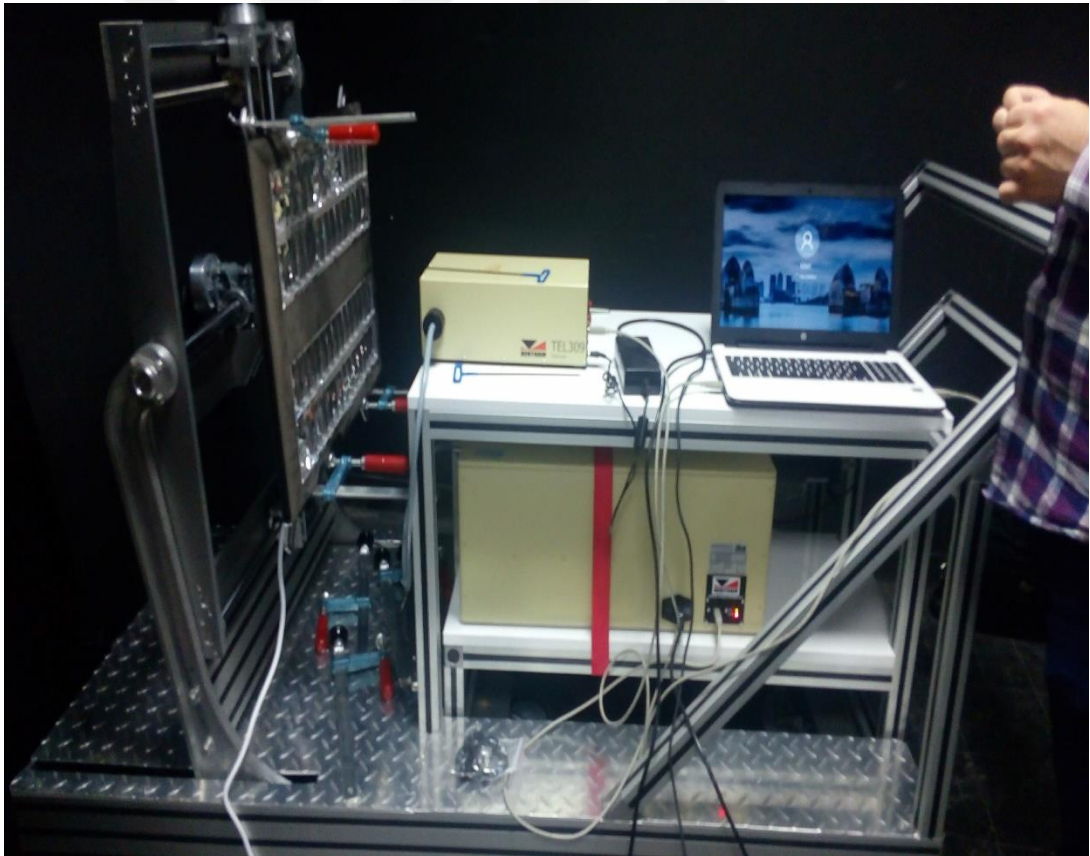
Şekil 3.3 (b) numunesine ait görsel

3.3.2. Deney Düzenegi ve Metodu

Spektral ölçüm grafiklerinin tespiti için öncelikle deney düzeneginin, aydınlatma laboratuvarına ait karanlık odasında ilgili standarda uygun biçimde kurulması ve deneye hazır hale getirilmesi gerekmektedir.

Ölçüm için kullanılan ekipmanlar aşağıda sırasıyla belirtilmiştir:

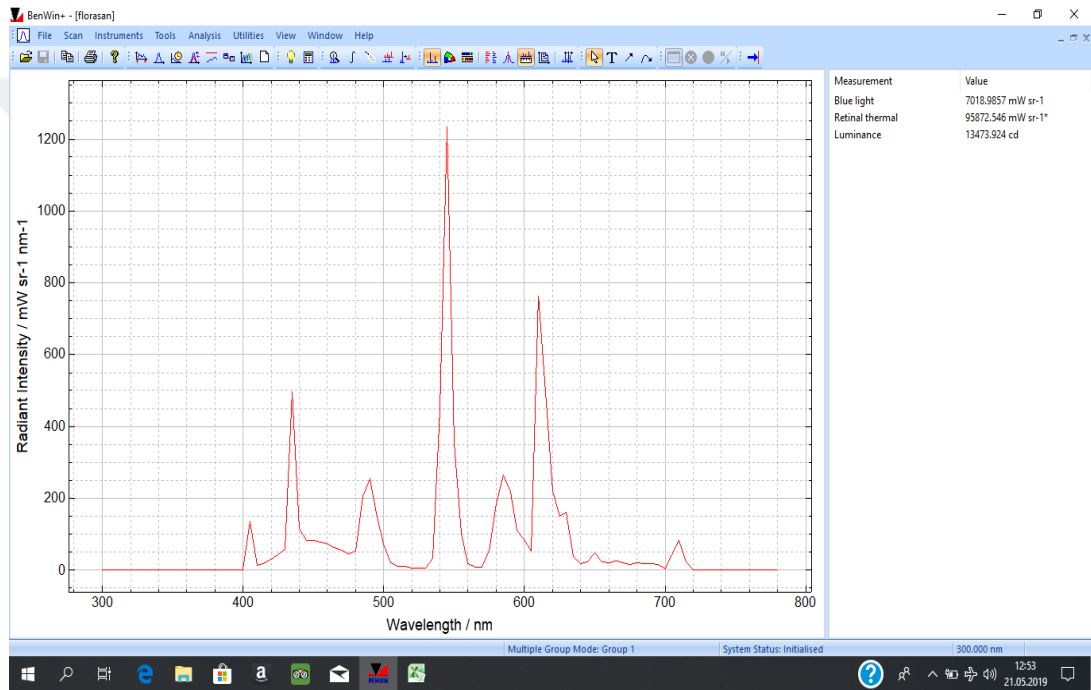
- Bentham Markalı IDR300 Monochromator
- Bentham Markalı TEL309 Telescope
- Laptop bilgisayar ve ilgili yazılım
- Deney Sehпасı (Elle kontrol edilebilir)



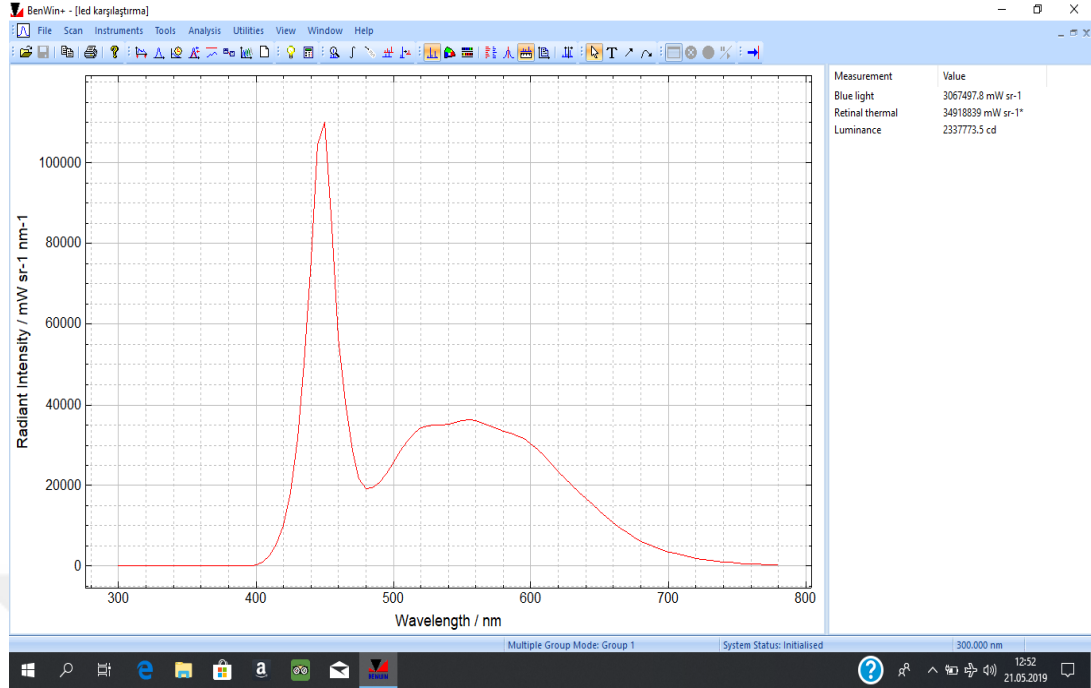
Şekil 3.4 Deney Düzenegi Görseli

Deney metodu olarak TSE IEC TR 62778 IŞIK KAYNAKLARI VE ARMATÜRLERİN MAVİ IŞIK TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİ İÇİN IEC 62471 UYGULAMASI, standardı uygulanmıştır. Böylelikle ilgili numunelere ait spektral ölçüm diyagramları tespit edilmiştir.

İlgili numuneler 100h süresince yaşlandırılmış ve Şekil 11.de görülebileceği üzere, teleskop ile arasında 200mm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Spektrum aralığı olarak, 300nm – 780nm seçilmiş, 11mrad göz aralığında deneyler gerçekleştirilmiştir. (a) ve (b) numunelerine ait ölçümler ve grafikler aşağıda sunulmuştur.



Şekil 3.5 (a) Numunesine Ait Spektral Ölçüm Grafiği



Şekil 3.6 (b) Numunesine Ait Spektral Ölçüm Grafiği

(a) ve (b) numunelerine ait, Ek-A ve Ek-B kısmında sunulacak tablolarda, farklı dalga boylarında ölçülen spektral radyant yoğunlukları ve hangi değerlerde en yüksek noktalara ulaştığı gözlemlenebilir.

3.3.3. Deney Sonuçları

Deney sonuçları ile ilgili, her bir numuneye ait veriler aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

(a) numunesi için;

- 4x14W çift parabolik floresan aydınlatma armatürü için, TSE IEC TR 62778 standardına göre spektral ölçüm yapılmış ve ilgili ürün için en dominant band aralığı 579nm olarak belirlenmiştir.
- Renk sıcaklığı 4057,8 K olarak belirlenmiştir.
- Mavi Işık değeri 7018,99 mW sr-1 olarak belirlenmiştir.
- Retinal Termal değeri 95872,5 mW sr-1 olarak belirlenmiştir.
- Lüminesans 13473,9 cd olarak belirlenmiştir.

(b) numunesi için;

- 50W LED projektör için, TSE IEC TR 62778 standardına göre spektral ölçüm yapılmış ve ilgili ürün için en dominant band aralığı 460nm olarak belirlenmiştir.
- Renk sıcaklığı 10823,8 K olarak belirlenmiştir.
- Mavi Işık değeri 3,07E+06 mW sr-1 olarak belirlenmiştir.
- Retinal Termal değeri 3,49188e+007 mW sr-1 olarak belirlenmiştir.
- Lüminesans 2,34E+06 cd olarak belirlenmiştir.



BÖLÜM 4

RİSK GRUPLARI VE SINIFLANDIRMALAR

Aydınlatma teknolojilerinin potansiyel sağlık etkilerine ilişkin herhangi bir risk değerlendirmesinin kritik bir yönü, genel popülasyon için maruz kalma verilerinin ve mesleki maruziyetin varlığıdır. Ne yazık ki, fiili maruz kalmaya ilişkin veriler oldukça az olup, emisyonlarla ilgili güvenilir verilere ihtiyaç olduğu açıktır.

Lambadan kaynaklanan emisyonlara dayanarak, TS EN 62471 Standardı, yapay ışık kaynaklarının verebilecekleri foto-biyolojik tehlikeleri aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Göz ve cilt için aktinik UV tehlikesi
- Göz için UVA tehlikesi
- Retina için mavi ışık tehlikesi
- Termal retina tehlikesi
- Göz için IR tehlikesi

TS EN 62471 standardına göre ölçümler iki yaklaşıma göre yapılmalıdır: 500 lx ışık yoğunluğunun elde edildiği bir mesafede ve ayrıca 20 cm'lik bir mesafe şartları da sağlanmalıdır. Bu ölçümlere dayanarak, lambalar daha sonra ait oldukları “Risk Grubu” (RG) göre sınıflandırılır.

RG0 (İstisnai Grup): Temel felsefe, lambanın bu standarttaki risk unsurları için herhangi bir foto biyolojik tehlike ortaya çıkarmamasıdır.

RG1 (Düşük Risk): Temel felsefe, maruz kalmadaki normal davranış sınırlamalarından dolayı lambanın bir tehlike ortaya çıkarmamasıdır.

RG2 (Orta Risk): Temel felsefe, çok parlak ışık kaynaklarına olan riskten kaçınma tepkisinden veya ısıl bozulmadan dolayı lambanın bir tehlike ortaya çıkarmamasıdır [2].

RG3 (Yüksek Risk): Temel felsefe, ani veya kısa maruz kalma için lambanın normal olarak bir tehlike ortaya çıkarabilmesidir [2].

Bu yaklaşıma göre aşağıda sunulan Tablo 4.1’de bazı yapay ışık kaynaklarına ait sınıflandırmaları görebiliriz.

Tablo 4.1 Genel Aydınlatma amacı ile kullanılan bazı yapay ışık kaynakları, verebileceği zararlar ve sınıflandırmalar

Hazard	85 W tungsten halogen	500 W tungsten halogen	37 W linear fluorescent	36 W compact fluorescent	400 W mercury	360 W high pressure sodium	150 W compact metal halide
UV for eye and skin	E	RG3	E	E	E	E	RG3
UV-A for eye	E	E	E	E	E	E	E
Chorio-retinal burn	E	E	E	E	E	E	E
Retinal blue light	E	RG1	E	E	RG1	RG1	RG1
Infra-red eye hazard	E	RG2	E	E	E	E	E
Infra-red eye hazard with weak visual stimulus	E	RG3	E	E	E	E	E
Thermal damage to skin	E	E	E	E	E	E	E

Avrupa Lamba Şirketleri Federasyonu (ELC) tarafından “temsili lamba tipleri” olarak kabul edilen sekiz üreticiden altı lamba tipini içeren bir araştırma yapılmış ve aşağıda tipleri ve teknik detayları sıralanmış ve Risk Grubu sınıflandırması EN 62471'e göre yapılmıştır:

- Borulu floresan (4.000 K ve 6.000 K)
- CFL (zarflı ve zarfsız olarak 2.700 K 11W)
- LED (3,000 K, retro-fit ve 6,000 K)
- Halojen (iki yüksek voltaj, bir UV filtresi olmayan ve üç düşük voltaj)
- Yüksek basınç deşarjı (iki metal halojenür ve bir sodyum)
- Akkor (60 W)

Tablo 4.2 Avrupa Lamba Şirketleri Federasyonu tarafından sunulan ışık kaynaklarına ait teknik parametreler

	Φ [mm]	2. envelope	UV filter	Xenon filling	IR coating	voltage	Tc	CRI
Tubular Fluorescent, 4000K, 80W, 16mm	7000	no	*)	n/a	no	230V ¹⁾	4000K	80
Tubular Fluorescent, 8000K, 80W, 16mm	6400	no	*)	n/a	no	230V ¹⁾	8000K	80
CFLi, 2700K, 11W, without envelope	650	no	*)	n/a	no	230V ²⁾	2700K	80
CFLi, 2700K, 11W, with envelope	630	yes	*)	n/a	no	230V ²⁾	2700K	80
LED reflector lamp MR16 retrofit, 3000K	n/a	front glass	n/a	n/a	no	12V ²⁾	3000K	80
LED high power single 1W, 1mmx1mm new	100	no	n/a	n/a	no	n/a	6000K	80
LED incandescent retrofit, diffuse bulb	810	yes	n/a	n/a	no	230V ²⁾	2700K	80
Halogen HV 230V, 42W, ECO with outer bulb	630	yes	*)	yes	no	230V	2800K	100
Halogen HV 230V, R7s, 230W, without UV filter	5000	no	no	yes	no	230V	2950K	100
Halogen LV 12V, 50W, UV reduced, without refl.	900	no	yes	no	no	12V	3000K	100
Halogen LV 12V, 50W, 12V, MR16 dichroic refl.	n/a	front glass	yes	no	no	12V	3000K	100
Halogen LV 12V, 35W, ECO with IR coating	860	no	yes	yes	yes	12V	2950K	100
Metal halide discharge, 70W, 830 new	7300	no	yes	n/a	no	230V ¹⁾	3000K	80
Metal halide discharge, 70W, 942 new	6800	no	yes	n/a	no	230V ¹⁾	4200K	90
High pressure sodium, 70W new	6600	no	yes	n/a	no	230V ¹⁾	n/a	n/a
Incandescent, 60W, 230V, clear	710	no	*)	n/a	no	230V	2700K	100

*) standard glass (bulb or tube) filters UV, 1) separate ballast, 2) integrated ballast

ELC'ye göre, normal maruz kalma koşulları altında, bütün lambalar, bir lamba hariç, UV ve IR emisyonlarından RG0 (riskten muaf) veya RG1 (düşük risk) olarak sınıflandırılır [6].

Bu halojen lamba, ek cam koruma ile kullanılmak üzere tasarlanmıştır; cam ekran olmadan test edilmiş ve 20 cm'de RG2-RG3 olarak tanımlanmıştır. Metal halojenür lambalar 20 cm'de RG1 veya RG2'dir, ancak bunların ELC'ye göre bu kadar yakın mesafede kullanılması amaçlanmamıştır [6].

Mavi ışık yayılımıyla ilgili olarak, ELC tüm lambaları RG0 veya RG1'e ait olarak kabul etmiştir. Bu, “küçük bir kaynak” olarak analiz edildiğinde RG0 olan 6.000 K LED (“yüksek güç” LED) içerir. “Küçük kaynak” yaklaşımının kullanımı geçerlidir. Bu, kaynağın görüntüsünün, retinanın alanından görüntünün kendisinden daha geniş bir alana yayıldığı anlamına gelir ve yayılan ışığın, göz hareketini hesaba katan etkili açısız yoğunluğa sahip olan 11 mrad'lık bir açı ile ortalaması alınır. Bu, LED'in “küçük bir kaynak” olarak görülmesi anlamına gelir ve 11 mrad'lık etkili bir açısız alt mertebeye üzerinden ortalama alınması EN 62471'e göre kabul edilebilir. Bu, ELC veri setindeki 6.000 K LED'inin RG0 olarak doğru şekilde sınıflandırıldığını gösterir [6].

Metal halojenür lambalar ayrıca 20 cm'de ölçüldüğünde RG2'dir, ancak bu lambaların ELC'ye göre bu kadar yakın mesafede kullanılması amaçlanmamıştır.

ELC, sağlanan verilerin ISO / IEC 17025'e göre onaylanmış bir laboratuvarında ölçüldüğünü ve bu nedenle ölçüm prosedürünün güvenilir ve sonuçları tekrarlanabilir olması gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca, lambaların, kalite kontrol işleminden elde edilen tipik, orta menzilli örnekler olarak seçtikleri belirtmiştir.

ELC raporunda sunulan sonuçlar SCENIHR'ye, seçilen lamba tipinin “temsalcisi” olarak kabul edilen lambalardan UV, IR veya mavi ışıklı optik radyasyon emisyonuna karşı normal hassasiyette bireyler için çok az riskli veya hiç risk olmadığını göstermektedir [6].

Bununla birlikte, SCENIHR “temsili olmayan” lambaların rapora dahil olanlardan çok daha yüksek seviyeler yayabileceğini düşünmektedir; Ancak, lamba üreticileri tarafından uygulanan kalite kontrol sınırları bildirilmemiştir. Ayrıca “öngörülebilir” ve “makul öngörülebilir” kullanımları dikkate alınmalıdır [4].

Risk değerlendirmesi amacıyla, çoğu ışık kaynağı, 500 lux aydınlatmaya karşılık gelen mesafede değerlendirilmelidir. Yüksek çıkışlı lambaları geniş bir alanı aydınlatmak üzere tasarlandıklarında 20 cm mesafede sınıflandırmak uygun değildir. Sadece derinin yakınında kullanılmak üzere tasarlanan lambalar, 20 cm'de değerlendirilmelidir [4].

Ayrıca, yüksek güçlü LED'lerin risk sınıflandırmasına da önem verilmelidir. Harici bir cam filtre ile kullanılması öngörülen halojen lambalar, UV radyasyonuna maruz kalma riski nedeniyle filtre olmadan kullanılmamalıdır [4].

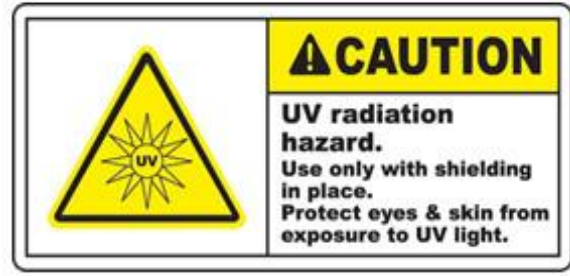
Görüldüğü üzere, iki farklı deneyde tercih edilen farklı tiplerde yapay ışık kaynaklarına ait risk grupları ve potansiyel zararları hakkında Tablo 4.1 ve Tablo 4.2 de sunulan veriler yukarıda değerlendirilmiştir.

Ancak daha ileri seviyede tetkik yapılmasının ışık-insan hayatı ilişkisine daha fazla katkı sunacağı da unutulmamalıdır.

Tablo 4.3 Lamba Sistemlerinin Risk Gruplarına Göre Sınıflandırması

Hazard	Exempt Risk Group	Risk Group 1	Risk Group 2	Risk Group 3
Ultraviolet hazard 200 nm to 400 nm	Not required	NOTICE UV emitted from this product	CAUTION UV emitted from this product.	WARNING UV emitted from this product.
Retinal blue light hazard 300 nm to 400 nm	Not required	Not required	CAUTION Possibly hazardous optical radiation emitted from this product	WARNING Possibly hazardous optical radiation emitted from this product
Retinal blue light or thermal hazard 400 nm to 780 nm	Not required	Not required	CAUTION Possibly hazardous optical radiation emitted from this product	WARNING Possibly hazardous optical radiation emitted from this product
Cornea/lens infrared hazard 780 nm to 3 000 nm	Not required	NOTICE IR emitted from this product	CAUTION IR emitted from this product	WARNING IR emitted from this product.
Retinal thermal hazard, weak visual stimulus 780 nm to 1 400 nm	Not required	WARNING IR emitted from this product	WARNING IR emitted from this product.	WARNING IR emitted from this product.

Bu anlamda Tablo 4.3'de sunulan tehlike-risk grubu matrisi ile, lamba üreticisi ilgili ürün hakkında gerekiyorsa bilgilendirici etiketleri sunmak zorundadır.



Şekil 4.1 Örnek bir uyarı etiketi

BÖLÜM 5

FOTOBİYOLOJİK ETKİLER VE DEĞERLENDİRMELER

Işığın sağlık üzerindeki etkileri üç sınıfa ayrılabilir. Birincisi radyasyondur. Işık kaynakları tarafından üretilen ultraviyole, görünür ve kızılötesi radyasyona maruz kalmak, hem termal hem de fotokimyasal yoluyla hem göze hem de cilde zarar verebilir. Bu tür bir hasar, görme için tasarlanmış iç mekan aydınlatma tesisatlarında nadirdir, ancak bazı durumlarda ortaya çıkabilir [6].

İkincisi, görsel sistem üzerinden çalışan ışıktır. Aydınlatma görmemize olanak sağlar, ancak görsel rahatsızlığa neden olan aydınlatma koşullarının, göz yorgunluğuna yol açması muhtemeldir. Sık sık göz yorgunluğu yaşayanlar sağlığın en iyi yönlerinden zevk almıyorlar. Binalarda görsel rahatsızlığa neden olan aydınlatma koşulları iyi bilinmektedir ve kolayca önlenir [6].

Üçüncüsü, sirkadiyen sisteminden geçen ışıktır. Sirkadiyen sistemi ile çalışan ışığın uyku düzenini etkilediği bilinmektedir ve gece vardiyasında çalışanlar arasında meme kanseri gelişimi ile bağlantılı olduğuna inanılmaktadır. Işığın insan sağlığı üzerindeki etkisi hakkında hala öğrenilecek çok şey var, ancak konunun anlaşılması için toplumda farkındalık yaratacak zeminde oluşturulmalıdır [6].

5.1 Radyasyon

Işığın radyasyon olarak insan sağlığı üzerindeki etkilerinin birçoğu kesin olarak belirlenmiş olmasına rağmen, binalarda ortaya çıkma dereceleri çok sınırlıdır. Güneş ışığının cam veya plastikten filtrelenmesi, ultraviyole radyasyonun çoğunu ve malzemelerin kimyasal bileşimine bağlı olarak tam miktar olan bazı kızılötesi radyasyonları giderir. Binalarda kullanılan elektrik ışık kaynakları, tehlikeli radyasyon yoluyla çok az üretmektedir ve yaptıkları zaman insanların bulunduğu yerlerin çok üstünde bulunan armatürlere yerleştirilmelidir. İnsanların bu tür ışık kaynaklarına

yaklaşması durumunda bile, görsel ve ısı rahatsızlığına duyulan isteksizlik, maruz kalmanın sınırlı olmasını sağlamak için genellikle yeterlidir [6].

Radyasyon olarak ışığın tehlike olarak tanımlandığı yaygın bir aydınlatma şekli görev ışığıdır. Tungsten halojen veya kompakt flüoresan ışık kaynakları ile donatılmış görev lambalarından gelen ultraviyole radyasyon ölçümlerinin ardından, UK Health and Safety Executive Günde iki saatten fazla filtrelenmemiş tungsten halojen lambalarla donatılmış görev lambalarının kullanılması, ışıklar kullanıcının 0,6 m yakınında olduğunda önerilmez [6].

Benzer şekilde, tek kapsüllenmiş CFL'lerle donatılmış görev ışıklarının kullanılmasının, 0.3m'den daha kısa mesafelerde bir saatten daha uzun süre kullanılmasına izin verilmemesi önerilmektedir [6].

Önerilenlerin yapılmaması durumunda göz dokusunda kayıplar yaşanacağı ve göz fizyolojisi elemanlarının erken yaşlanmasına neden olacağı belirtilmektedir.

5.2 Görsel Sistem Üzerinden Etki Eden Işık

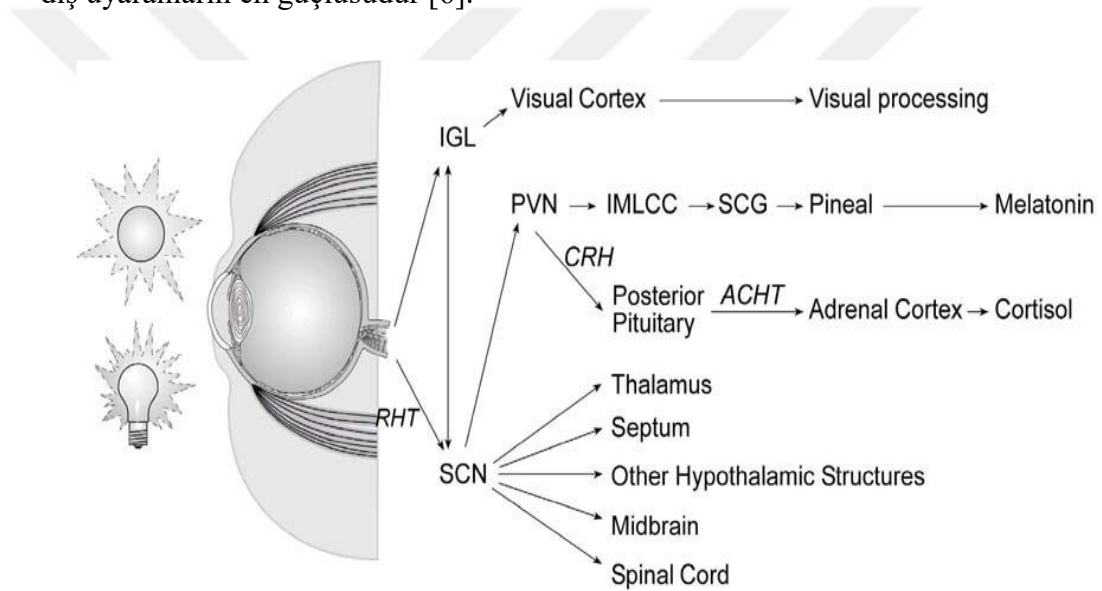
Işıkla görebiliyoruz, ışık olmadan göremiyoruz. Işık, görsel sistemin çalışması için bir gerekliliktir, ancak yanlış bir şekilde sağlandığı takdirde sağlığa zararlı olabilir.

Görsel sistemin rahat çalışması için binalarda aydınlatma tasarımı konusunda uzun yıllara dayanan bir deneyim olmuştur. Bu, aydınlatmanın görsel rahatsızlığa yol açmamasını sağlamak için çok sayıda öneri yayınlanmasıyla sonuçlanmıştır. Bu önerilere uyulursa, insanların büyük çoğunluğu göz yorgunluğu yaşamaz. Ancak, bu önerilere uyulsa bile göz yorgunluğu oluşabilir. Sebebi, göz yorgunluğu görsel ortamın neden olduğu aydınlatma ise görsel ortama katkıda bulunurken, resmin tamamı görünmüyor. Aydınlatma ile aydınlatılan yüzeylerin renkleri ve yansımaları da görsel konforun sağlanması için önem taşımaktadır [6].

Önerilenlerin yapılmaması durumunda göz yorgunluğu ve baş ağrısı gibi rahatsızlıklara neden olacağı belirtilmektedir.

5.3 Sirkadiyen Sistem Üzerinde Etki Eden Işık

Sirkadiyen ritimler, yaşamın temel bir parçasıdır ve insanlar dahil hemen hemen tüm canlılar için geçerlidir. İnsan sirkadiyen sistemi üç bileşen içerir; beyindeki suprachiasmatic çekirdeğinde bulunan bir dahili osilatör; bir dizi harici iç osilatörü ve iç "zaman" bilgisini kan akışı yoluyla vücudun tüm kısımlarına taşıyan bir haberci hormon olan melatoninı sıfırlayabilen (sürükleyebilen) osilatörler. Işık ve diğer işaretlerin yokluğunda, iç osilatör devam ediyor çalışır ancak yirmi dört saatten daha uzun bir süre çalışır. Dahili osilatörü yirmi dört saatlik bir süreye sürüklemek ve mevsimleri ayarlamak için harici uyarıcılar gerekir. Aydınlık - Karanlık döngüsü, bu dış uyaranların en güçlüsüdür [6].



Şekil 5.1 Göz ile Beyin Arası İletişim Şematik Gösterimi

Işığın etkisinin hemen ve bariz olduğu görsel sistemin aksine, ışığın sirkadiyen sistem üzerindeki etkisi uzun zaman sabittir ve nispeten yeni bir çalışma alanıdır. Sonuç olarak, daha önce cevaplanması gereken birkaç önemli soru var.

Gün boyunca ışığa maruz kalma miktarı ve spektrumundaki değişikliklerin, normal bir insanda yaşayan insanların uyanıklık ve duygularını arttırdığına dair bazı kanıtlar vardır ancak hangi mekanizmaların yer aldığı ve bu duyguların uzun vadede sağlığı nasıl etkileyebileceği henüz bilinmemektedir.

Önerilenlerin yapılmaması durumunda uyku düzensizliği ve mevsimsel kaynaklı bozukluklar gibi rahatsızlıklara neden olacağı belirtilmektedir.



BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz teknolojisi, hem çalışma hem de günlük hayatımızda yer alan yapay ışık kaynaklarına fazlasıyla katkı sunmuş, aydınlatma teknolojilerinde çok çeşitli ürünlerle hizmet sunmaya devam etmektedir.

Sadece ortam aydınlatması olarak değil her an yanı başımızda bulunan cep telefonları, taşınabilir cihazlar, televizyonlar ve bunun gibi diğer farklı ürünlerle insan-ışık etkileşimini çok daha üst noktalara taşımıştır.

Bu gelişmeler hayatımızı kolaylaştırmakla kalmamış, iletişim ve etkileşim hızına da etki etmiştir. Ancak, bu kadar etkileşimin olduğu noktada sanılanın aksine çok da masum olmadıkları hem tıp dünyası hem de üreticilerin belirttiği kullanım kılavuzları ve ilgili teknik komitelerce hazırlanan standartlar ile bilinmektedir.

Dahası, enerji verimliliği konusunun üst düzeyde tartışıldığı, yeni aydınlatma teknolojilerinin denendiği ve piyasaya sürüldüğü bu ortamda, bu teknolojiden kaynaklanan foto biyolojik, foto kimyasal ve foto termal reaksiyonların hem göz sağlığı hem de cilt sağlığı açısından, akut ve uzun süreli sonuçlar doğuracağı, yapılan bilimsel çalışmalar ve standartlarda yer almıştır.

Yaptığımız deney çalışması ile yukarıda bahsi geçen sonuçlara nasıl ulaşılabileceğini, seçtiğimiz numuneler ile karakteristik olarak belirtilen teknik detayların örtüşüp örtüşmediği, deney sonuçlarının TS EN 62471 standardına göre nasıl yorumlanması gerektiğini görmekteyiz.

Öncelikle numune seçimi konusunda, floresan ve LED ürünleri seçmemiz, çoğunlukla çalıştığımız ortamlarda bu tip ürünlerin kullanıldığı sonucuyla örtüşmektedir. Deney karakteristiği ve deney ortamını daha etkin kullanmak adına, bu iki farklı tip deneyler gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki gibi yorumlanmıştır:

(a) numunesi olarak deneyde kullanılan 4x14W çift parabolik reflektörlü floresan armatürler için, TS EN 62471 standardına göre *RGO* olarak sınıflandırılmakta,

bunun anlamı da risk unsurları için herhangi bir foto biyolojik tehlike ortaya çıkarmamasıdır. Bununla birlikte, teknik dokümanında belirtilen, spektral ölçüm grafiği ile TSE IEC TR 62778 standardına göre yaptığımız deney sonucu elde ettiğimiz spektral ölçüm grafiği tam bir uyum içinde gözükmektedir.

(b) numunesi olarak deneyde kullanılan 50W LED projektör için, TS EN 62471 standardına göre *RGI* olarak sınıflandırılmakta, bunun anlamı da maruz kalmadaki normal davranış sınırlamalarından dolayı lambanın bir tehlike ortaya çıkarmamasıdır. Bununla birlikte, teknik dokümanında bulunmamasına rağmen, genel değerlendirme ölçümlerinde gösterilen spektral ölçüm grafiği ile TSE IEC TR 62778 standardına göre yaptığımız deney sonucu elde ettiğimiz spektral ölçüm grafiği genel bir uyum içinde gözükmektedir.

Tablo 6.1 Kontrol Önlemleri İle İlgili Rehberlik ve Açıklamalar

Hazard	Exempt Risk Group	Risk Group 1	Risk Group 2	Risk Group 3
Ultraviolet hazard 200 nm to 400 nm	Not required	Minimise exposure to eyes or skin. Use appropriate shielding.	Eye or skin irritation may result from exposure. Use appropriate shielding.	Avoid eye and skin exposure to unshielded product.
Retinal blue light hazard 300 nm to 400 nm	Not required	Not required	Do not stare at operating lamp. May be harmful to the eyes.	Do not look at operating lamp. Eye injury may result.
Retinal blue light or thermal hazard 400 nm to 780 nm	Not required	Not required	Do not stare at operating lamp. May be harmful to the eyes.	Do not look at operating lamp. Eye injury may result.
Cornea/lens infrared hazard 780 nm to 3 000 nm	Not required	Use appropriate shielding or eye protection.	Avoid eye exposure. Use appropriate shielding or eye protection.	Avoid eye exposure. Use appropriate shielding or eye protection.
Retinal thermal hazard, weak visual stimulus 780 nm to 1400 nm	Not required	Do not stare at operating lamp.	Do not stare at operating lamp.	Do not look at operating lamp.

Bu anlamda, daha önceki bölümde bahsedilen fotobiyolojik etkilerden korunmak için, Tablo 6.1 de sunulan tehlike-risk grubu matrisi dikkate alınmalı, gerekli ise kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.

Bunların dışında, sirkadiyen sisteminde çalışan ışık için farklı bir yoruma ihtiyaç vardır. Işığa maruz kalmanın sirkadiyen sisteminin çalışmasını etkilediği inkar edilemez ancak suprachiasmatic çekirdek beynin diğer birçok yerine bağlıdır.

Bunlar birçok hormonun üretimini düzenler, böylece ışığın sirkadiyen sisteminin ötesindeki insan fizyolojisinin özellikleri üzerinde bir etkisi olmaktadır. Işığın radyasyon olarak olumlu bir etkisi de vardır. D vitamini vücutta ultraviyole ışınlarına maruz bırakılarak sentezlenir. D vitamini yetersizliğinin kemik bozukluklarıyla ilişkili olduğu bilinmektedir, ancak aynı zamanda multipl skleroz, diyabet, tüberküloz ve birçok kanser türü gibi daha yüksek riskler ile de ilişkilidir [6].

Açıkçası ışığa maruz kalmanın görsel olmayan etkileri hakkında öğrenilecek çok şey olduğu nettir. Bununla birlikte, aydınlatma tasarımlarında artık farklı yaklaşımların benimsenmesinin yani hem görsel konfor hem de görsel olmayan sistemleri uyarma noktasında gelişmiş sistemlerin adaptasyonu önem arz edecektir.

Bunların dışında, mobil iletişim cihazlarında sıkça kullanılan ekran tipleri için, kullanıcı ister bir çalışan olsun, ister günlük kullanıcılar olsun, maruziyet süreleri azaltılmalı ve bu kaynakların etkilerinden kurtulmak için toplumda farkındalık yaratılmalıdır.

Bu anlamda, gerekli teknik oturumlar, halka açık sempozyumlar, kamu spotu ve benzeri etkinlikler ile sadece enerji verimliliği veya farklı noktalar üzerine değil halk sağlığı üzerine de bilgilendirici ve farkındalığı artırıcı yayınlar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Stark,G. Light. 21 Mayıs 2019,
<https://www.britannica.com/science/light>. 07 Eylül 2018.
- [2] Türk Standartları Enstitüsü. “TS EN 62471 Lambaların ve Lamba Sistemlerinin Fotobiyolojik Güvenliği”. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü. 2012
- [3] Light and Health. (b.t). 21 Mayıs 2019.
<https://www.fagerhult.com/knowledge-hub/Light-and-health>.
- [4] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). “Health Effects of Artificial Lights”. 2012
- [5] TSE Ankara Elektroteknik Laboratuvarı. 21 Mayıs 2019,
<https://tse.org.tr/IcerikDetay?ID:409&ParentID:7468>. 15 Mayıs 2019.
- [6] Boyce, P. “The impact of light in buildings on human health”. 2nd International Conference on Sustainable Healthy Buildings. Seul, Korea. 9 Ekim 2009.

EKLER

Ek A - 4x14W Çift Parabolik Floresan Aydınlatma Armatürüne Ait Deney Verileri

Ek B - 50W LED Projektöre Ait Deney Verileri

Ek C - 50W LED Projektör Deney Raporu



**EK A - 4x14W Çift Parabolik Floresan Aydınlatma Armatürüne Ait
Deney Verileri**

Floresan	
Wavelength (nm)	Radiant Intensity (mW sr ⁻¹ nm ⁻¹)
300	-0,00331
302	-0,00222
304	-0,00179
306	-0,00173
308	-0,00164
310	-0,00178
312	-0,00166
314	-0,00182
316	-0,00171
318	-0,00183
320	-0,00186
322	-0,00178
324	-0,00209
326	-0,00586
328	-0,0033
330	-0,00293
332	-0,0024
334	-0,00215
336	-0,002
338	-0,00187
340	-0,00182
342	-0,00168
344	-0,00145
346	-0,00143
348	-0,00132
350	-0,0013
352	-0,00123
354	-0,00107
356	-0,00116
358	-0,00097
360	-0,00088
362	-0,00092
364	-0,00086
366	-0,00077
368	-0,00074
370	-0,00075
372	-0,00074
374	-0,00068
376	-0,00066

378	-0,00062
380	-0,00066
382	-0,00063
384	-0,00054
386	-0,00056
388	-0,0005
390	-0,00054
392	-0,00054
394	-0,00049
396	-0,00049
398	-0,00048
400	-0,00116
405	134,6395
410	14,25652
415	19,12794
420	30,24173
425	43,62636
430	57,8359
435	497,3251
440	114,4054
445	82,08789
450	81,89249
455	78,61297
460	71,94611
465	64,12494
470	54,95959
475	46,34673
480	53,46192
485	203,9355
490	255,4236
495	157,9721
500	71,95661
505	19,78481
510	11,67236
515	9,809586
520	6,502893
525	4,522032
530	6,348789
535	33,49109
540	446,8543
545	1233,069
550	355,785
555	102,5578
560	18,72378
565	9,015024
570	8,624269

575	52,45142
580	185,9129
585	265,4947
590	216,9985
595	109,5036
600	85,37158
605	52,19567
610	761,5395
615	497,0087
620	219,1673
625	151,8572
630	160,1533
635	38,73801
640	18,5598
645	24,20443
650	48,66503
655	23,12828
660	19,33816
665	26,34927
670	20,95126
675	16,25523
680	20,07762
685	17,47679
690	19,16814
695	14,70932
700	3,85546
705	42,19088
710	83,91601
715	22,33971
720	2,172056
725	1,712831
730	1,573632
735	0,788797
740	1,590369
745	2,107893
750	0,668577
755	0,136708
760	0,017368
765	0,383639
770	0,113469
775	0,333815
780	-0,28551

EK B - 50W LED Projektöre Ait Deney Verileri

Led Projektör	
Wavelength (nm)	Radiant Intensity (mW sr-1 nm-1)
300	-0,010829726
302	-0,001352433
304	-0,008130804
306	0,009254377
308	-0,002562955
310	0,018404434
312	0,014565455
314	-0,00299855
316	0,006930911
318	0,007317373
320	-0,007382166
322	0,007016733
324	0,032319605
326	0,020305464
328	0,035335015
330	0,027031792
332	0,044490153
334	0,041362421
336	0,031771674
338	0,0334584
340	0,042655784
342	0,035695181
344	0,034554821
346	0,026667881
348	0,027319512
350	0,030756512
352	0,017548356
354	0,018888708
356	0,011382819
358	0,016927988
360	0,012760158
362	0,011945571
364	0,015275761
366	0,015765105
368	0,020510111
370	0,020163597
372	0,023500269
374	0,029881894
376	0,052849085
378	0,110039893
380	0,266263123

382	0,671280124
384	1,761291837
386	4,203569104
388	9,431178713
390	19,31526455
392	37,45031249
394	68,36904948
396	118,069157
398	199,2351095
400	327,3508428
405	1059,162606
410	2648,686163
415	5456,788666
420	10120,19994
425	18347,50462
430	31618,34492
435	50401,38952
440	75978,17376
445	104514,1476
450	110012,5606
455	84034,65499
460	56689,4284
465	40739,6127
470	28848,96963
475	21539,66247
480	19174,42569
485	19355,08805
490	20749,09758
495	23047,10226
500	25792,54948
505	28525,84138
510	30970,95039
515	33052,58487
520	34314,16805
525	34733,49233
530	34930,12073
535	34924,86741
540	35157,06278
545	35562,90152
550	36042,10853
555	36293,3955
560	36124,82829
565	35451,20422
570	34735,76187
575	34010,38758
580	33448,06779

585	32911,95208
590	32320,00537
595	31583,98632
600	30461,46055
605	29004,36117
610	27249,10325
615	25327,60155
620	23434,10839
625	21657,61016
630	19988,64591
635	18369,61259
640	16816,21064
645	15294,76798
650	13761,29833
655	12259,56389
660	10817,12827
665	9456,902913
670	8287,801297
675	7212,860153
680	6224,648482
685	5405,97559
690	4707,171663
695	4093,380888
700	3571,121721
705	3094,395747
710	2664,231956
715	2281,553178
720	1956,302773
725	1666,268379
730	1416,299982
735	1205,119549
740	1025,771116
745	870,4105769
750	739,9824967
755	631,6497165
760	544,4524705
765	468,9636842
770	404,9036091
775	348,9948008
780	299,3205058

EK C - 50W LED Projektör Deneý Raporu

Photobiological Safety Assessment- Luminaire



1. Product Details

Product LED Projektör (50W)
Serial Number
Applicable Standards IEC TR 62778

2. Measurement Conditions

Measurement System Bentham IDR300-P&L
Operating Conditions
Measurement Distance 200mm

3. Measurement Laboratory Details

Company: Bentham Instruments Limited
Address: 2, Boulton Road,
Reading, Berkshire
RG2 0NH
United Kingdom

4. Client Details

Company: Bentham Instruments Limited
Address: 2, Boulton Road,
Reading, Berkshire
RG2 0NH
United Kingdom

5. Blue Light Hazard

Spectral Range 300 – 780 nm
Luminance 2.34E+06 cd m⁻²

Hazard	Measured value	RG1 Limit	Classification	E _{blv} (lx)
Blue Light Radiance 11mrad FOV (W m ⁻² sr ⁻¹)	3.07E+03	1E+04	RG1	n/a

5. Determination of d_{thr}

Method of determination	d _{thr} ¹ (m)
n/a	n/a

¹ Where angular subtense of source at d_{thr} > 11mrad, value of d_{thr} conservative.

DATE OF TEST	TESTED BY	APPROVED BY
21-05-2019	SC	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Arslan Buğra AKILLI

Doğum Tarihi : 03.11.1984

Telefon : +31 06 38349966

E-mail : arslanbugra01@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise : ATO Anadolu Lisesi (1998-2002)

Lisans : Niğde Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi(2002-2006)

Yüksek Lisans : Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi (2013- 2019)

İŞ TECRÜBESİ

Elektrik Mühendisi : Adana Büyükşehir Belediyesi, LRTS Projesi (2009-2010)

Elektrik Mühendisi : Turk Standardlari Enstitüsü (2010-2019)

Elektrik Mühendisi : ASML (2019- Devam Ediyor)