

TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI
MÜZECİLİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LED TEKNOLOJİSİ VE MÜZELERDE KULLANILIRLIĞI ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

NATALİ NIVART KOÇYAN
09714004

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. HÜLYA KILIÇ SİREL

İSTANBUL
2013

TC
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA SANAT DALI
MÜZECİLİK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LED TEKNOLOJİSİ VE MÜZELERDE
KULLANILIRLIĞI ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

NATALİ NIVART KOÇYAN
09714004

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 19 Aralık 2013

Tezin Savunulduğu Tarih: 27 Ocak 2014

Tez Oy birliği / Oy çokluğu ile başarılı bulunmuştur.

	Unvan Ad Soyad	İmza
Tez danışmanı:	Doç. Dr. Hülya KILIÇ SİREL	
Jüri Üyeleri:	Yrd. Doç. Dr. Hale ÖZKASIM	
	Prof. Dr. Zeynep İnankur	

İSTANBUL
2013

ÖZ

LED TEKNOLOJİSİ VE MÜZELERDE KULLANILIRLIĞI ÜZERİNE DEĞERLENDİRME

Hazırlayan **Natali Nivart Koçyan**

Eylül 2013

Aydınlatma alanında yeni teknolojiler geliştikçe, yenilikler müze yapılarında da yer bulmaya başlamıştır. Bunlardan en önemlisi LED ışık kaynakları ile ilgili gelişmelerdir. Müzelerde de kullanılmaya başlanan bu ışık kaynağının getiri ve götürülerinin (avantaj ve dezavantajlarının) ne olduğunun bilinmesi gereklidir. Piyasayı hızla kaplayan LED'li ışık kaynaklarının müzelere sokulması ne kadar doğrudur? Bu, araştırılması gereken bir konudur. Çünkü müzeler, herhangi bir konut, ofis ya da otel gibi yalnızca aydınlatma konuları ile ilgili değil, koruma konuları ile de önem kazanan farklı bir kategoridedir.

Bu çalışmada, müze aydınlatmasında yaşanan sorunlar, koruma için gereklilikler açıklanmış, bu doğrultuda müzelerde genellikle kullanılan ışık kaynakları incelenmiştir. LED'li ışık kaynakları açıklanarak, diğer ışık kaynakları ile karşılaştırma yapılmıştır. Böylelikle LED'lerin artı ve eksileri göz önüne serilmek istenmiştir. LED'li ışık kaynağı kullanan müzelerden örnekler verilmiş, araştırma verileri açıklanmıştır. Müzelerde LED'in kullanımı ile ilgili yaşanan tartışmalar ve yapılan çalışmalara değinilmiştir. Aydınlatma uzmanları ve müze yetkilileri ile görüşülmüş, görüşleri paylaşılmıştır. Aydınlatma ve müzecilik alanında olabildiğince etkinlik, kongre ve fuarlar ziyaret edilmiş; uzman görüşleri alınmıştır.

Birçok müzenin LED'li ışık kaynaklarına geçişindeki ana neden, enerji verimliliği ile ilgili görünmektedir. Avrupa Birliği, bunun yanında pek çok ülkede yasaklanan akkor lambalar yerine, önerilen kompakt flüorışıl lambalar, enerji tasarrufu sağlasa da, zararlı ışınım yayımladıkları için müzelerde tercih edilmemektedir; ya da filtre ile kullanılmaktadırlar. Filtre de ekstra harcama getirmektedir. Oysa LED lambalar böyle sorunlar çıkarmamakta, ek parça gerektirmemektedir. Ancak LED'li ışık kaynaklarının halen çözülmesi gereken sorunları bulunmaktadır. Tez kapsamı içinde buna değinilecektir.

Anahtar Kelimeler : Müze aydınlatması, Lambalar, LED, Enerji tasarrufu, Sergileme, Aydınlatma Kriterleri, Aydınlatma Teknolojileri

ABSTRACT

LED TECHNOLOGY AND EVALUATION OF ITS USABILITY IN MUSEUMS

Prepared By **Natali Nivart Koçyan**

September 2013

As new technologies started to improve in lighting area, innovations started to take place in museum buildings. The most important one among these improvements is LED light sources. The advantages and disadvantages of these light sources must be known. Is it correct to have LED light source in museums which started to take place in market so quickly? This is a subject must be researched. Because museums are not places like houses, hotels or offices which only concerned with lighting; they also have importance in preventive conservation.

In this study, problems in museum lighting and needs in conservation are explained. According to this, light sources which are generally used in museums are examined. These light sources and LED light sources are compared. By this way, pros and cons of LED lighting wanted to be shown. Examples of museums that uses LED lighting are given. Discussions and researches about usage of LED lighting in museums are mentioned. Interviewed with lighting designers and museums specialists. As much as events of museum and lighting field were attended and expert opinions were taken.

The main reason for museums starting to use LED light sources seems energy saving. Instead of encandescent lamp which is forbidden in European Union and many other countries; compact flourescent lamps are suggested. However they save energy, they are not prefered for using in museums as they radiate harmful radiation. Or they are used with filters, which is extra expense. While LED lamps do not have these kind of problems, they do not need extra component. However LED's still have problems which must be solved. They will be mentioned in thesis content.

Keywords : Museum Lighting, Lamps, LED, Energy Saving, Exhibiting, Criterion Of Lighting, Lighting technologies

ÖNSÖZ

“Müze ve Aydınlatma” konusuna beni ilk olarak yönlendiren değerli hocam Prof. Tomur Atagök’e; ilk andan itibaren desteği ve bilgisiyle gelişimime çok önemli katkılarda bulunan, üzerimde çok emeği olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Hülya Sirel’e; bir mimar olarak daima saygı gördüğüm, desteklerini bana daima hissettiren değerli müzecilik bölümü hocalarıma; müzecilik bölüm derslerine ek olarak almış olduğum aydınlatma derslerini kavramam konusunda emekleri geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Rengin Ünver ve Prof. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk’e; çalışmalarım konusunda imkanlar sunan ve desteğini esirgemeyen değerli Erginoğlu & Çalışlar Mimarlık ailesine; bilgi paylaşımında bulunan tüm uzman ve kurumlara; en başından beri her türlü destekle yanımda olan, beni yüreklendiren sevgili ailemle dostlarıma sonsuz teşekkürlerimle.

Natali Nıvart Koçyan

İstanbul; Eylül 2013

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xv
AYDINLATMA ALANINDA KULLANILAN TERİMLER VE KAVRAMLAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. MÜZE YAPILARINDA AYDINLATMANIN GEÇMİŞİ	5
3. AYDINLIĞIN ÖZELLİKLERİ.....	11
3.1 Aydınlığın Niceliği.....	11
3.2 Işıklılık ve Yüzey Özellikleri	12
3.3 Aydınlığın Niteliği	12
3.3.1 Işığın Renksel Özellikleri	13
3.3.2 Işığın Doğrultusal Özelliği ve Gölgeler	17
3.3.2.1 Yumuşak Gölge – Sert Gölge	18
3.3.2.2 Saydam gölge – Kara Gölge.....	19
3.3.3 Aydınlık Düzeyi Dağılımları	20
4. MÜZE KOLEKSİYONLARI VE IŞINIMLARDAN GÖRDÜKLERİ ZARARLAR	22
4.1 Özdeklerin Işığa Duyarlılığı.....	22
4.1.1 Boya Özdekleri (Pigmentler) ve Dokumalar	22
4.1.2 Fotokimyasal Tepkime Türleri.....	23
4.1.3 Kağıt, Ahşap, Vernik Ve Bağlayıcılar	23
4.2 Müze Ve Koruma	25
4.2.1 Işınımın Zararlı Etkilerinin Durdurulması	25
4.2.2 Isı ışınlımının durdurulması	26
4.2.2.1 Lamba ışığındaki ısı ışınlımının durdurulması.....	26
4.2.3 Morötesi ışınlımın durdurulması	27
4.2.4 Sergileme süresinin azaltılması	29

5. MÜZE AYDINLATMASINDA SIKLIKLA KARŞILAŞILAN SORUNLAR	30
5.1 Işıktaki renk, Yüzeyde Renk ve Etkileşimleri	30
5.2 Aydınlığın Düzgün Yayılması	33
5.3 Karşıtlıklar-Göz Kamaşması	36
5.4 Aynalaşma	37
6. MÜZE AYDINLATMASININ PRATİK DENETİMİ – CIE RAPORU	43
7. IŞIK KAYNAKLARININ GELİŞİMİ VE LAMBALAR	44
7.1 Işık Üretme Yöntemleri	47
7.1.1 Isısal Işıma (<i>Thermal radiation</i>)	47
7.1.2 Işıllışma (<i>Luminescence</i>)	47
7.2 Işık Kaynakları ve Sistemler	48
7.2.1 Işık Üretme Biçimine Göre Işık Kaynakları	48
7.2.2 Geometrik Özelliklerine Göre Işık Kaynakları	48
7.3 Lambalar Ve Sistemler	49
7.3.1 Halojen Akkor (Tungsten Halojen) Lamba	49
7.3.2 Flüorışıl Lambalar	52
7.3.2.1 Doğrusal Flüorışıl Lambalar	53
7.3.2.2 Kompakt Flüorışıl Lambalar	54
7.3.3 Fiberoptik sistemler	56
7.3.4 LED'li sistemler	59
8. LED TEKNOLOJİSİ	60
8.1 LED'ler, LED'lerin Çalışma Şekli ve Prensipleri	60
8.2 LED'lerin Kronolojik Tarihi:	63
8.3 Belirteç ve Aydınlatma Tipi LED'ler	64
8.3.1 LED çeşitleri ve Kullanım Alanları	66
8.3.1.1 T Tipi LED'ler – Tel bacaklı ve Superflux LED'ler	66
8.3.1.2 COB LED (<i>Chip On Board LED</i>)	67
8.3.1.3 SMD LED (<i>Surface Mounted Device</i>)	68
8.3.1.4 LED Temelli Sistemler: OLED / pOLED	69
8.4 LED'ler ve Aydınlatma	70
8.4.1 LED Modüller	71
8.4.2 LED Lambalar	71
8.4.3 LED Işıklıklar	72
8.5 LED Sistemlerinde Ek Parçalar	73
8.5.1 Sürücü (<i>driver</i>)	73
8.5.2 Lens (kap), Reflektör	73

8.5.3	Soğutucu (<i>heat sink</i>).....	73
8.6	LED Teknolojisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	74
8.7	LED Performansı.....	75
9.	LED'Lİ IŞIK KAYNAKLARININ, GELENEKSEL IŞIK KAYNAKLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	78
10.	MÜZE AYDINLATMASINDA LED KULLANIMI	81
10.1	LED Işık Kaynağı Kullanılan Müzelerden Örnekler	81
10.2	LED Kullanılan Müze Sergileme Örnekleri	82
10.2.1	Anadolu Medeniyetleri Müzesi-Ankara.....	82
10.2.2	Zeugma Müzesi-Gaziantep.....	84
10.2.3	Yeşilçam Müzesi-İstanbul	86
10.2.4	Topkapı Sarayı Müzesi-İstanbul	86
10.2.5	Sabancı Müzesi-İstanbul	88
10.2.6	Sadberk Hanım Müzesi	90
10.2.7	Brooklyn Müzesi-Amerika	92
10.2.8	Museum Of Modern Literature- Marbach-Almanya	93
10.2.9	Ashmolean Müzesi – Oxford- İngiltere- Mısır Galerileri	93
10.2.10	Victoria Albert Müzesi Mücevher Galerisi-İngiltere	95
10.2.11	National Portrait Gallery-İngiltere	96
10.2.12	Lens Louvre Müzesi-Fransa.....	97
10.2.13	Casa Del Suono – Parma-İtalya.....	98
10.3	LED Kullanılmayan Müze Sergileme Örnekleri.....	99
10.3.1	Metropolitan Museum Of Art –Newyork-ABD.....	99
10.3.2	Museum Of Modern Art (MoMA)-Newyork-ABD.....	104
10.3.3	Neue Galerie New York-ABD.....	108
11.	SONUÇ	111
	KAYNAKÇA	114
	EKLER	120
	EK1- Mona Lisa isimli eserin aydınlatılması konulu haber yazısı	121
	EK2-Sanatçı Van Gogh'a ait eser aydınlatılması haberi ve araştırma raporu	123
	EK3 - 554.000 adet LED lambanın toplatılmasına dair haber yazısı	128
	EK4 - Victoria Albert Müzesi'nin LED kullanımı hakkında yayınladığı rapor	129
	EK5 - Müze ve LED kullanımı hakkında araştırmalardan örnekler	130
	ÖZGEÇMİŞ	131

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Renksel Geriverim Sınıfları ve Aralıklar	16
Tablo 2: ICOM'un belirlediği aydınlık düzeyi sınırlamaları.....	26
Tablo 3: Işık Kaynaklarının içerdiği UV ışınım miktarı [$\mu\text{W}/\text{lm}$].....	29
Tablo 4: Lambaların Verim Ve Ömürleri	46
Tablo 5:LED'ler ile Beyaz Işık Eldesinde Sonuçlar.....	61
Tablo 6: Diyot Malzemeleri ve yaydıkları ışık renkleri	66
Tablo 7: Işık Kaynaklarının UV Yayımı Karşılaştırması	75
Tablo 8: Işık kaynaklarının tipik çalışma ömürleri	78
Tablo 9: Işık Kaynakları Karşılaştırma Tablosu	80
Tablo 10: LED Işık kaynağı Kullanılan Müzeler.....	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1: Alte Pinakothek – Münih / Almanya	6
Şekil 2: National Gallery – Londra / İngiltere	6
Şekil 3: Yay (Ark) Lambaları.....	7
Şekil 4: Cockerell'in 1850 Yılında National Gallery'nin Yapımı Sırasında Oluşturduğu, Günışığından Yararlanmaya Dönük Tasarımı	9
Şekil 5: Aydınlık Düzeyi; Birim Yüzey Üzerine Düşen Işık Akısı Miktarı	11
Şekil 6: Kruithof Eğrisi- Orta alan bir ışık kaynağı ya da aydınlığın renk sıcaklık kombinasyonlarının tercih edildiği bölgeyi tayin eder- tanımlar. Renk sıcaklığı ve aydınlık kombinasyonu alt bölgede yer alan bir çevre soğuk ve donuk olarak algılanmaktadır. Üst bölgede yer alan durumda ise çevre çok renkli ve doğallıktan uzak algılanmaktadır.....	15
Şekil 7: Renksel Geriverim İndisi Belirlemede Kullanılan Renk Örnekleri...	16
Şekil 8: Renk Niteliği Ölçeği Belirlemede Kullanılan Renk Örnekleri.....	16
Şekil 9: Gölge Çeşitleri	18
Şekil 10: Gölge Oluşumu.....	18
Şekil 11: Öz gölge ile Atılan gölge	19
Şekil 12: Az Yumuşak Kara Gölge İle Çok Yumuşak Kara Gölge	19
Şekil 13: Kara Ve Sert Gölge İle Saydam ve Sert Gölge	20
Şekil 14: Kara Ve Yumuşak Gölge İle Saydam ve Yumuşak Gölge	20
Şekil 15: Dikroik lamba.....	27
Şekil 16: Işınımın Yıpratıcı Etki Oranları	28
Şekil 17: Kırmızı yüzeylerden yansıyan ışık artık kırmızıdır. Metalik sarı nesneler, yer yer kırmızıya dönmüştür. Anadolu Medeniyetleri Müzesi – Fotoğraf: N. Koçyan – Nisan 2012	30
Şekil 18: İki boyutlu nesnelerde renkli çevre, farklı renk algılamaya neden olmaktadır. YTÜ Aydınlatma Laboratuvarı – Fotoğraf N. Koçyan – Haziran 2012	31
Şekil 19: Renkli çevre etkisinin gözardı edildiği düzenlemeye örnekler- Brooklyn müzesi, New York – Fotoğraf: N. Koçyan (Eylül 2011).....	32
Şekil 20: Vitrinde kullanılan mavi renkli cam, doğal olarak renkli ışık etkisini oluşturmaktadır. Ayrıca arka planda yer alan çinilerin renkleri dönmektedir. Kötü bir örnek - Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul – Fotoğraf: N. Koçyan – Haziran 2012.....	33
Şekil 21: İki Boyutlu Nesneler Üzerinde Düzgün Yayılmamış Aydınlık- Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul – Fotoğraf N. Koçyan – Haziran 2012	34
Şekil 22: İki Boyutlu Yüzeylerde Aydınlık Düzeyi Dağılım Farklılıkları – Sadberk Hanım Müzesi, İstanbul. Fotoğraf: Natali Koçyan – Mayıs 2012.....	35

Şekil 23: Düşey Düzlemde Düzgün Yayılmış Aydınlik Örneği – LACMA Müzesi, Los Angeles	35
Şekil 24: Solda, nesnenin siluet etkisi yanında renklerin de algılanmadığı gözlemlenmektedir. Sağda nesnenin özgün özellikleri başka bir açıdan izlenebilmektedir. MoMA, New York Fotoğraflar: Hülya Sirel (Eylül 2011)	36
Şekil 25: İzleyici Gözüne Ulaşan Işık Grafiği.....	37
Şekil 26:Vitrin Konumunun Önemi - Vitrin Camında Diğer Vitrinlerdeki Işık Kaynaklarının Görüntüsü-Anadolu Medeniyetleri Müzesi (Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012).....	38
Şekil 27:Vitrin Konumunun Önemi - Vitrin Camında Diğer Vitrinlerdeki Işık Kaynaklarının Görüntüsü-Sadberk Hanım Müzesi (Fotoğraf N. Koçyan. Haziran2012)	38
Şekil 28:Kapatılmamış pencere yüzeylerinin yüksek ışıklıkları ile yarattığı aynalaşma örnekleri Anadolu Medeniyetleri Müzesi, Ankara (Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012).....	39
Şekil 29:Aynalaşma Sonucu Vitrin Camı Üzerinde Diğer Bir Vitrinin Görünümü-Son Derece Rahatsız Eden Aşırı Aynalaşma Olayı-Sadberk Hanım Müzesi (Fotoğraf N. Koçyan. Haziran2012).....	40
Şekil 30: Yatay Vitrin Camı Üzerinde Aynalaşma Sonucu Görünen Tavan Işıklığı (Anadolu Medeniyetleri Müzesi) Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012.....	40
Şekil 31:Camla kaplı Yüzey Üzerinde Çok Etkili Rahatsız Edici Aynalaşma – Brooklyn Müzesi – ABD, New York - Fotoğraf: Natali Koçyan. Eylül 2011	41
Şekil 32:Nesne Koyu Renkli Olduğu Zaman Aynalaşma Etkisi Daha Yoğun Hissedilmektedir (Museum of Modern Art – ABD, New York) Fotoğraf: Hülya Sirel. 2011 Eylül	41
Şekil 33:Vitrin Yüzeyinde Aynalaşma – Casa Del Suono (Ses Müzesi) – İtalya, Parma - Fotoğraf: Natali Koçyan. Ekim 2013	42
Şekil 34:Vitrin Yüzeyinde Aynalaşma – Casa Del Suono (Ses Müzesi) – İtalya, Parma - Fotoğraf: Natali Koçyan. Ekim 2013	42
Şekil 36: Akkor Lamba.....	44
Şekil 35: Işık Kaynakları Çeşitlerinin Tarihsel Süreçleri	45
Şekil 37:Farklı Reflektör Tasarımları Olan MR16 Lambaları (En Sağda Akkor Lamba, Karşılaştırma Amaçlı Gösterilmiştir.).....	50
Şekil 38: Dikroik Kaplamalı Yansıtıcı Bulunan Halojen Lamba.....	51
Şekil 39: Alüminyum Yansıtıcılı MR16 Halojen Lamba Altında Çikolatanın Geldiği Durum.....	51
Şekil 40:Dikroik Yansıtıcılı MR16 Halojen Lamba Altında Çikolatanın Geldiği Durum.....	52
Şekil 41:Flüorışıl Lambanın İç Yapısı	52
Şekil 42:Flüorışıl Lamba Tüp Çapları	53
Şekil 43: Kompakt Flüorışıl Lambalar	55
Şekil 44: Ömrü Bitmiş Kompakt Flüorışıl Lambalar	55
Şekil 45: Fiber Optik Kablo Yapısı	56
Şekil 46: Fiber Kablolar	56
Şekil 48: Uç Aydınlatma Ve Yan Aydınlatma.....	57
Şekil 49:Jeneratör İçinde Olabilecek Yansıtıcı Ve Mercek Tekniğine Örnekler	57
Şekil 47: Renk Tekerlekleri.....	58
Şekil 50:Fiber Optik ile Vitrin Aydınlatması	58

Şekil 51:LED’lerde ışımanın Gerçekleşmesi	60
Şekil 52: LED ve beyaz ışık eldesi-birinci yöntem	61
Şekil 53:Kırmızı, Yeşil Ve Mavi Renkli Işığın Birleşimi İle Oluşan Beyaz Işık ...	62
Şekil 54: Mavi Yeşil Kırmızı -RGB- LED Tayfı ve Beyaz LED Tayfı	62
Şekil 55:VxRGB yöntemi sonucu elde edilen ışık tayfı eşit dağılımlıdır (CRI 98)	63
Şekil 56: Aydınlatma Tipi LED Yapısı	65
Şekil 57: Belirteç Tipi LED Yapısı	65
Şekil 58: Tayf üzerinde, kullanılan malzemeye göre yayımlanan renkler.....	66
Şekil 59: Tel Bacaklı LED	67
Şekil 60: Superflux LED.....	67
Şekil 61: COB LED	67
Şekil 62: SMD teknolojili esnek LED modülü.....	68
Şekil 63: SMD LED örneği	68
Şekil 64: OLED yapısı	69
Şekil 65: Solda T Tipi LED, Sağda LED Modül.....	70
Şekil 66: Solda LED Lamba, Sağda LED Işıklık.....	70
Şekil 67: Esnek LED modüller.....	71
Şekil 68: Doğrusal LED modül	71
Şekil 69: LED Lamba Parçaları.....	72
Şekil 70: LED Işıklık Üretim Aşamaları	72
Şekil 71: LED Işıklık Parçaları	73
Şekil 72: Soğutucu.....	74
Şekil 73: LED’lerin Bileşenleri.....	76
Şekil 74: LED kullanım sıklığının yıllar içindeki tahmini seviyeleri	76
Şekil 75: Ömür Grafiği	77
Şekil 76: LED Işıklıktan Detay. Fotoğraf Natali Koçyan. Nisan 2012	82
Şekil 77: Şerit LED’li Vitrinler. (Yeterince etüt edilmemiş aydınlatma tasarımı) Fotoğraf Natali Koçyan. Nisan 2012	83
Şekil 78: LED Modüllerle Aydınlatılmış Taş Rölyefler. Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012.....	83
Şekil 79: Sergi Salonundan LED Aydınlatma Görünümleri-Fotoğraf:Natali Koçyan - Ekim 2013.....	84
Şekil 80: Sergi Salonundan LED Işıklık Görünümleri-Fotoğraf:Natali Koçyan - Ekim 2013.....	85
Şekil 81: Sergi Salonu ve Aydınlatma Aygıtları	86
Şekil 82:Saateksiyonu. LED’li ışıkliklar izleyiciye doğru yönlendirilmiştir, izleyiciyi rahatsız etmektedir. Kamaşma yaratan tümüyle yanlış uygulama. Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul-2012.....	86
Şekil 83: Saateksiyonu, Şematik Vitrin, Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul	87
Şekil 83: Silahlar Bölümünde Vitrin Aydınlatması.....	87
Şekil 85: Süreli Sergiler, Piri Reis Sergisi, Şerit LED uygulaması - Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul. Ocak 2013.....	88
Şekil 86: Rembrant ve Çağdaşları sergisi vitrin aydınlatması-LED lamba- Sabancı Müzesi-Fotoğraf:Natali Koçyan - Haziran 2012	88
Şekil 87: Rembrant ve Çağdaşları sergisi vitrin aydınlatması-LED lamba- Sabancı Müzesi-Fotoğraf:Natali Koçyan (Haziran 2012)	89

Şekil 88: KOBRA sergisi vitrin aydınlatması- Şerit LED uygulaması - Sabancı Müzesi-Fotoğraf: Hülya Sirel (Haziran 2012).....	89
Şekil 89: KOBRA sergisi aydınlatması- Vitrin içi şerit LED-Sabancı Müzesi	90
Şekil 90: Sadberk Hanım Müzesi LED ışık kaynaklı sergileme-Fotoğraf:N. Koçyan (Mayıs 2012)	90
Şekil 91: Sadberk Hanım Müzesi aynı vitrinden detay, şerit LED-Fotoğraf:N. Koçyan (Mayıs 2012)	91
Şekil 92: Şerit LED ile aydınlatılan vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. Eylül 2011	92
Şekil 93: Vitrinden detay. Fotoğraf N. Koçyan. Eylül 2011.....	92
Şekil 94: LED'ler ile 50 lüks aydınlık düzeyi ile sınırlanmış vitrin sergilemesi .	93
Şekil 95: Galeride LED ışıklıklar.....	93
Şekil 96: Mısır Galerisinde LED'li ışıklıklar	94
Şekil 97: Şekil 96'da Görünen Galeride Kullanılan Işıklık (Track Type X-Mike Stoane Lighting firması).....	94
Şekil 98: Şekil 97'deki ışıklıkta Yer alan LED Modül (Xicato XSM)	95
Şekil 99: Sergileme Düzeninden Detay.....	95
Şekil 100: Sergi Holünde LED Işık Kaynaklı Spotlar.....	96
Şekil 101: Sergi Holünde Işıklıklar Ve Spotlar.....	96
Şekil 102: Sergi Holünde LED Işık Kaynaklı Spotlar.....	97
Şekil 103: Sergi Holünde LED ışık kaynaklı spotlar	97
Şekil 104: Galerilerde Kullanılan Işıklık (Optec Armatür-Firma: Erco)	98
Şekil 105: Şerit LED ile Aydınlatılan Vitrin Örneği. Fotoğraf Natali Koçyan. Ekim 2013	98
Şekil 106: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.	99
Şekil 107: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.	99
Şekil 108: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf Natali Koçyan (2011 Eylül)	100
Şekil 109: Metropolitan Müzesinde Başarılı Bir Vitrin Aydınlatması. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.....	101
Şekil 110: Müzede, Taş Ve Taş Baskı Kabartma Eserlerin Aydınlatılmasında Yapay ve Doğal Işık Birlikte Düşünülmüştür. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.....	102
Şekil 111: Metropolitan Müzesinde Taş Eser Sergileme. Başarılı bir aydınlatma örneği-Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.	103
Şekil 112: MoMA Sergileme. Resim Yüzeylerinde Düzgün Yayılmış Aydınlığa Başarılı Bir Örnek-Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.	104
Şekil 113: Sergileme Hacminde Düşük Geçirme Çarpanlı Cam (Füme Cam) Kullanımının Başarılı Bir Örneği - Moma Eylül 2011 Fotoğraf: Hülya Sirel	105
Şekil 114: Vitrin içinde UV Filtreli Flüorışıl Lambalar İçin Güzel bir örnek-MoMA Eylül 2011 Fotoğraf N. Koçyan	106
Şekil 115: Şekil 114'ten Bir Detay. Fotoğraf Natali Koçyan-MoMA Eylül 2011	106
Şekil 116: MoMA Vitrin İçi Sergilemeden ilginç bir örnek-Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.....	107
Şekil 117: MoMA Duvar Yüzeyi Sergilemesinde Düzgün Yayılmış Aydınlığa İyi Bir Örnek. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.	107
Şekil 118: Lamba Işıklıklarından Bir Örnek. MR16 Halojen Lamba Kesiti	108
Şekil 119: Wallwasher Aydınlatma Aygıtı, MR16 Halojen Lamba-Plan Ve Perspektif	108

Şekil 120: Wallwasher Uygulama Detayından Kesit	108
Şekil 121: Neue Galerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler	109
Şekil 122: Neue Galerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler.....	109
Şekil 123: Neue Galerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler	110

KISALTMALAR LİSTESİ

ICOM	: International Council Of Museums
ICCROM	: International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property
CIE	: Commission Internationale de L'Eclairage. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu.
ATMK	: Aydınlatma Türk Milli Komitesi
AGİD	: Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği
TDK	: Türk Dil Kurumu
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi
UNESCO	: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
ICC	: International Institute for Conservation
LED	: Işık yayımlayan diyot (Light Emitting Diode)
OLED	: Organic Light Emitting Diode
pOLED	: Polimer Organic Light Emitting Diode
CIBS	: Chartered Institution of Building Services
IES	: Illuminating Engineering Society
UV	: Ultraviole (morötesi)
IR	: Infrared (kızılaltı)
K	: Kelvin
DALI	: Digital Addressable Lighting Interface
mA	: Miliamper
PCB	: Printed Circuit Board (baskı devre)

AYDINLATMA ALANINDA KULLANILAN TERİMLER VE KAVRAMLAR DİZİNİ

Aydınlatma (*lighting*): Nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık uygulanması.

Işın (*ray*): Bir ışık kaynağından çıkarak her yöne yayılıp giden ışık demeti (TDK); Bir ışık kaynağından çıkan ışık çizgileri (Larousse)

Işınım(*radiation*): Parçacıklar ya da elektromanyetik dalgalar biçiminde yayımlanan ya da taşınan erke (enerji) ya da güç.

Optik Işınım(*optical radiation*): Dalga boyları yaklaşık olarak 1 nanometreden küçük olan x ışınimleri ile, dalga boyları yaklaşık olarak 1 milimetreden büyük olan radyoelektrik dalgaları arasında kalan elektromanyetik ışınimler.

Işık/Görünür ışınım (*light / visible radiation*): Görünür ışınım. Doğrudan bir görsel duyulanma oluşturabilen optik ışınım.

Tayf (spektrum) (bir ışınımın): Söz konusu ışınımın, tek türsel bileşenlerinin belirlenmesi ya da gösterilişi.

Dalga Boyu (λ , *wavelength*): Devirsel bir dalganın, yayılma doğrultusunda, aynı fazda olan ve birbirini izleyen iki noktası arasındaki uzaklık.

Nanometre: Işıktaki geçerli dalga boyu birimidir. ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$, 10^{-6}mm)

Frekans (f , *frequency*): Bir saniyedeki titreşim sayısı.

Devir Süresi (T , s_n): Bir titreşimin süresidir.

Genlik: Bir titreşim hareketinde ortamın elementlerinin, bu titreşim hareketiyle gidip geldikleri uzaklığın adıdır. Titreşimdeki bir elementin, yarım devir süresi içinde geçtiği yolun uzunluğudur.

Birincil ışık kaynağı (*primary light source*): Erke dönüşümü ile üretilmiş ışık yayımlayan yüzey ya da nesne.

İkincil ışık kaynağı (*secondary light source*): Kendiliğinden ışık yayımlamayan (ışık üretmeyen), üzerine düşen ışığın bir bölümünü yansıma ya da geçme ile geri veren yüzey ya da nesne.

Tayf/Spektrum (*spectrum*): Söz konusu ışınımın, tek türsel bileşenlerinin belirlenmesi ya da gösterilişi.

Lamba (*lamp*): Optik bir ışınım ve genelde görünür bir ışınım üretmek üzere oluşturulmuş olan kaynak.

Aydınlatma aygıtı - Işıklık (*luminaire*): Lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeye ya da değiştirmeye yarayan, lambaların dışında lambaları tutturucu, koruyucu tüm parçalar ve olası olarak, yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçaları da içeren aygıt.

Renk Türü; tür (*hue*): Bir yüzeyin, kırmızı, sarı, yeşil ya da mavi algılanmış renklerden birinde, ya da bunlardan, tümler olmayan ikisinin algılanmış karışımında görünmesi ile nitelenen görsel duyulanma verisi.

Renksel Geriverim (*colour rendering*): Bir ışıklayıcının, aydınlattığı nesnelerin, renk türü ile ilgili görünüşleri üzerindeki etkisi. Bu etki, bilinçli ya da bilinçsiz olarak, bir referans ışıklayıcısının aydınlatılma durumundaki renk türü görünüşleri ile karşılaştırılır.

Renksel Geriverim İndisi (R , CRI , *color rendering index*) : Deney sırasında kullanılan ışıklayıcı ile aydınlatılmış bir nesnenin psikofizik rengi ile, aynı nesnenin referans ışıklayıcısı ile aydınlatılması arasındaki türsel uyum derecesinin nicel ölçüsü.

İşıklayıcı (*illuminant*): Nesnelerin renklerinin algılanmasını etkileyebilecek dalga boylarında, bağlı tayfsal erke dağılımı tanımlanmış ışınım.

Renksel izlenim: Işığın renk türünün sıcak ya da soğuk olarak nitelenmesidir.

Renk Sıcaklığı (T_c , *colour temperature*): Işınımı, verilmiş bir renk uyartısı ile aynı türsellikte bulunan, Planck ışıklayıcısının sıcaklığı.

Benzer Renk Sıcaklığı (T_{cp} , *CCT correlated colour temperature*): Belirlenmiş gözlem koşullarında, verilmiş bir uyartınıninkine en çok benzeyen ve aynı parlaklıkta bir algılanmış rengi olan Planck ışıklayıcısının sıcaklığı.

Planck ışıklayıcısı; kara cisim (*planckian radiator, blackbody*): Gelen tüm ışınimleri, dalga boyları, doğrultuları ve kutuplaşma durumları ne olursa olsun, tümüyle soğuran ısısal, düşüncel ışıklayıcı. Bu, tüm dalga boyları ve tüm doğrultularda, verilmiş bir sıcaklıkta ve ısısal denge durumunda bir ısısal ışıklayıcı için, erkesel tayfsal ışıklılık yoğunluğu en yüksek olan ısısal ışıklayıcıdır.

Balast: Durultucu. Elektrik akımını gerekli değerde sınırlamaya yarayan ve boşalmalı lamba ya da lambalar ile, onları besleyen elektrik devresi arasına koyulan aygıt.

Starter: Başlatıcı. Daha çok, flüorışıl lambalarda kullanılmak üzere hazırlanmış olan ve elektrotların, gerekli olan ön ısınmasını sağlayarak durultucunun empedansı ile birlikte, lambada anlık bir yüksek gerilim oluşturan başlatma düzeni.

Stroboskopi Etkisi: Bir nesnenin gerçek devriminin, bu devrimin devirsel olması ve buna uygun frekanslı bir değişken aydınlıkla aydınlanması durumunda, görünüşte değişmesi.

İzotrop Yayınık Geçme-Yansıma : Işınımın geçtiği yarı kürenin tüm doğrultularında, erkesel ya da ışıksal ışıklılığın aynı olmasını sağlayan bir uzaysal ışınım dağılımı oluşturan yayınık geçme-yansıma

1. GİRİŞ

Aydınlatma (lighting, illumination), nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine görülebilmeleri amacıyla ışık uygulamaktır¹. Aydınlatma tekniğinin en geniş uygulama alanı mimari aydınlatmadır. İnsanın her tür eylem durumunu inceleyen mimar, bu eylem durumlarını en doğru şekilde ortaya çıkaracak aydınlatma tasarımı da yapar. Mimari aydınlatmada, en özel durumları içeren, kuralların en sıkı uygulandığı konu, müze aydınlatmasıdır².

Müze aydınlatması tasarlanırken, aydınlatma tekniğine ilişkin kurallar yanında ICOM'un belirlediği kriterler de göz önünde bulundurulur. Tüm bu kriterler, müzelerde kullanılacak ışık kaynaklarının seçimini de önemli kılar.

Günümüz teknolojinin ürünü olan LED'li aydınlatma sistemleri, aydınlatma sektöründe bir çığır açmaktadır. Bugüne dek müzelerde kullanılan iki tür lambanın yanına (halojen akkor, flüorışıl lamba) LED lambalar eklenmektedir. Halojen akkor lambanın ısı ışınımı yayımlaması, flüorışıl lambanın boyutları ile yol açtığı mimari ve fiziksel sorunlar LED'lerle kısmen ortadan kalkıyor gibi görünmektedir.

LED'ler mimari aydınlatmada, büyük bir hızla ve yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bunun paralelinde -doğal olarak- müze aydınlatmasında da LED'ler karşımıza çıkmaktadır. LED'li aydınlatma sistemlerinin, müzelerde kullanılmaya başlanması ile birlikte, bu teknolojinin kullanımının getirdiği yararlar yanında, karşımıza çıkması olası sorunlarını da görmek gerekir. Bu gereksinim, bu konunun tez konusu olarak seçilmesinin nedenidir.

LED'lerin müze aydınlatmasında gerekli koşulları sağlayıp sağlayamadığı; aydınlığın niteliği, niceliği ve de zararlı ışınımalar konusu, LED'lerin müzeler için uygunluğu araştırma içinde ele alınacaktır. Bu tezde; aydınlığın bileşenleri olan nicelik ve nitelik konuları, müze koleksiyonları ve ışınımlardan gördükleri zararlar, koruma konuları, müze aydınlatmasında sıklıkla karşılaşılan sorunlar detaylıca ve örneklendirilerek ele alınacaktır. Müze yapılarında aydınlatmanın geçmişi ile başlayan araştırma, zaman geçtikçe müzelerde yer almaya başlayan ışık kaynaklarının anlatımıyla sürecektir.

¹ Şazi Sirel, **Aydınlatma Sözlüğü**, 1. bs. (İstanbul: YEM Yayınları, 1997), 216.

² Hülya Sirel, "El Yazması Eser, Cilt ve Kitap Aydınlatmasına İlişkin Teknik Bilgiler ve LED Kullanımının Getirileri", **Uluslararası Cilt Sanatı Buluşması Sempozyum Bildiriler**, 29 Kasım-8 Aralık 2012

Yaklaşık olarak 1930-40'lara kadar akkor lamba, sonra flüorışıl lamba hemen ardından boşalmalı lambalar kullanıma sunulmuştur. 1930-1940 yılları arasında; lambaların tür, verim, ve güç özellikleri bakımından büyük gelişmeler olmuştur. Yeni lambalar geliştirilerek kullanıma sunulmuş ve değişik lambalar arasından seçim yapma olanağı doğmuştur. Lambaların verimleri yükselmiş, bunun sonucunda bol ve ucuz ışık elde edilmiştir. Bu dönemin önemli ürünlerinden biri flüorışıl lambalardır. Flüorışıl lambalarla ilk kez yapay olarak soğuk ışık elde edilmiştir. Bunun yanında çok önemli bir kavram ortaya çıkmıştır. O güne kadar ışık kaynakları noktasal ve düzlemsel olarak (geometrik anlamda) ikiye ayrılmaktayken, flüorışıl lambalarla çizgisel ışık kaynağı kavramı ortaya çıkmıştır³.

1980'lere kadar önemli gelişme meydana gelmemiştir. 1980'lerden itibaren iyi ışık rengi veren boşalmalı lambalar (metal halide HQI) ve flüorışıl lamba çeşitleri (farklı boyutlar, uzunluklar ve kompakt lambalar) ve LED'ler kullanıma sunulmuştur.

Tezin içeriğinde müzelerde sıklıkla kullanılan lambalar detaylı olarak incelenerek, LED'li aydınlatma sistemleri ile karşılaştırması yapılacaktır. Bu bağlamda tezde LED teknolojisi ile birlikte sağladığı avantajlar ve varsa dezavantajları açıklanacaktır.

Araştırmanın amacı, LED'li aydınlatma sistemlerinin var olan aydınlatma sistemlerinin sorunlarına nasıl bir çözüm getirilebileceğini araştırmak; piyasada çok çeşitleri bulunan LED ışık kaynakları hakkında teknik bilgi vererek, hangi tiplerinin müzelerde kullanılabileceğini araştırmak ve bunların müzeler için uygunluğunu saptamak; öteki lambaların nesnelere verdiği zararlarla ilgili bilgileri ortaya koymak; bu konuda LED'lerin gereksinimlere daha etkin yanıt verip veremediğini ortaya koymak; LED'lerin ile flüorışıl ve halojen akkor lambalar arasındaki verim farklılıklarının irdelenmesi sonucu, LED ışık kaynaklarının avantajlarını vurgulamak⁴; müze nesnelerinin korunması ve sergilenmesi için uygulanması gereken ideal aydınlatma sisteminin özellikleri hakkında bilgi vermek; yeni aydınlatma teknolojilerinin müzelerde kullanım yaygınlığını irdelemek; müzelerde çevre sorunlarına verilen önemi, minimum enerji harcama konusunda yapılanları ve yapılmayanları örnekler ışığında açıklamak; enerji tasarrufu için müzelerin de bir rolü olabileceğini göstermektir.

Araştırma ana problemi; müze aydınlatmasında, yeni teknolojilerin yaygın olarak kullanılmamasıdır. Araştırma alt problemleri; müzelerde kullanılan var olan

³ Doğada noktasal ve düzlemsel ışık kaynağı vardır ama çizgisel ışık kaynağı yoktur.

⁴ Akkor lambaların, 2009 yılından itibaren kademeli olarak, 2012 yılından itibaren tamamen üretiminin durdurulması nedeniyle, diğer ışık kaynakları ile karşılaştırması yapılmayacaktır. Bu şekilde tez çalışmasının ileriye yönelik bilimsel bir çalışma olması sağlanacaktır.

aydınlatma sistemlerinin nesnelere zarar vermesi, çevreye zarar veren lambaların kullanılması, müzelerde aydınlatmada yeni teknolojilerin yaygınlaşmaması, var olan aydınlatma sistemlerinin sarf ettiği enerjinin ve dolayısıyla da maliyetin, LED'li aydınlatma sistemlerine göre daha fazla olmasıdır.

Araştırmanın önemi; müze aydınlatması ve LED'li ışık kaynakları konusunu irdeleyen kapsamlı bir çalışma bulunmaması, literatürde eksikliği görülen bir çalışma olmasıdır.

Araştırmanın yöntemi; literatür taraması, gözlem, görüşme ve yazışmadır. Literatür taramasında, ilgili veriler ulusal ve uluslararası kitap, tez ve makaleler, kütüphaneler ve internet aracılığıyla araştırılmıştır. Müzeler ziyaret edilip, gözlem yöntemi ile var olan aydınlatma sistemleri yerinde incelenmiştir. Müzelerdeki uzman kişilerden, müze aydınlatma sistemleri ile ilgili bilgiler, görüşme yöntemi ile alınmıştır. Aydınlatma sektöründeki firmalarda görevli olan uzmanlardan bilgi alınmıştır (yüz yüze görüşme, telefon görüşmesi, internet üzerinden çevrimiçi görüşme). Yazışma yönteminde, özellikle yurtdışı müzeleri ile yazışma yapılmış ve aydınlatma sistemlerindeki son tercih ve uygulamalar hakkında bilgi alınmıştır. Aydınlatma sektöründe firmalarda çalışan uzman kişilerle yazışmalar yapılmıştır.

Araştırma, çeşitli belirlemeler üzerine sınırlandırılmıştır. Tezde “müze aydınlatması” kavramı, müzelerin sergileme işlevine yönelik olarak ele alınmıştır. Müzelerde yer alan araştırma, kütüphane, depo, laboratuvar, yönetim ofisleri gibi bölümlerin aydınlatmaları konu dışında bırakılmıştır. Koruma konularının, fizik ve kimya alanına geçen bölümlerine değinilmemiştir. Aydınlatmanın koruma alanı ile ilişkisi ve bu ilişkinin sınırları, tez kapsamına alınmamıştır ama bunlarla ilgili çalışmalara göndermeler yapılmıştır. Sergileme süresi ile ilgili olan ışıklanmaya kısaca değinilmiş, ancak ışıklanma hesabından sonraki süreç tez kapsamına alınmamıştır. Yangın konusu ve emniyet aydınlatması, araştırma dışında tutulmuştur. DALI ve benzeri kontrol sistemlerine araştırmada yer verilmemiştir. Ayrıca hareket sensörlü aydınlatma sistemlerine de araştırmada yer verilmemiştir. Müzede kullanılmayan lamba çeşitleri de konu edilmemiştir. Kimi müzelerde eser aydınlatması için faydalanılan günışığına da değinilmemiştir.

Müze aydınlatması konularına girmeden önce, aydınlatma ve mimarlık ilişkisini ele alıp bu temel kavramı açıklamak gerekmektedir.

Aydınlatma ve mimarlık ilişkisi dört başlık altında özetlenebilir. Tefriş⁵ ve aydınlık ilişkisi; iç mimari ve aydınlatma aygıtları ilişkisi; mimari anlatım ve aydınlığın niteliği ilişkisi; yapımsal konular ve aydınlatma döşemi (tesisat) ilişkisi.

1-Tefriş – Aydınlık ilişkisi

Nerede ve nasıl bir aydınlık sorusunun yanıtı, tefrişten yola çıkılarak ve tefrişin anlamının mimarca değerlendirilmesi ile verilebilir.

Tefrişle uyumlu, ve binanın değişik bölüm ve alanlarının işlevlerine göre oluşturulmuş aydınlıklar düzeni, “aydınlık mimarisi” terimi ile de anlatılmaktadır.

2-İç mimari – Aydınlatma aygıtları ilişkisi

Aydınlatma aygıtları (ışıklık, aydınlatma armatürü), mobilya gibi hacmin içinde, duvar ve tavan yüzeylerine takılı, ya da bu yüzeylere gömülü olarak bulunurlar⁶. Eğer bunlar; biçim, gereç, detay ve konum bakımından iç mimariye uyum sağlamazlarsa yabancı, düzeni bozan elemanlara dönüşürler. Işıklı olmaları nedeniyle de, iç mimaride güçlü uyumsuzluklar oluşturarak, belli bir düzeni değil, düzensizliği vurgularlar.

3-Mimari Anlatım – Aydınlığın niteliği ilişkisi

Algılama biçiminin aracı ve koşulu olan aydınlığın niteliği, mimarın anlatımını/üslubunu; istenen doğrultuda güçlendirebileceği gibi, onunla ters de düşebilmektedir. Amaç, anlatımı güçlendirmektir.

4-Yapımsal konular – Aydınlatma Döşemi ilişkisi:

Gömülü aydınlatma aygıtları ile en çok tavanda karşılaşılır⁷. Bu nedenle, tavanın durumu yapımsal açıdan ve öteki döşemelerin (tesisatların) durumları da dikkate alınarak, birlikte incelenmeli ve uygulama projesi aşamasına geçilirken yeterli ölçekte bir çözüme kavuşmuş olunmalıdır⁸.

⁵ Tefriş: Bir yeri gerekli eşya ile döşeme

⁶ Şazi Sirel, “Aydınlatma ders notları”, (Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümü, 1980).

⁷ Duvar ve döşemelerde de gömülü ışıklıklar uygulanır ancak karşılaşma sıklığı daha azdır.

⁸ age.

2. MÜZE YAPILARINDA AYDINLATMANIN GEÇMİŞİ

Sanat yapıtlarının, tarihi nesnelerin, antikaların ve benzeri nesnelerin halka açık ilk sergilemeleri; özel amaçlarla, sahipleri tarafından yapılmıştır. Kimi kaynaklar ilk müzenin, Papa IV. Sixtus'un, 1471 yılında, Kapitol (Capitoline) Koleksiyonu'nu halka açması ile oluştuğunu kabul etmektedir. Sonrasında; İtalya, Fransa ve öteki Avrupa ülkelerinde benzer sergilemeler ortaya çıkmıştır. Halka açık ilk galeriler ise 19. yüzyılın başlarında ortaya çıkmış ve doğal olarak aydınlatmada günışığına bağlı kalmıştır⁹.

O zamanlar yararlanılabilir tek ışık kaynağı olan günışığı ile ilgili tasarımlarda yapılan kimi yanlışlar ya da eksiklikler zamanla ortaya çıkmış, görünür duruma gelmiştir. Tasarımcılar günışığını yapı içine tavandan ya da tavana yakın pencerelerden almaya çalışmışlardır. Günışığının yapı içine girişi ile ilgili geliştirilen bu tekniğin ilk örnekleri arasında Louvre Müzesi yer almıştır. Louvre'un duvar pencereleri kapatılarak tavandan günışığı ile aydınlatma düzenine geçilmiştir (1784¹⁰, 1789¹¹).

İlk müzelerin birer saray ya da tapınak gibi güçlü, ezici ve sihirli etkisi olan görkemli yapılar olmasına çalışıldığı bir gerçektir. 1833'te Münih'te yapılan Alte Pinakothek ve 1838'de Londra'da yapılan National Gallery, bu tip binalara örneklerdir (Şekil 1-2).

⁹ J.B. Harris, **The Lighting of Museums and Historic Buildings**, (SAMAB, Cape Town, 1971): 575'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", (Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı, 1984), 5.

¹⁰ Harris, **age**, 576'dan aktaran Kılıç Sirel, **age**, 5.

¹¹ CIBS, **Lighting guide Museum and Art Galleries**, (No:14, Mart 1980): 22'den aktaran Kılıç Sirel, **age**, 5.



Şekil 1: Alte Pinakothek – Münih / Almanya



Şekil 2: National Gallery – Londra / İngiltere

Yüksek tavanlı ve simetrik planlı bu binaların sergileme mekanlarında tepe ışıklıkları aracılığı ile günışığından yararlanmaya yönelik aydınlatmaları, o zamanın tekniği ve anlayışının birer göstergesidir. Işığın tavandan gelmesi geniş alanlarda sergileme yapmayı sağlamakta ayrıca izleyicinin iç mekanda dolaşırken yüksek ışıklığı duvar pencereleri ile karşılaşmasını önlemektedir. Sonuç olarak bu tip aydınlatma düzeninin tek ve kaçınılmaz düzen olması uzun yıllar müze sergileme hacimlerinin ve buna bağlı olarak aydınlatma örneklerinin birbirine yakın olmasına yol açmıştır.

1857 yılında Londra'da bulunan South Kensington Müzesi'nde "pırıl pırıl bir aydınlatma" olduğu söylenmiştir. Gaz lambası ışığı ile sağlanan bu aydınlatmadan ısıtma ve aydınlatma ile ilgili sorunlara yönelik şikayetler nedeniyle, kısa süre sonra vazgeçilmek zorunda kalınmıştır. 1866 yılında bu ışık kaynağı camdan koruyucu içine konulmuş ve bir yansıtıcı kullanımı ile daha gelişmiş bir model yaratılmıştır. Birkaç yıl sonra bir sanat galerisinde yay (ark) lambası ile ilgili deneyler başlatılmıştır. 1885'de gaz lambaları müzelerde kullanım dışı kalırken, yerine yay lambaları ve akkor lambalar kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 3: Yay (Ark) Lambaları¹²

Tüm bu gelişmeler yaşanırken, müze aydınlatması ile koruma ilişkisine yer veren araştırmaların ilklerinden kabul edilen bir bildiri kamuoyuna sunulmuştur. Russel ve Abney'in bu bildirisi, müzelerde koruma ve aydınlatma ile ilgili çalışma yapan kişilerce, yıllarca rehber yazı olarak kabul edilmiştir¹³.

Işığın sanat eserlerine zararları konusunda dönüm noktası sayılan çalışmalar; A.H. Church "The Chemistry of Paints and Painting" kitabı ile ve Dr. W. J. Russell and Captain W. de W. Abney "Action of Light on Watercolours" isimli anıtsal çalışmalarıdır¹⁴.

1886 yılı Nisan ayında Captain W. de W. Abney ile Dr. W. J. Russell'in hazırladığı bir dizi deney, önce dış mekanda günışığında daha sonra iç mekanda, Victoria Albert Müzesi'nde sürdürülmüştür. 1888 yılı sonu biten deneylerin sonuçları, bir bildiri olarak kamuoyuna sunulmuştur ve olumlu-olumsuz pek çok eleştiriye uğramıştır. Büyük bir ilgi ile birlikte, büyük bir tepki de gören bu bildirinin daha kolay anlaşılır bir özeti, A. H.Church tarafından, 1892'de hazırlanmıştır.

Abney ve Russell, çağdaşları 46 ressamın kullandığı boyalar arasından seçtikleri 46 çeşidin, ve bunların gelişi güzel ikiye karıştırmalarının yansıtma çarpanları eğrilerini çizmişlerdir. Bu deneylerde kullanılan üç ışık kaynağının yani yay lambası, akkor lamba ve günışığının, tayfsal dağılışı eğrilerini vermişlerdir. Renk örnekleri doymuş, kuru ve nemli havada, havasız ortamda ve yanıcı gaz ürünleri yanında sergilenmiş, değişik ortamlarda deneyler geliştirilmiştir.

¹² <http://electricmuseum.com/wp-content/uploads/AB-lamp-inside-drawing.jpg> ,
<http://electricmuseum.com/wp-content/uploads/jen2.jpg> [07.06.2012].

¹³ N.S.Brommelle, **The Russel and Abney Report on the Action of Light on Water Colours**, (SIC, No:9, 1964): 140-152'den aktaran Kılıç Sirel, **age**, 6.

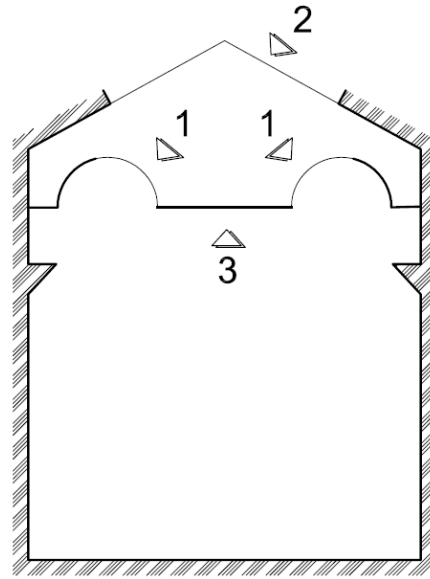
¹⁴ James Druzik, Bent Eshøj, "Museumlighting: its past and future development", **Museum Microclimates**, 19-23.11.2007, ed. Tim Padfield, Karen Borchers (Denmark: National Museum of Denmark, 2007), 51.

http://natmus.dk/fileadmin/user_upload/natmus/bevaringsafdelingen/billeder/far/Museum_Microclimate/Proceedings/musmic150.pdf [27.05.2012].

Uzun yıllar boyunca, rehber yazı niteliği taşıyan bu bildiri ile ilgili eksikler ya da yanlışlar zaman zaman gündeme gelmiştir. Örneğin 1923'te Lord Crawford bu deneylerde kullanılan camların nitelikleri ile ilgili yeni bilgileri ve bunların kullanımında yapılan yanlışları ortaya koymuştur. 1928 yılında ise Buckley ve McIntyre CIE'nin 7. oturumunda, bu deneylerle ilgili olarak kaydettikleri yeni gelişmeleri ve bu deneylerde kullanılan camlarla ilgili birtakım hesapları bildiri olarak sunmuşlardır.

Günişliğinden yararlanılarak yapılan aydınlatmada, özellikle değer karşılıkları az ve koyu renkli resimleri kaplayan parlak yüzeylerdeki aynalaşma olgusu konusundaki çalışmaları, uzmanlar yürütmüştür. 1850 yılında F.F. Cockerel, 1912 yılında Hurst Seager ve 1927 yılında Ulusal Fizik Laboratuvar (National Physical Laboratory) uzmanları bu konu ile ilgili birer bildiri hazırlamışlardır. Cockerell bildirisini Ulusal Galeri'nin (National Gallery) üst düzeydeki bir kurulu için hazırlamıştır. Bildiride söz konusu olan, sergilenen nesne ile tepe ışıklığı arasına bir asma tavan yerleştirilmiştir. Birbirinden uzakta yer alan ve karşılıklı iki duvar yüzeyi yakınında, tavan boyunca boydan boya giden iki açıklıktan düşey resim yüzeyine günişliği oldukça dar bir açıdan gelmiştir. Böylece ışığın yansıyıp göze gelmesi önlenmiş, gölgede kalan izleyicinin giysileri fazla aydınlanmadığından ışıklılığının bir ölçüde daha az olması sağlanmış, dolayısı ile parlak yüzeylerde oluşacak görüntünün ışıklılığı da azaltılmıştır (Şekil 4).

Riba Journal'ın 1912 Ekim ayında yayımlanan sayısında yer alan bildiride Hurst Seager gördüğü büyük ve önemli Avrupa müzelerinde; istenmeyen, rahatsız edici yansımaların çok fazla olduğundan söz etmektedir. Onun amacı da Cockerell'in amacına benzeşmektedir. Seager, fazladan duvar yüzeylerinin açıklık koyuluk açısından renklerini ele almıştır. Sergilenen resimlerin, değişik duvar renklerine bağlı olarak değişik görünümlere büründüklerini anlatmıştır.



- | |
|---|
| 1-Camlı bölümler,
2-Tepe penceresi,
3-Saydamsız ara tavan |
|---|

Şekil 4: Cockerell'in 1850 Yılında National Gallery'nin Yapımı Sırasında Oluşturduğu, Günişığından Yararlanmaya Dönük Tasarımı

Galerilerde günişığı ile ilgili başka önemli bir çalışmayı da National Physical Laboratory'nin uzmanları gerçekleştirmiştir. Burada, günişığının renkli yüzeyler üzerine yarattığı zararlı etkiler yanında bu ışık kaynağının çok fazla morötesi ışınım yayımladığına dikkat çekilmiştir. Bu laboratuvarında ilk kez maketler üzerinde günişığına bağlı olarak iç yüzeylerde elde edilen aydınlık düzeyi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve “günişığı çarpanı”na ilişkin ilk tanımlar ortaya çıkmaya başlamıştır. 1928 yılında uluslararası pek çok kuruluşça onaylanan bu tanım ile “günişığı çarpanı” kullanılmaya başlanmıştır¹⁵.

Günişığı çarpanı, bir yapının bir noktasındaki günişığı aydınlığının bir ölçüsüdür. Bu ölçü, o noktadaki aydınlığın aynı anda, dışarıda, hiç bir biçimde engellenmemiş ve ışıklılık dağılımı belli bir göğün bütün noktalarından ışık alan yatay bir düzlemdeki aydınlığa oranı biçiminde belirlenir. Dolaysız güneş ışığı, içerideki ve dışarıdaki aydınlıkların dışında tutulur (hesaba katılmaz)¹⁶.

Günümüzde galeri ve müze aydınlatmasında öne çıkan dört kavram şunlardır:

- 1.Sergilenen nesnelerin zararlı ışınımlardan korunması.
- 2.Cam yüzeylerde oluşan ve camın arkasında sergilenen nesnelerin görünmesini engelleyen, kamaşma ve bunun yok edilmesi.

¹⁵ IES, **Lighting of Art Galleries and Museums**, (Technical Report, No: 14, 1960): 11-12'den aktaran Kılıç Sirel, **age**, 8.

¹⁶ Şazi Sirel, **Aydınlatma Sözlüğü**, (İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 1997), 67.

3.Sergileme tekniklerine, yöntemlerine bağılı olarak nesnelerin biçimsel, gereçsel, renksel, vb. özelliklerinin ortaya çıkarılması¹⁷.

4.Yapay aydınlatma sistemi oluşturmak ve günışığının aydınlatmada kullanılabilirliği.

Müze aydınlatması ile ilgili en önemli bildirilerde hep bu kavramlar üzerinde durulmaktadır. Günümüz müze aydınlatmasında, kimi durumlarda yüzey ve nesne renklerinde yarattığı sapmalara, değişimlere karşın günışığından yararlanma düşüncesinden vazgeçilmemesi dikkat çekici bir olgudur¹⁸.

Erke korunumu ile ilgili çalışmaların sıklaştığı ve geliştiğı bir ortamda, müze aydınlatmasında da doğal ışık kaynağı olan günışığından yararlanmaya dönüş çabası yer almaktadır. Ancak korumayla ilgili çok sıkı denetimlerin söz konusu olduğu durumlarda daha kolay ve ekonomik olan yapay aydınlatma günışığına yeğ tutulmaktadır¹⁹.

30 ve 50 lüks aydınlık düzeyi gerektiren hacimlerde günışığından yararlanılamaz.

¹⁷ CIBS, **age**, 22-24'ten aktaran Kılıç Sirel, **age**,9.

¹⁸ J.B. Harris, **Practical Aspects of Lighting as related to Conservation**, (1967 London Conference on Museum Climatology, IIC, Revised Ed. 1968): 133-138'den aktaran Kılıç Sirel, **age**, 9.

¹⁹ Kılıç Sirel, **age**, 9.

3. AYDINLIĞIN ÖZELLİKLERİ

Aydınlık, nitelik ve nicelik gibi iki kavramı içeren bir büyüklüktür. Nicelik konusu müze aydınlatmasında ışığın zararı ve buna bağlı olarak nesnelerin korunmasını içerirken; nitelik konusu sergileme açısından nesnelerin tüm özelliklerinin eksiksiz ve doğru algılanmasını sağlayan gereklilikleri kapsamaktadır.

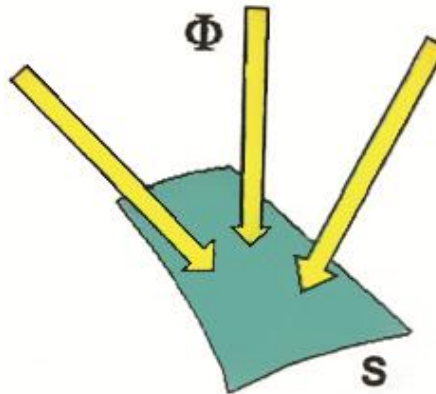
3.1 Aydınlığın Niceliği

Aydınlığın niceliği, ortamdaki aydınlık düzeyi ile ilgili bir kavramdır; aydınlık düzeyi bir yüzeyin, bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı ışık akısının, bu yüzey parçacığının alanına bölümü ile elde edilen büyüklüktür (*Illuminance, illumination*). Kısacası aydınlık düzeyi, birim yüzey üzerine düşen ışık akısıdır. Her lambanın çevresine ne kadar ışık akısı yayımladığı lamba kataloglarında belirtilir. Bir yüzey üzerindeki aydınlık düzeyi, ışık kaynağı ve yüzey arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişir. Yani artar, azalır.

Simgesi: E

Birimi: lümen/metrekare (lm/m^2) ya da lüks (lx)

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\text{ışık akısı}}{\text{alan}} = \frac{\text{lümen}}{\text{metrekare}} = lm/m^2$$



Şekil 5: Aydınlik Düzeyi; Birim Yüzey Üzerine Düşen Işık Akısı Miktarı

Aydınlanan alan, somut ya da soyut bir düzlem olabilir; yatay, düşey ve eğimli konumlarda olabilir; bir nokta (E_p) ya da belli bir büyüklükte (E_{ort}) olabilir (E_p :

Noktada aydınlık; E_{ort} : Ortalama aydınlık). Aydınlanan alan; resim, halı gibi düzlemsel ya da heykel vazo gibi eğrisel (silindirsel, yarı silindirsel vb.) olabilir.

Hacimler için gerekli olan aydınlık düzeyleri, hacmin kullanım amacına bağlı olarak farklılık gösterir. Başka bir deyişle, belli işlevlerin gereksinimlerine göre belirlenmiş aydınlık düzeyleri vardır. Bunlar işlevle ilgili gereksinimlere yanıt verecek biçimde belirlenmiş büyüklüklerdir.

Müze sergilemelerinde; görsel konfor, nesnelerin korunması ile aynı öneme sahiptir. Pek çok nesnede ışığın yarattığı zarar, aydınlık düzeyi sınırlarını belirlemiştir. Müzenin iki temel işlevi olan sergileme ve koruma konuları, aydınlatmada birbiri ile çelişmektedir. Bir taraftan sergideki detayları görmek için yeterli aydınlık düzeyi, diğer taraftan nesnenin bozulmasını önlemek için ışığın denetlenmesi gerekmektedir. Nesneleri korumak adına, görsel algılamadan ödün vermemek için aydınlatma yapılırken zorlanılır. Ayrıca izleyiciyi, gözü az aydınlıklara alıştıran sergileme hacmine getirmek en önemli konulardan biridir.

3.2 Işıklılık ve Yüzey Özellikleri

Nesneler, yansıttıkları ya da geçirdikleri ışığın göze iletilmesi sonucu algılanır. İnsan gözünün gördüğü şey ışıklılıktır. Aydınlatılan her nesnenin, her yüzeyin belli bir ışıklılığı vardır. İyi bir görsel algılama için belli bir ışıklılık karşılığı gereklidir. (Görsel algılamanın iki gereğinden biri ışıklılık, öteki renk karşılığıdır)

Işıklılık, aydınlık düzeyi ile yüzeyin yansıtma çarpanının (ya da geçirme çarpanının) çarpımı diye tanımlanır ve görünen büyüklüktür. İnsan gözünün gördüğü her şey belirli bir ışıklılıktadır. Yani çevrede görülen ne varsa, ışıklılık alanları biçiminde algılanır. Bu bakımdan herhangi bir görüntüyü, değişik ışıklılıklar oluşturur denebilir²⁰.

Görme alanına giren değişik yüzey ve nesnelerin ışıklılıklarının ve ışıklılıkları arasındaki oranların, kabul edilebilir değerler arasında kalması ile görsel algılama açısından uygun bir çevre sağlanabilir.

3.3 Aydınlığın Niteliği

Aydınlığın niteliği; oluşturulan aydınlığın, niceliği değişmeden değiştirilebilen özelliğidir. Aydınlatma tasarımlarında konunun özelliklerine uygun görüntüler

²⁰ Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", (Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı, 1984), 16.

yaratabilme bakımından, aydınlığın niteliği ile ilgili belirlemeler ve buna ilişkin ölçütler en etkin rolü üstlenir.

Aydınlığın niteliği ile ilgili konular,

- Aydınlığı oluşturan ışığın renksel yapısı (ışığın tayfsal yapısı)
- Aydınlığı oluşturan ışığın doğrultusal yapısı ve gölgeler
- Aydınlık düzeyinin dağılım özellikleri (aydınlık düzeyi değişimleri) olmak üzere üç bölümde tanımlanır.

Işığın renksel özelliklerinin saptanmasında renksel izlenim (soğuk ışık, sıcak ışık vb. gibi), renk sıcaklığı (CCT-Correlated Color Temperature; birimi K, Kelvin) ve renksel geriverim belirlemelerinden yararlanılabilir²¹.

Belirli bir işlevi olan hacimde yapay aydınlatma düzeni kurulurken, konuya genellikle yalnızca aydınlığın niceliği (aydınlık düzeyi) açısından yaklaşılarak çözüm getirilir. Bir başka deyişle, söz konusu eylemi yaparken gereksinim duyulan aydınlık düzeyini sağlayan aydınlatma düzeni ile yetinilir. Oysa görme eyleminin eksiksiz bir biçimde yerine gelmesi, görsel konforun sağlanabilmesi için, kurulacak aydınlatma düzeninde, aydınlığın niceliğinin yanı sıra, aydınlığın niteliğinin de doğru olması zorunludur. Ancak o zaman eksiksiz bir aydınlatma düzeninin kurulmuş olduğundan söz edilebilir. Kısacası aydınlığın niteliği ve niceliği aynı anda var olması gereken ve doğru çözülmesi gereken bileşenlerdir.

3.3.1 Işığın Renksel Özellikleri

Aydınlığın niteliği ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken konulardan biri aydınlığı oluşturan ışığın rengidir. Yapay aydınlatma düzeninde kullanılan ışık kaynaklarının yayımladığı ışığın rengi, nesnenin renginin doğru algılanması için önemlidir. Aydınlatan ışığın renginin, doğru ve konunun gerektirdiği biçimde belirlenmediği durumlarda renksel açıdan istenmeyen, hoşta gitmeyen sonuçların, görüntülerin, daha önemlisi renksel yanılgıların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Çünkü, insanlar nesnelerin rengini, bu nesnelerin yansıttıkları ışığın rengine göre algılar. Nesneyi aydınlatan ışığın renksel niteliği, yani tayfsal yapısı değiştikçe, yansıyan ışığın rengi, dolayısıyla nesnenin görünen rengi de değişir. Değişik renkli nesnelerin yer aldığı bir mekanda, tüm nesnelerin gerçek renklerinde (öz renklerinde) görünmesini sağlamanın tek yolu, bu nesneleri aydınlatan ışığın renksel niteliğini doğru olarak

²¹Rengin Ünver, "Sergi Mekanlarında Aydınlatma", **YTÜ Sanat ve Tasarım Fakültesi, Aydınlatma Semineri, YTÜ Mimarlık Fakültesi, 17 Mayıs 2001** (İstanbul).

belirlemektir. Bir nesneyi öz renginde görmek demek, günışığı altında algılandığı rengiyle görmek demektir. Bu durumun yapay aydınlatma ile sağlanması olanaklıdır.

Aydınlığı oluşturan ışığın renksel niteliğinin saptanmasında temelde; aydınlatan ışığın rengi, renk sıcaklığı ve renksel geriverim indisi belirlemeleri kullanılmaktadır.

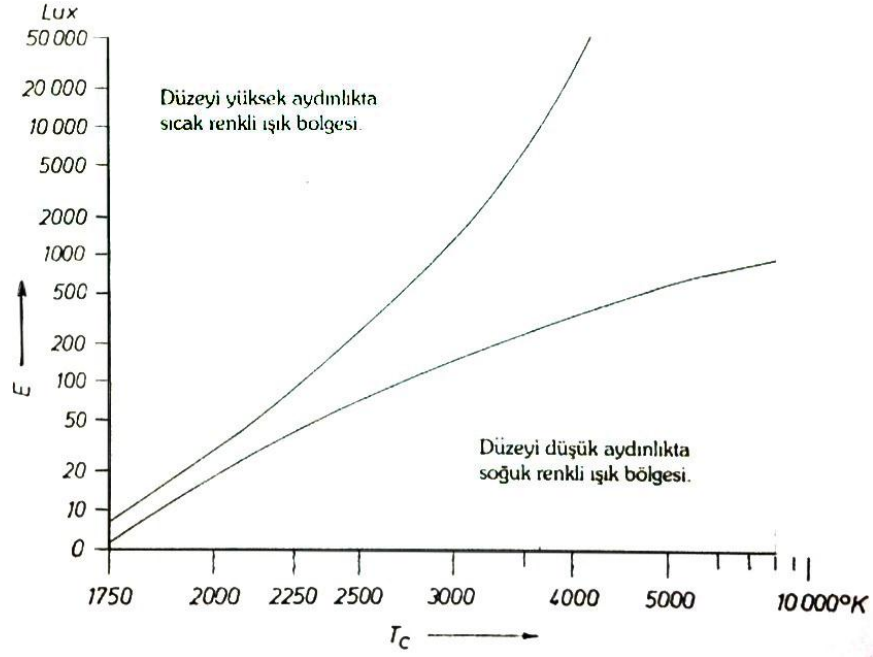
Işığın rengini belirleyen "renk sıcaklığı" terimidir. Birimi Kelvin (K) derecesidir. Renk sıcaklığı 3300 K'den daha düşük olan ışık sıcak ışık; renk sıcaklığı 5000 K'den daha yukarı olan ışık soğuk ışık; renk sıcaklığı 3300 ile 5000 K arasında olan ise ılık ışık olarak tanımlanmaktadır. Işığın rengi beyaza gittikçe soğuk, kırmızıya gittikçe sıcak olarak tanımlanır²². Renksel izlenim, ışığın renk türünün sıcak ya da soğuk olarak nitelenmesidir. Soğuk renkler, mavi, yeşil; sıcak renkler kırmızı ve turuncudur.

Sıcak renkli ışık, sıcak renkli nesneleri aydınlatmak için kullanılır (doğal malzemeler, deri, ahşap, vs; altın) Soğuk renkli ışık, soğuk renkli nesneleri aydınlatmak için kullanılır (çelik, gümüş, zırh). İnsan, yapısı gereği az aydınlıklarda sıcak renkli ışık isterken, yüksek aydınlıklarda soğuk ışık ister. Aydınlik düzeyi ile ışık rengi arasındaki ilişki, bir aydınlatma uzmanı olan Kruithof'un yaptığı çalışmalarla belli bir düzene oturmuştur²³. Kruithof eğrisine göre, 250 lm/m²'ye kadar olan aydınlık düzeylerinde sıcak renkli ışık; 400 lm/m²'den fazla olan aydınlık düzeylerinde ise soğuk renkli ışık kullanılmalıdır. Kruithoff eğrisine göre renk sıcaklığı ve aydınlık arasında doğrudan psikolojik bir ilişki bulunur. Buna göre düşük aydınlık düzeylerinde soğuk ışık karanlık sıkıcı bir ortam hissi verirken; yüksek aydınlık düzeylerinde de soğuk ışık hoş etkiler yaratır²⁴. Müzelerde, aydınlık düzeyleri genellikle 250lm/m²'nin altında olduğu için rengi sığa doğru giden ışığın kullanılması yalnızca sıcak ya da yalnızca soğuk renkli bir ışıpta sergilenen nesnelerin ışıklılıkları ile birlikte, doymuşluklarında farklılıklar olacağı için, öz renklerde sapma olacaktır.

²² Yüzey rengi ise, maviye gittikçe soğuk olarak adlandırılır.

²³ Hülya Sirel, "Mimari Aydınlatmada Müzenin Farkı ve Önemi", **Müzebilimin ABC'si**, haz. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman, (İstanbul, Ege Yayınları, 2012), 150.

²⁴ A. A. Kruithof, "Tubular luminescence lamps for general illumination", **Philips Technical Review**, s.6, (1941):65-73.



Şekil 6: Kruithof Eğrisi- Orta alan bir ışık kaynağı ya da aydınlığın renk sıcaklık kombinasyonlarının tercih edildiği bölgeyi tayin eder- tanımlar. Renk sıcaklığı ve aydınlık kombinasyonu alt bölgede yer alan bir çevre soğuk ve donuk olarak algılanmaktadır. Üst bölgede yer alan durumda ise çevre çok renkli ve doğallıktan uzak algılanmaktadır²⁵.

Işığın rengi; iki bağımsız özellik ile açıklanabilir. Doymuşluk ya da renk sıcaklığı ve renksel geriverim. Doymuşluk ve renksel geriverim arasında genellikle karışıklık olur. Basit anlatımla doymuşluk bir ışık kaynağının renginin, düşük renk sıcaklık değerlerinde sıcak; yüksek renk sıcaklığı değerlerinde soğuk olarak görünmesidir. Renksel geriverim ise bir ışık kaynağının kendi renk sıcaklığı altında, objelerin renklerini, aynı renk sıcaklığına sahip referans bir ışık kaynağı altındaki obje renkleri ile aynı renksel görünümü verebilme yetisidir²⁶.

Renksel geriverim, ışık kaynağından yayımlanan ışığın tayfsal yapısının nesnelerin renkleri üzerindeki etkisini belirleyen bir terimdir. Müze sergilemelerinde renksel geriverim sınıfı 1A ve 1B olan ışık kaynakları kullanılmalıdır. Bu kullanım, nesne özelliklerine göre değişebilir. Renksel özellikleri çok önemli olan nesneler için, 1A sınıfından başka ışık kaynağı kullanılmamalıdır. Örneğin, aydınlatma firması George Sexton Associates, müzelerde renksel geriverim indisi 95'e kadar ilerlemiş olan LED kaynaklar yerine; renksel geriverim indisi 100 olan düşük gerilimli halojen akkor lambalar kullanıldığını belirtmiştir²⁷.

²⁵ IESNA, **Lighting Handbook**, 9.bs. (Newyork, 2000), chapter 3.

²⁶ age.

²⁷ Çevrimiçi görüşme; David Cyr; George Sexton Associates, ABD, 03.05.2012

Tablo 1: Renksel Geriverim Sınıfları ve Aralıklar

Renksel geriverim sınıfı	CIE Renksel geriverim indisi	Uygulama
1(çok iyi) 1A	$R_a > 90$	Hassas renk eşleme, renkli baskı, müze ve benzeri doğru renk görmenin zorunlu olduğu hacimlerde
1B	$80 < R_a < 90$	
2(iyi) 2A	$70 < R_a < 80$ $60 < R_a < 70$	Doğru renk görmenin önemli olduğu hacimler
3(orta)	$40 < R_a < 60$	Doğru renk görmenin pek önemli olmadığı ancak belirgin renk dönmelerinin istenmediği hacimler
4(kötü)	$20 < R_a < 40$	Doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edildiği hacimler

Renksel Geriverim, yaygın olarak CRI (color rendering index) yöntemi ile değerlendirilmektedir. Günümüzde CRI'ya göre daha duyarlı bir seçenek olarak sunulan CQS²⁸ (renk niteliği ölçeği) ölçeği geliştirilmiştir. CQS, beyaz ışığın CRI'yı tanımlayan 8 renk yerine 15 standart pastel rengi nasıl aydınlatıldığını değerlendirmektedir. CQS ölçeğinin kullanımının, CRI sistemine ait hataların üstesinden geldiği söylenmektedir. CRI sistemi özellikle doymuş renklerin nasıl görüleceğinin tahmini konusunda zayıftır ve insan gözünün en duyarlı olduğu renkler bu renklerdir. Ancak CRI, ışık kalitesini ifade etmek için halen açık arayla en sık kullanılan referans konumundadır²⁹.

CRI ölçeği, LED teknolojisinin kalitesini açıklamada uzmanlarca, yetersiz olarak kabul edilmektedir³⁰. CQS ölçeği gibi yeni değerlendirme yöntemleri tartışılmaktadır.

**Şekil 7: Renksel Geriverim İndisi Belirlemede Kullanılan Renk Örnekleri****Şekil 8: Renk Niteliği Ölçeği Belirlemede Kullanılan Renk Örnekleri³¹**

²⁸ Color Quality Scale

²⁹ Jeanine Chrobak-Kando, "Mor Çipler LED Teknolojisiyle Güneş Işığını İç Mekanlara Getiriyor", **PLD Dergisi**, s. 42 (2012): 20.

³⁰ CIE 177:2007 "Colour Rendering of White LED sources" dan aktaran Carina Buchholz "Sanatta LED Aydınlatması" **PLD dergisi**, s. 46 (2013): 14.

³¹ The National Institute of Standards and Technology (NIST) "Color Rendering Of Light Sources" http://www.nist.gov/pml/div685/grp03/vision_color.cfm [05.06.2013]

Diğer bir yöntem ise GAI (Gamut Area Index-Gamut Alan İndisi)'dir. Bu yöntem, ASSIST³² (Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies) tarafından CRI ile birlikte kullanılması önerilmekte olan yeni bir metrik yöntemidir. GAI teriminde sözü edilen alan, CRI hesabında kullanılan 8 adet örneğin, renk uzayında meydana getirdikleri poligonun alanıdır. Bu alanın büyüklüğünün, ışık kaynaklarının renk kalitesinin iyi bir ölçüsü olduğu belirlenmiştir³³.

3.3.2 Işığın Doğrultusal Özelliği ve Gölgeler

Bir düzlem üzerine düşen ışık akısı; tek bir doğrultudan ya da birbiri ile ufak açılar yapan bir doğrultu demetinden gelebilir. Bu, doğrultulu ışık alanı olarak tanımlanır. Işık akısı, birçok veya sonsuz doğrultudan gelebilir. Bu, doğrultusuz ya da yayınık ışık alanı olarak tanımlanır. Eğer bu iki durum değişen oranlarda, birlikte gerçekleşiyorsa da baskın doğrultulu ışık alanı olarak tanımlanır.

Bir düzlem üzerine düşen ışık akısının bu doğrultusal yapısı, o düzlem üzerindeki ortalama aydınlık düzeyini ya da o düzlemin bir noktasındaki aydınlık düzeyini etkilemez. Işık akısının, doğrultusal yapısı, aydınlığın niteliği ile ilgilidir.

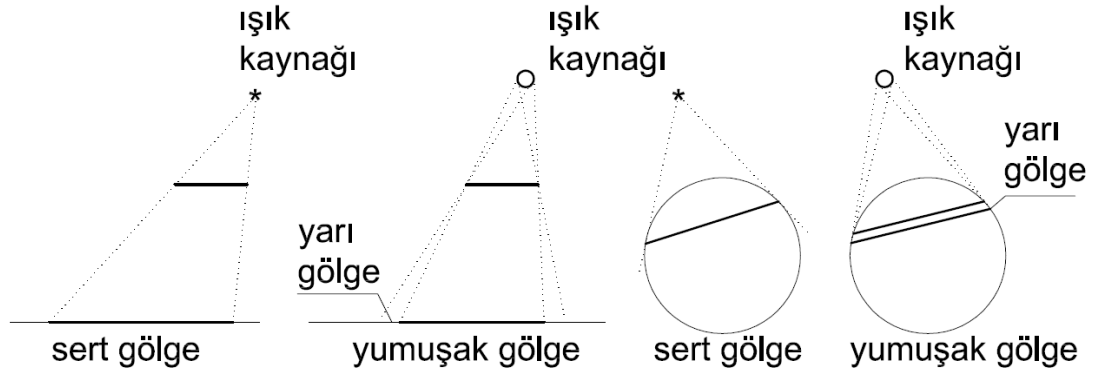
Objeler sergilemelerinde dokuları, girinti ve çıkıntıları algılatmak için baskın doğrultulu ışık alanı gerekmektedir. Bu sayede oluşacak gölgeli ve gölgesiz alanlar, şeklin karakterini ortaya çıkartacaktır. Üç boyutlu nesneler sergilenirken yayınık ışık alanı ya da baskın doğrultulu ışık alanı; iki boyutlu nesneler sergilenirken yayınık ya da doğrultulu ışık alanı kullanılabilir.

Gölge niteliği, ışık akısının doğrultusal yapısı ile ilgilidir. Ancak aydınlığın niteliği belirlenirken ayrı bir kriter oluşturmaktadır. Belli yüzey ya da nesne özellikleri için ışık alanı yapısı ile ilgili tanımlar uygun olurken; kimi belirlemelerde gölge niteliğini kullanmak daha uygundur. Bu iki tür nitelik, birbiri ile ilişkili ancak yaklaşım ve ölçütler bakımından ayırdır. Gölge niteliği, aydınlığın yapısını gölge biçimine dayalı olarak belirler.

Işık kaynağının boyutu ya da düzlemden uzaklığına göre boyutu, gölgenin sert veya yumuşak olmasına; gölgenin başka bir yüzeyden, ışık alıp almaması da gölgenin saydam veya kara olmasına neden olur. Gölgeler bu iki özelliği ile tanımlanmalıdır.

³² LRC. "Recommendations for Specifying Color Properties of Light Sources for Retail Merchandising", **Asist recommends**, c. 2, s.8, (2010): 4. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/assist/pdf/AR-SpecifyColorRec-March2010.pdf> [06.06.2013]

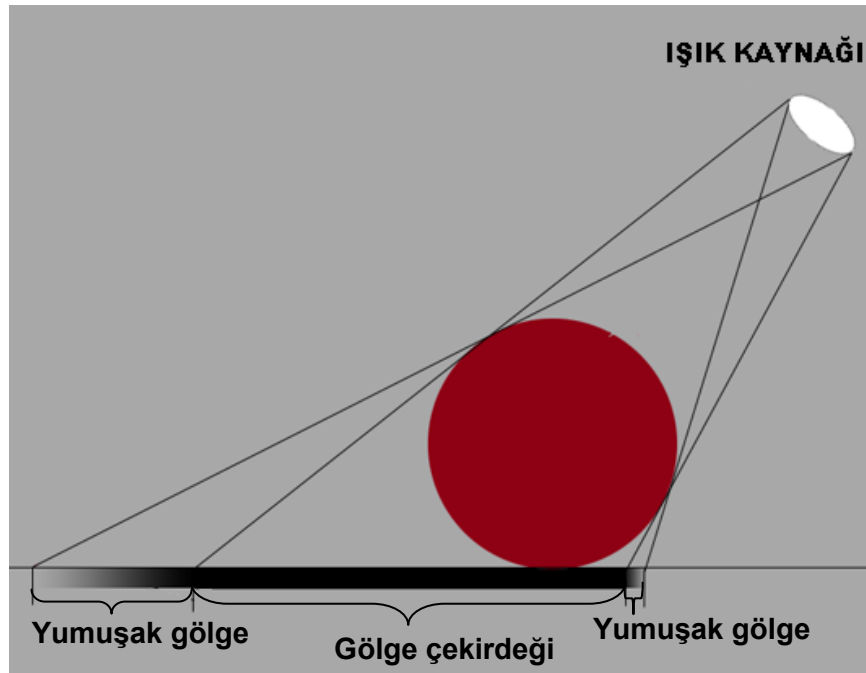
³³ Mehmet Orhun Bıçakçı, "LED Aydınlatmada CRI ve Alternatif Metrikler", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı, 27-30Eylül 2012** (İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi): 30.



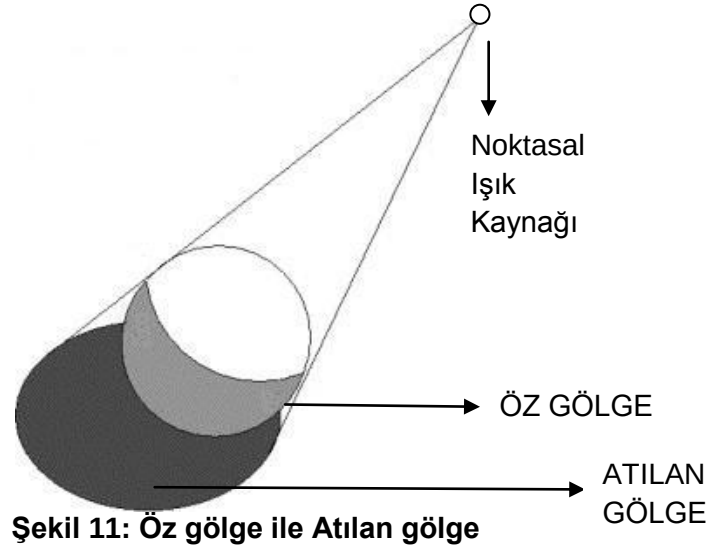
Şekil 9: Gölge Çeşitleri

3.3.2.1 Yumuşak Gölge – Sert Gölge

Bir gölgenin sınırı, az ya da çok belirgin; az ya da çok kesin olabilir. Bu; ışık kaynağının boyutu, aydınlatıldığı yüzeye uzaklığı ve gölgenin düştüğü yüzeyin gölge atan nesneye uzaklığı gibi çeşitli geometrik (açısal, boyutsal vb.) koşullara bağlıdır. Kesin sınırlı gölgelere, sert gölge; az kesin yani giderek azalan gölge biçiminde sınırı olan gölgelere yumuşak gölge denir.



Şekil 10: Gölge Oluşumu



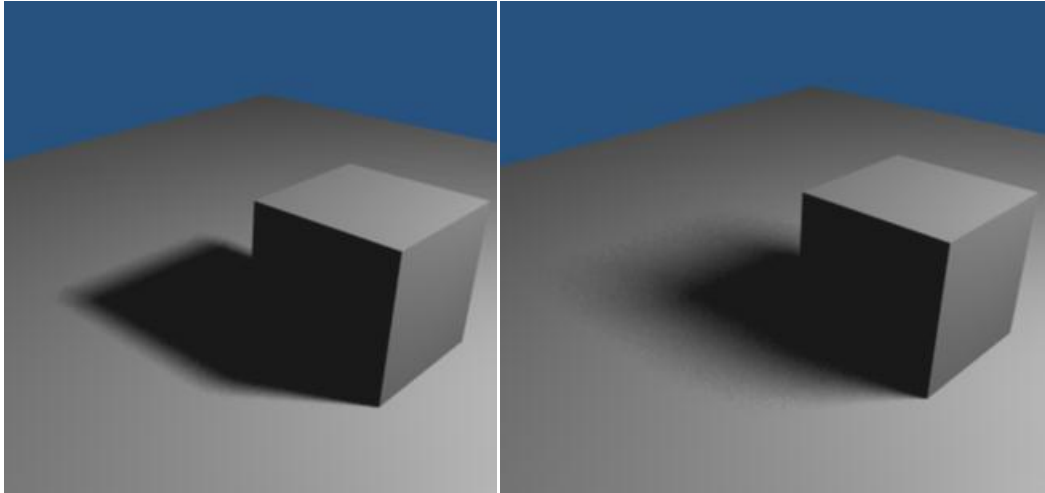
Şekil 11: Öz gölge ile Atılan gölge

Gölgelerin yumuşaklığı yarı gölge bölgesinin tam gölge bölgesine (gölge çekirdeğine) göre büyüklüğüne bağlıdır. Bu nedenle az yumuşak, çok yumuşak; az sert, çok sert gölgeler söz konusu olur³⁴.

3.3.2.2 Saydam gölge – Kara Gölge

Bir başka kaynaktan ışık almayan, aydınlanmamış gölgelere kara gölge, herhangi bir biçimde aydınlanmış gölgelere saydam gölge denir. Gölge, az ya da çok aydınlanmış olması durumuna göre az ya da çok saydam olarak nitelenir.

Gölgede kalan alanı aydınlatan kaynak, birincil ya da ikincil ışık kaynağı, yani başka lambalar ve aygıtlar ya da yansıtıcı veya geçirici yüzeyler olabilir. Ayrıca değişik saydamlık dereceleri de söz konusu olabilir.

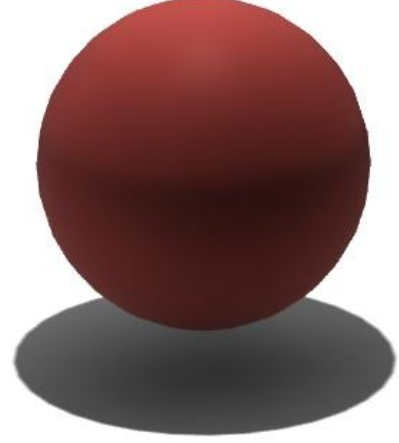
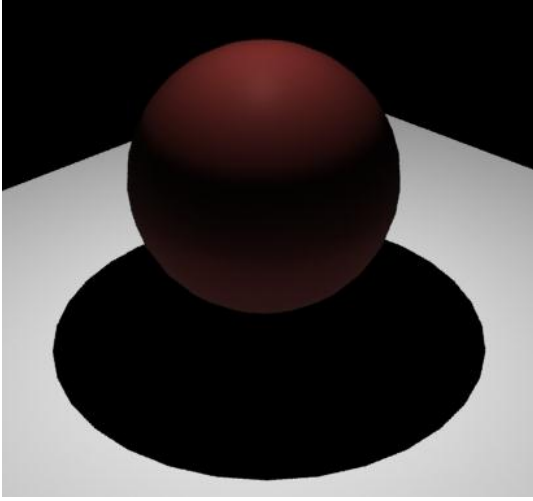


Şekil 12: Az Yumuşak Kara Gölge ile Çok Yumuşak Kara Gölge

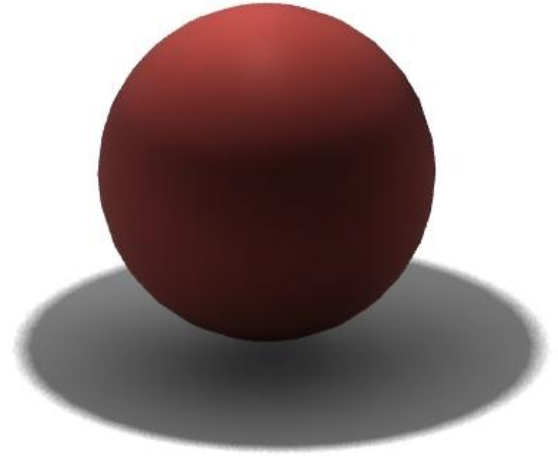
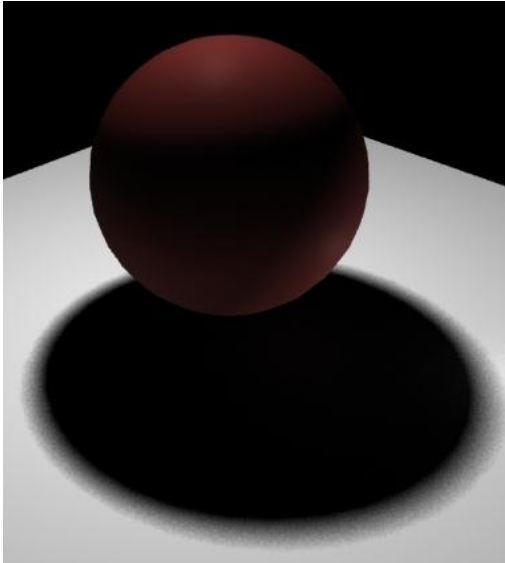
Gölgede saydamlık ve yumuşaklık birbirinden bağımsız bileşenlerdir. Bir gölge; sert ve saydam, sert ve kara, yumuşak ve saydam, yumuşak ve kara olabilir.

³⁴ Şazi Sirel, "Aydınlatma ders notları", (Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümü, 1980).

Kara gölge, dikkat çekici ve doğal değildir. Müzelerde nesnelerin doğal görünümleri istendiği için kara gölge müze sergilemesinde kullanılmaz. Genel anlamda mimaride de yeri yoktur. Müze sergilemelerinde yumuşak ve saydam gölge kullanılmalıdır. Bu tip gölgeler üç boyutsal karakteri ortaya çıkarmaktadır. İki boyutlu objelerde dokusu önemli ise gölge niteliği de önem kazanır.



Şekil 13: Kara Ve Sert Gölge İle Saydam ve Sert Gölge



Şekil 14: Kara Ve Yumuşak Gölge İle Saydam ve Yumuşak Gölge

3.3.3 Aydınlik Düzeyi Dağılımları

Aydınlatılan mekânın her noktasında aynı aydınlık düzeyini sağlamak pek çok durumda güçtür ve her zaman da gerekli değildir. Bu yüzden bir mekanda düzgün yayılmış aydınlık sağlamak için, aydınlık düzeyi değişimleri belirli sınırlar içinde tutulmalıdır. Minimum, ortalama ve maksimum aydınlık düzeyleri arasında büyük bir fark olmamalıdır. E_{min}/E_{max} oranı 0,4 ile 0,6 aralığında olmalıdır. Bunu sağlamanın yolu, ışık kaynaklarını ve ışıklıkları doğru konumlandırmaktır. Işık kaynakları doğru

konumlandırılmadığı zaman; kamaşma, gereğinden az aydınlanmış bölgeler, istenmeyen gölgeler gibi durumlar oluşabilir.

Gölgesiz ya da az gölgeli bir ortam oluşturulmak istenirse, tavan ve duvar gibi yüzeyler kullanılarak dolaylı aydınlatma ile nesnelerin, konuların aydınlatılması sağlanır. Bunun yanında uygun büyüklükte ışıklı tavanlar (düzlem ışık kaynağı) oluşturularak bu istem sağlanabilir.

Aydınlık düzeyinin uygun olmayan dağılımı, gereğinden yüksek olması ya da mekân içinde aşırı değişimi görsel konforsuzluğa neden olur. Bunu önlemek için ışık kaynaklarını görme alanının dışına konumlandırmak, görme alanı içindeki ışık kaynaklarının yüzey alanlarını ya da ışıklılıklarını azaltmak, ayrıca ışıklılık karşıtlıklarını da azaltmak gerekmektedir.

Gözün görme alanı; bakılan nesne, yakın çevre, genel çevre olarak incelenir. Üç bölüm arasındaki ışıklılık karşıtlık oranları belirli sınırlar içinde olmalıdır³⁵.

Bakılan nesne / Yakın çevre :1/3 – 1/5

Bakılan nesne / Genel çevre :1/5 – 1/10

Birincil ışık kaynakları / Yakın çevre :1/20

Görme alanındaki en büyük karşıtlık oranı :1/40

Müzelerde aydınlık düzeyleri düşük tutulduğu için, aydınlık düzeyi dağılımları ile ilgili konular göz ardı edilir. Sergilemeye ek olarak genel bir aydınlık pek yapılmaz. Bu konuda LED'ler bize belli bir olanak sağlayacak gibi görünmektedir.

³⁵ IESNA (Illumination Engineering Society of North America), **Lighting Handbook Reference & Applications** 8. bs. (New York, 2000), 21,1-17.

4. MÜZE KOLEKSİYONLARI VE IŞINIMLARDAN GÖRDÜKLERİ ZARARLAR

Müzeler veya sanat galerilerinde sergilenen nesnelerin büyük bir kısmı ışıktan zarar görmektedir. Zararlar farklı şekillerde gözlemlenmektedir. Boya renklerinde solma, dokumaların yıpranması, pamuktan yapılmış kumaşların sararması bu zararlara örnek olarak gösterilebilir. Zararların geri dönüşü olmadığından, önlem almak çok önemlidir.

Nesneler, müzelerde sergilenirken, sınırlanmış aydınlık düzeyinde bile zarar riski içindedirler. Zarar oluşturmeyen hiçbir aydınlatma alt sınır değeri yoktur³⁶.

4.1 Özdeklerin Işığa Duyarlılığı

Işığa duyarlılığı olan özdekler; boya özdekleri, doğal veya yapay boyalı halı, kilim gibi dokumalar, suluboya ve guvaj boyalar, vernik ve bağlayıcılar, yüzeysel renkleri önemli olan tüm organik özdeklerdir.

Özdeklerin yıpranma oranları, nesnelerin özelliklerine göre geniş bir dağılım göstermektedir. Yıpranma çok kısa bir sürede gerçekleşebileceği gibi, çok uzun sürede de gerçekleşebilir ve bu süre içinde fark edilmeyebilir. Her iki durum da, yerine yenisi konması olanaksız bir sanat yapıtının yok olması sonucunu doğuracaktır.

4.1.1 Boya Özdekleri (Pigmentler) ve Dokumalar

Pek çok ülkede, değişik laboratuvarlarda, boya özdeklerinin ışıktan solmalarının ve nem ile oksijen etkisinin bu solmayı hızlandırmasının nedenlerini araştırılmıştır. Bu ve benzeri başka araştırmalarda, eski, değerli dokuma ürünlerinin ve öteki gereçlerin solma derecelerine ilişkin bilgiler toplanmıştır.

Renk, görsel amaçlar için uygulandığından, solmaya yol açan ışık dikkatle ele alınmalıdır. Bu nedenle, ışığın tayfsal dağılımının boyalı dokumaların solması üzerindeki etkisini açıklayan değişik tepkime (reaksiyon) türleri incelenmelidir.

³⁶ Hülya Kılıç Sirel, **Müze Aydınlatmasında Zararlı Işınım ve Nesnelerin Bunlardan Korunması**, (İstanbul: YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, 1992), 2.

4.1.2 Fotokimyasal Tepkime Türleri

Fotokimyasal bir tepkimede, tepkimedeki aktif moleküllerden en az biri ışığı yutar. Böylece bileşik uyarılmış duruma geçer. Burada üç temel fotokimyasal tepkime türü ile karşılaşılır.

İlk olasılıkta, boya üzerine gelen ışığı yutar. Bu ışıkta yer alan uyarıcı (UV ışınımı) boyanın çözünmesine, dolayısı ile bozulmaya neden olur.

İkinci olasılıkta, ışıkla uyarılmış boya molekülleri, normalde tepkimeye girmediği ve sistemde yer alan renksiz özdek (vernük gibi) ile tepkimeye girer. Bu tepkime sonucu görünür renk değişmez, solma gerçekleşmez ancak artık sistem stabil değildir.

Üçüncü bir olasılık ise, boyanın ışıktan etkilenmeyip, renksiz özdeğin etkilenmesi durumudur.

Sonuç olarak, solan boyaların hem morötesi hem de görünür ışınımına, solmayan boyaların ise yalnızca morötesi ışınımına duyarlı olduğu saptanmıştır.

Boyaların topaklanma durumunun, ışığa karşı direnç üzerinde önemli ölçüde etkisi vardır. Genellikle parçacıkların ortalama boyları büyüdükçe, ışığa karşı direnç artar. Birçok yüzeysel-etkin ögenin topaklanma durumunda değişiklik yapılarak, ışığa karşı dirençleri arttırılabilmektedir.

Boya ve dokumalar için verilebilecek başka bir detay da, türleriyle ilgilidir. Yün, keten ipliği, pamuk ve ipekten oluşan hayvansal ve bitkisel liflerin, selüloz ve protein molekülleri renksizdirler ve ışıktan çabucak etkilenmemektedirler. Lifler, mordantlar (renkleri sabitleştirebilen ecza), boyalar, tutkal ve kir bir araya geldiklerinde ışık etkisi altında karmaşık tepkimeler oluşmaktadır. Bu tepkimelerden biri liflerin, sağlamlığına neden olan uzun moleküllerin kırılmasına ve zayıflamasına yol açmaktadır.

Tempera ve yağlıboya resimlerinde kullanılan boya özdeklerinin çoğunluğu bozulmamaktadır. Ancak, koyu kırmızı ve bakır çalığı diye bilinen yaprak yeşili gibi, kimi renkler ışığa duyarlıdır. Ayrıca ışık bu boyaların bağlayıcı özdeklerini, yavaş yavaş, aşındırabilmektedir.

4.1.3 Kağıt, Ahşap, Vernük Ve Bağlayıcılar

İlk kağıttan günümüzde kullanılan sülfite kağıt aşamasına gelinceye dek kağıt hammaddesinde değişiklikler söz konusu olmuştur. Kağıdın niteliğinde yapılan

aşamalara karşıt olarak, ışığa karşı direncinde düşüş gözlemlenmiştir³⁷. Buna örnek olarak gazete kağıtlarının bir gün içinde sararması verilebilir.

Fotoğraf kağıdının, özellikle de renkli fotoğraf kağıdının organik yapısı, ışığa karşı son derece duyarlıdır.

Ahşap çeşitlerinden, maun ve cevizin rengi, ışığın etkisiyle, beyaza dönmektedir. Meşe, gül ağacı ve çınarın rengi ise sarıya dönüşmektedir. Tik ağacı (Hint meşesi) koyulaşırken; şimşir, akağaç, ladin, kayın (akgürgen), karaağaç ve çınar ağaçları ışıktan fazla etkilenmemektedirler.

Işık, yumurtalı bileşimler ve zambak gibi proteinli ortamlara ve kurumuş yağlara etki ederek kimyasal bileşimlerinin değişmesine neden olmaktadır. Doğal ya da yapay reçine vernikleri, yağda eritilmiş sert reçineler ya da alkolde eritilmiş yumuşak reçinelerin tümü için ışığın az ya da çok olumsuz etkisi vardır³⁸. Bunların yalnızca renkleri değişmekle kalmaz, bozulma ve çürümeleri de hızlanır. Ahşap mobilyalarda ve yağlıboyalarda kullanılan doğal reçineli verniklerin ışık etkisiyle bileşimlerinde değişiklik olurken, kapladıkları özdeğin rengi de bozulur.

Günümüzde kullanılan vernik sentezlerinin, doğal/reçineli verniklere göre, stabilitelerinin daha iyi olduğu belirtilmektedir.

³⁷ age, 4.

³⁸ age, 4.

4.2 Müze Ve Koruma

Sergilenen yapıtların korunması konusu, oldukça geniş bir uzmanlık alanıdır. Uluslararası pek çok kuruluş, yıllardır bu yapıtların korunmasına ilişkin araştırmalar yapmakta ve araştırma sonuçlarının uygulanmasına çalışmaktadır. Merkezi Roma'da olan ICCROM, UNESCO'nun bir alt kuruluşu olup merkezi Paris'te olan ICOM, ve merkezi Londra'da olan IIC, bu kuruluşların en önemlilerindendir.

Londra'daki National Galery'nin laboratuvarı, Amerika'da Getty Institute gibi kurumlar da ulusal kuruluşlar olarak koruma konusunda araştırma yapmaktadır.

4.2.1 Işınımların Zararlı Etkilerinin Durdurulması

Işınımların tayfsal dağılımı, değişik müze nesneleri üzerinde değişen oranlarda zarara yol açmaktadırlar. Kimi ışınımlar daha çok fiziksel, kimi ışınımlar ise kimyasal etkiye yol açtıklarından, genel olarak ışınımların tayfsal dağılımlarına göre, neden oldukları zarar biçimi ve oranı değişir.

Görünür ışınımların yani ışığın neden olduğu zarar oranı, ışığın rengi mordan kırmızıya doğru gittikçe azalır. Görünür ışınımların bulunduğu bölgedeki zararlı ışınımlar 500 nm'ye kadar uzadığından, kimi durumlarda zararı önlemek için, görünür ışınımların bir bölümünün de kontrol altında tutulması gerekir.

Flüorışıl lambaların çoğu büyük oranda morötesi ışınımı yayarlar. Morötesi ışınımları yok denecek kadar az yayan akkor lamba, hem taşınım hem de ışınım yoluyla, ısı yayar. Güneşiği ise hem morötesi hem de ısı ışınımlarını bu yapay ışık kaynaklarına göre oldukça büyük oranda içerir.

Isı ışınımları ortamların büyüklüğüne bağlı olarak farklı boyutta sıcaklık değişimine neden olurlar. Sıcaklık artışı dokuma lifleri üzerindeki neme etki ederek boyanın solmasını hızlandırır. Yüksek sıcaklık ve yüksek nem birlikte bulunursa, yapıtlarda zarar oranı büyük boyutlara ulaşır. Genelde yüksek sıcaklık düşük neme yol açtığından böyle bir duruma çok az rastlanır.

Görsel algılamanın verisi ışıktır. Bu nedenle yok edilmesi gibi bir durum söz konusu olamaz. Ancak nesnelere verebileceği zarar en aza indirgenmeye çalışılır. Bunun için nesnelerin özelliklerine bağlı olarak aydınlık düzeyi sınırlanır. Aydınlatma tasarımı yapılırken verilen üst değerlerin aşılması gerekir. Nesnelerin organik, inorganik yapıda olmaları ışınımlardan gördükleri zarar oranını değiştirir. Nesneler için belirlenmiş aydınlık düzeyi sınırlamaları şöyledir:

Tablo 2: ICOM'un belirlediği aydınlık düzeyi sınırlamaları³⁹

Müze Nesneleri ⁴⁰	İzin verilen aydınlığın üst sınırı (lm/m ²)
Baskılar, desenler, suluboyalar, eski kumaşlar, pullar, eski halılar, minyatürler, organik doğa bilimi örnekleri, vb.	50
Doğal deri, boynuz, fildişi, ahşap, yağlıboya, laklar, tutkallı boyalar	150-180
Taş, metal, seramik, cam, değerli taşlar, emaylar, vb.	300-500

4.2.2 Isı ışınımının durdurulması

Sergilenen nesne üzerine düşen tüm ışınım, görünür ya da görünmez, yapay ya da günışığı, değişen oranlarda ısıya dönüşür⁴¹. Isı ışınimleri, tayfın kızılaltı ışınimleri bölümünde yer alır ve hemen hemen her müze nesnesinde dolaylı ya da dolaysız yıpranmaya neden olur. Işıktan oluşan ısı, nesneler üzerinde fiziksel zararlara, genellikle yarıma, çatlama ve büzülmeye neden olur. Ayrıca, ışığın yutularak ısıya dönüşmesi ile ısı ışınımının etkisinin de birbirinden ayrılması gerekir.

4.2.2.1 Lamba ışığındaki ısı ışınımının durdurulması

Akkor lambalar, flüorışıl lambalara oranla daha fazla ısı ışınımı yayar ve bu nedenle de önlemler alınmasını gerektirirler. Ayrıca ısı, kaynaktan çevreye hava devinimleriyle de iletildiğinden, bu lambalar sergileme vitrininin dışında bırakılmalıdır. Işık, nesne üzerine doğrudan gönderilmemeli; olabirise soğuk bir yüzeyden yansıyarak gönderilmeli ya da iyi bir havalandırma ile ısı dağıtılmalıdır.

Aydınlık düzeyi, ışığın zararlarından korunma açısından en uygun sınırlar olan 50 lx ve 150 lx arasında ise sıcaklık da kolayca denetlenebilir. Örneğin orta koyuluktaki bir düzeyde 500 lx aydınlık düzeyi oluşturan bir akkor lamba ışığı, bu yüzey üzerinde 2-3 derece santigrat sıcaklık artışına neden olur. Bundan ötürü, müzelerde ısı ışınımının büyük oranda nesneler üzerine gitmesini önleyen dikroik lambalar kullanılabilir. Bu lambalar nesne üzerine büyük oranda görünür ışınimleri yöneltirken arkaya gönderdikleri kızılaltı ışınimleri da iyi bir havalandırma ile dağıtılır.

³⁹ Şazi Sirel, **Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma**, (İstanbul: YFU, Yayın no.8, 1997), 3.

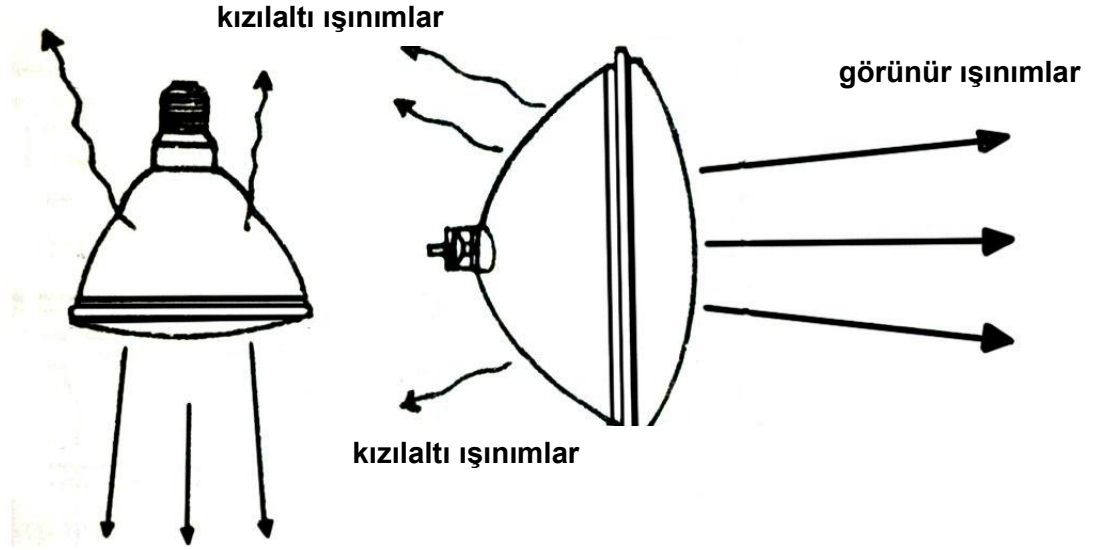
⁴⁰ Son yıllarda yapılan çalışmalarda eski el yazıları, renkli minyatürler, ortaçağ resim kitapları vb. eserler için aydınlık düzeyinin 30 lükse düşürülmesi önerilmektedir.

⁴¹ Hülya Sirel, **Müze Aydınlatmasında Zararlı Işınım ve Nesnelerin Bunlardan Korunması**, (İstanbul: YTÜ Mimarlık Fakültesi baskı İşliği, 1992), 6.

Dikroik(dichroic), dikroizm özelliği gösteren anlamındadır. İki renklilik demektir. İzotrop ortamlarda ışık her doğrultuda aynı biçimde yutulur. Ama izotrop olmayan ortamlarda ışığın yutulması doğrultuya göre değişir. Örneğin bir doğrultuda bir renk, başka bir doğrultuda başka bir renk ışık daha çok yutulur.

Öyle akkor lambalar yapılmıştır ki bunların yansıtıcı bölümleri dikroizm özelliği gösterir. Yani ışık ışınlamalarını geçirir, ısı ışınlamalarını geçirmez geriye yansıtır.

Günümüzde akkor lambalarının kullanımına getirilen kısıtlılıklar nedeniyle, dikroizm özelliği gösteren lamba tipi olarak tungsten halojen lambalar örnek verilebilir.



Şekil 15: Dikroik lamba

Nesne lambayı görmek zorunda ise, nesne ile lamba arasına ısı ışınlarını önleyen bir filtre konulmalıdır. Yalnız, bu filtrenin ısınıp kendisinin ısı yaymasını önlemek için filtre bir düzen yardımıyla soğutulmalıdır. Bunun dışında nitelik konusunda bir zorunluluk olmadıkça, nesnenin kendisini aydınlatan ışık kaynağını görmemesi-her tür kaynak için-ışığı dolaylı alması sağlanmalıdır.

4.2.3 Morötesi ışınlamaların durdurulması

Morötesi ışınlamalar, tek renkli bileşenlerinin dalga boyları yaklaşık 100 nm ile 380 nm arasında olan, görsel duyulanma doğurmayan ışınlamalarıdır.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu ⁴² (CIE)'nin 1970 yılında yayımladığı "Uluslararası Aydınlatma Terimleri Sözlüğü"nde morötesi ışınlamaların tanımı şöyledir. Tek renkli bileşenlerinin dalga boyları görünür ışınlamalardan daha kısa ve yaklaşık 1 nanometreden daha uzun olan ışınlamalar.

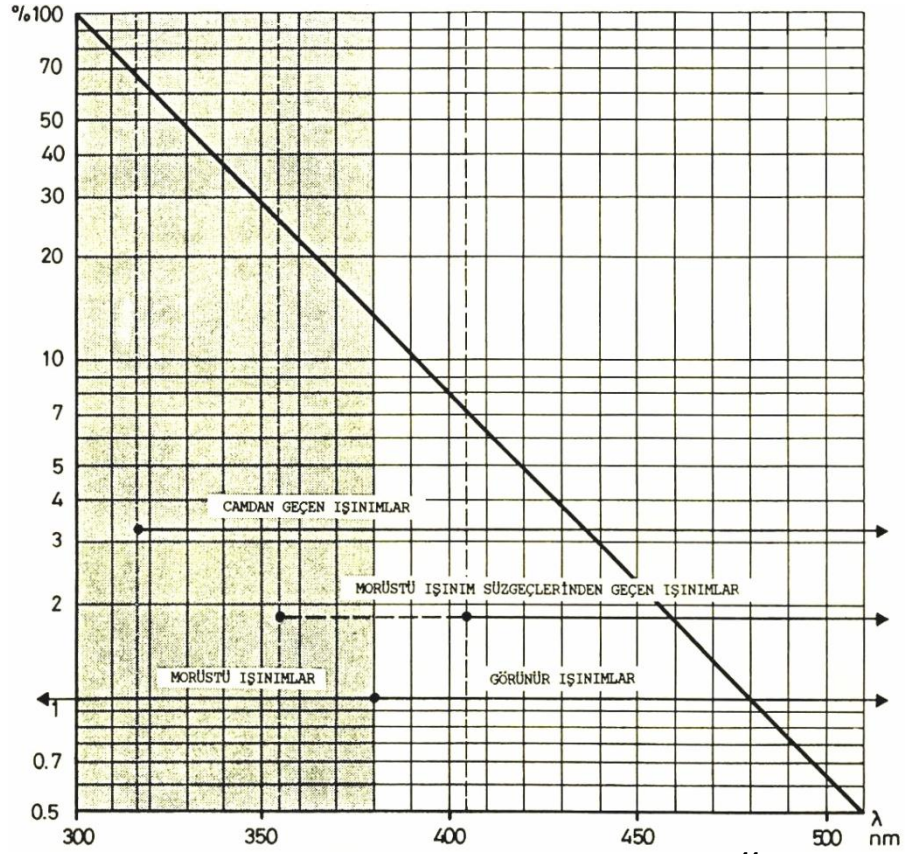
⁴² Bu komisyon, aydınlatma alanında en önemli kuruluşlardandır.

Bu ışınım tayfının sınırları kesin olarak belirlenmemiştir, ancak CIE'nin E.2.1.2. Komitesi 100 nm ile 400 nm'yi alt ve üst sınırlar olarak kabul etmiş ve üçe ayırmıştır:

Morötesi –A (UV-A)	:	315-400 nm
Morötesi –B (UV-B)	:	280-315 nm
Morötesi –C (UV-C)	:	100-280 nm

Müze aydınlatmasında gereksiz olduğu gibi oldukça zararlı olan bu ışınımlardan metal, taş, ağaç, kemik, boynuz ve seramik dışında oldukça geniş bir dizi nesne etkilenir. Duyarlı özdeklerin kimi morötesi ışınımına, kimi de hem morötesi hem de görünür ışınımına karşı duyarlıdır. Ancak morötesi ışınım, özdekler üzerinde, öteki ışınımına oranla daha fazla zarara neden olurlar⁴³.

Aşağıdaki grafikte 500nm.ye kadar yani görünür ışınımın da büyük bir bölümünde ışınımın zararlı etkilerinin dereceleri gösterilmiştir.



⁴³ age, 8.

⁴⁴ Şazi Sirel, **Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma**, (İstanbul: YFU, Yayın no.8, 1997) , 4.

Tablo 3: Işık Kaynaklarının içerdiği UV ışınım miktarı⁴⁵ [$\mu\text{W}/\text{lm}$]

Güneş ışığı	400-1500
Metal halide lamba ⁴⁶	160-700
Tungsten halojen lamba	40-170
Flüorışıl lamba	30-100
Tungsten akkor lamba	70-80
Işık yayan diyot (LED)	<5

Morötesi ışınımın zararlarının önlenmesi için, bu ışınım sergilenen nesneler üzerine ulaşmadan önce, görünür ışınım için saydam, görünmez ışınım için saydamsız gereçler kullanılmalıdır. Belirli kimyasal özdeklerin, morötesi ışınımın geçmesini önlemesi özelliğinden yararlanılarak çeşitli yöntemlerle bu tür özellikleri olan filtreler yapılır.

4.2.4 Sergileme süresinin azaltılması

Görünür ışınım için, aydınlık düzeyi sınırlamaları beraberinde, ışıklandırma konusu da önemlidir. Işıklanma (light exposure, luminous exposure), sergilenme süresi ile aydınlık düzeyinin çarpımıdır (süre x aydınlık düzeyi). Işıklanma; ışıksal ya da ışınımsal bir aydınlığın, özellikle, biriken etkilerinin söz konusu olduğu durumlarda başvurulacak büyüklüktür. Bir nesnenin fazla aydınlıkta kısa süre ya da az aydınlıkta uzun süre kalması aynı sonucu doğurur. Çünkü bu olayda etkili olan, iki büyüklüğün çarpımıdır (aydınlık x süre). Birimleri: lx.s (lüks saniye); lx.h (lüks saat); vb.dir⁴⁷.

⁴⁵ CIE, **CIE 157, 2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation** (Vienna: 2004)

⁴⁶ Müzelerde hiçbir biçimde kullanılmaz. Müzede gerekli olmayan yüksek ışık akısı vermekle birlikte, UV ışınım yaydığı için filtre kullanımı gerektirmektedir.

⁴⁷ Hülya Sirel, **age**, 20.

5. MÜZE AYDINLATMASINDA SIKLIKLA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Müzelerde en sık karşılaşılan sorunlar; yüksek ışıklılık ve renk karşıtlıkları ile aynalaşmadır. Yüksek ışıklılık karşıtlığı; üç boyutlu nesnelerin iki boyutlu algılanmasına, kamaşmaya, gözde yorgunluğa ve uymada zorlanmaya, nesne ayrıntılarının net ve rahat görülememesine yol açar. Renk karşıtlığının büyük olması ise; çevre etkisi olayı doğrultusunda, nesne renklerinin doğru algılanmamasına ve doğal görünümünden uzaklaşmaya neden olur. Hiç karşıtlık olmaması da sakıncalı bir durum ortaya çıkartır; çünkü bir nesnenin algılanabilmesi, nesnenin değişik bölümlerinden ve çevresinden gelen ışıkta belirli ayrımların varlığına bağlıdır⁴⁸. Karşıtlılıklar görsel algılamaya için gereklidir ancak belli sınırlar içinde olmalıdır.

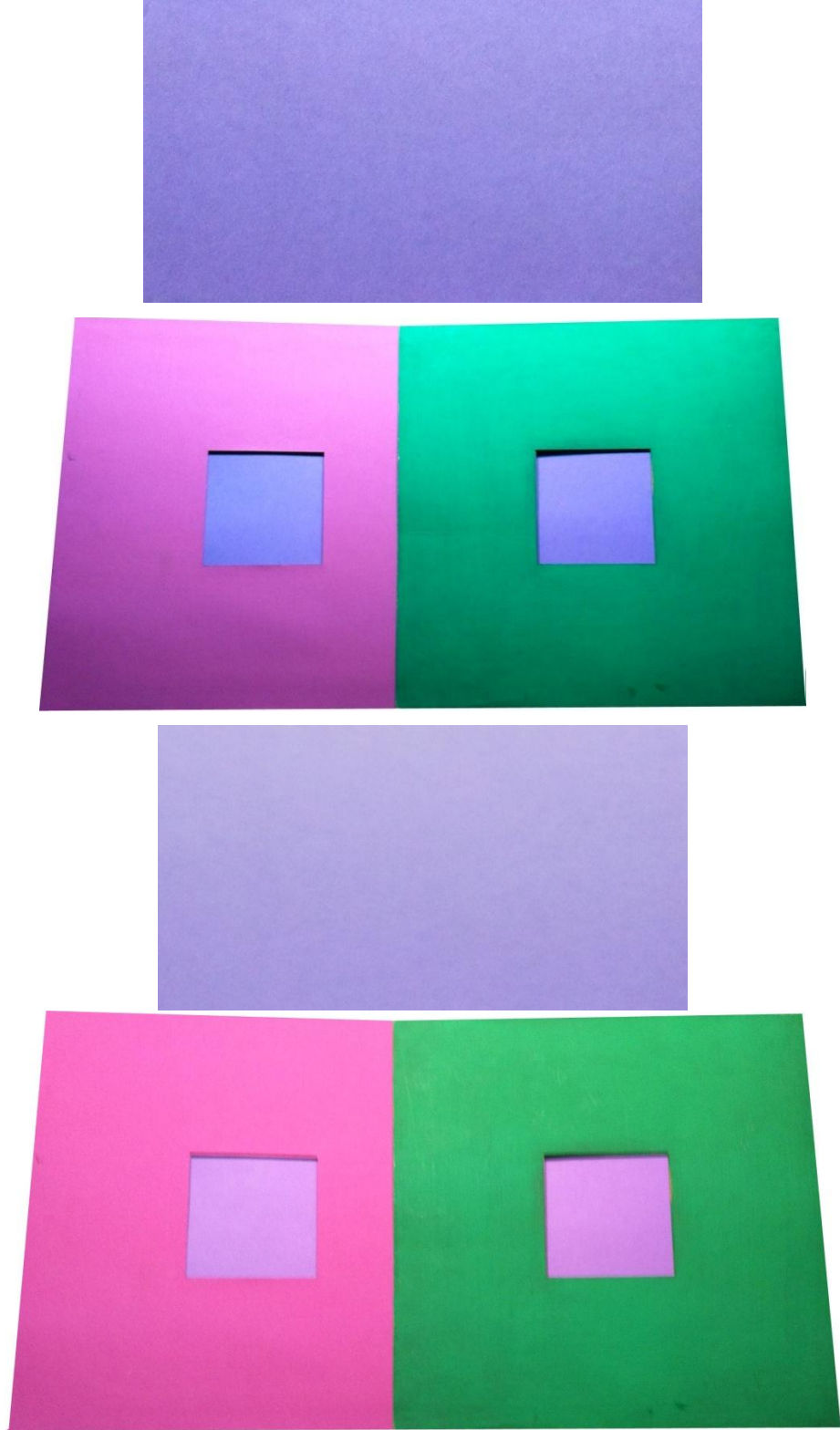
5.1 Işıқта renk, Yüzeyde Renk ve Etkileşimleri

Renkli yüzeylerden yansıyan ışık; renkli, renklenmiş bir ışıktır. Bu ışıkla aydınlanan yüzeylerde artık öz renkten söz edilemez. Görünen renk, öz renkten çok uzaklaşmaktadır. Konu farklı/değişik biçimlerde karşımıza gelir. Örneğin kimi müzelerde, renkli yüzeylerin önünde sergilenen üç boyutlu nesnelerde karşımıza çıkmaktadır (Şekil 17). İki boyutlu nesnelerde ise renkli çevre etkisi, farklı renkte algılamaya sebep olmaktadır (Şekil 18).



Şekil 17: Kırmızı Yüzeylerden Yansıyarak Gelen Işık Artık Kırmızıdır. Metalik Sarı Nesneler, Yer Yer Kırmızıya Dönmüştür. Anadolu Medeniyetleri Müzesi – Fotoğraf: N. Koçyan – Nisan 2012

⁴⁸ Hülya Sirel, “Müze eşyasının korunması ve sergilenmesi ile aydınlatma ilişkisi”, **Yeniden Müzeciliği Düşünmek**, der. Tomur Atagök (İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 1999), 118.



Şekil 18: İki Boyutlu Nesnelerde Renkli Çevre, Farklı Renk Algılamaya Neden Olmaktadır. YTÜ Aydınlatma Laboratuvarı – Fotoğraf N. Koçyan – Haziran 2012



**Şekil 19: Renkli çevre etkisinin gözardı edildiği düzenlemeye örnekler-
Brooklyn müzesi, New York – Fotoğraf: N. Koçyan (Eylül 2011)**



Şekil 20: Vitrinde kullanılan mavi renkli cam, doğal olarak renkli ışık etkisini oluşturmaktadır. Ayrıca arka planda yer alan çinilerin renkleri dönmemektedir. Kötü bir örnek - Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul – Fotoğraf: N. Koçyan – Haziran 2012

Şekil 20’de vitrinde kullanılan mavi renkli cam, doğal olarak renkli ışık etkisini oluşturmaktadır. Altın sarısı renk, bölgesel olarak mavimsi yeşile dönüşmektedir. Yani nesnenin tümü altın sarısı iken, bir bölümü mavimsi yeşil olarak algılanmaktadır. Aydınlatmacı yapıta farklı yorum, farklı görünüm getirmiştir.

5.2 Aydınlığın Düzgün Yayılması

İki boyutlu nesnelerin sergilenmesinde nesnenin bütünlüğü önemli olduğu için, aydınlığın düzgün yayılmış olması gereklidir. Aydınlik düzeyindeki büyük değişimler, nesnenin algılanmasındaki bütünlüğü yok eder. Daha aydınlık olan bölümler, nesnenin diğer bölümlerinden farklı öneme sahip olduğu izlenimini verir ve eksik algılamaya neden olur. Düşey düzlem yüzeyler üzerinde düzgün yayılmış aydınlık sağlamak güçtür. Göz, aydınlık düzeylerindeki 1/3’ten daha yüksek orandaki ayrımları algılar. Bu nedenle, düzgün yayılmış bir aydınlıkta, yüzey üzerinde 1/2

oranında değişen ayırım normal, 1/3 üst sınır olarak kabul edilmekte ve hiçbir biçimde 1/3 oranının geçilmemesi gerekmektedir.



şekil 21: İki Boyutlu Nesneler Üzerinde Düzgün Yayılmamış Aydınlık- Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul – Fotoğraf N. Koçyan – Haziran 2012



Şekil 22: İki Boyutlu Yüzeylerde Aydınlık Düzeyi Dağılım Farklılıkları – Sadberk Hanım Müzesi, İstanbul. Fotoğraf: Natali Koçyan – Mayıs 2012



Şekil 23: Düşey Düzlemde Düzgün Yayılmış Aydınlık Örneği – LACMA Müzesi, Los Angeles

5.3 Karşıtlıklar-Göz Kamaşması

Görsel algılamamanın gerçekleşmesi, ışıklılık ve renk karşıtlığına bağlıdır. Bu karşıtlık ancak belli sınırlar içinde olunca doğru ve eksiksiz görsel algılamadan söz edilebilir⁴⁹. Işıklılıkların uygun olmayan dağılımları ya da aşırı bir karşıtlık sonucu, nesnelerin ya da bunların ayrıntılarının ayırt edilmesinde bir yetenek eksikliği ya da bir güçlük, bir sıkıntıya yol açan görme koşullarına kamaşma denir⁵⁰. Dolaylı göz kamaşması; doğrultusu, görülmesi istenen şeyin doğrultusuyla (bakış doğrultusuyla) aynı olmayan bir nesnenin yarattığı göz kamaşmasıdır⁵¹. Dolaysız göz kamaşması; doğrultusu, görülmesi istenen şeyin doğrultusuyla aynı ya da hemen hemen aynı olan bir (ışıklı) nesnenin yarattığı göz kamaşmasıdır⁵². Gözün, ışık yeğinliğine bağlı olarak yaptığı ayarlamalardaki yetersizlikten kaynaklanan “aynı anda kamaşma”ya önlem alınması bir oranda kolaydır⁵³. Örneğin, doğrudan güneş gören bir pencere önündeki heykelin, yalnızca silüet olarak algılanması, uç noktadaki bir karşıtlığın sonucudur ve yanlış duyulanmalar yaratır. Pencere önüne perde veya pano konulması; eğer mümkünse izleyicinin bulunduğu tarafta daha yüksek aydınlık düzeyi oluşturulması, bu etkinin yok edilmesi için alınabilecek önlemlerdir.



Şekil 24: Solda, nesnenin silüet etkisi yanında renklerin de algılanmadığı gözlemlenmektedir. Sağda nesnenin özgün özellikleri başka bir açıdan izlenebilmektedir. MoMA, New York Fotoğraflar: Hülya Sirel (Eylül 2011)

⁴⁹ age, 119.

⁵⁰ Şazi Sirel, **Aydınlatma Sözlüğü**, (İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 1997), 92.

⁵¹ Şazi Sirel, **Aydınlatma Terimleri Sözlüğü**, (TDK, Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi 1973), 22.

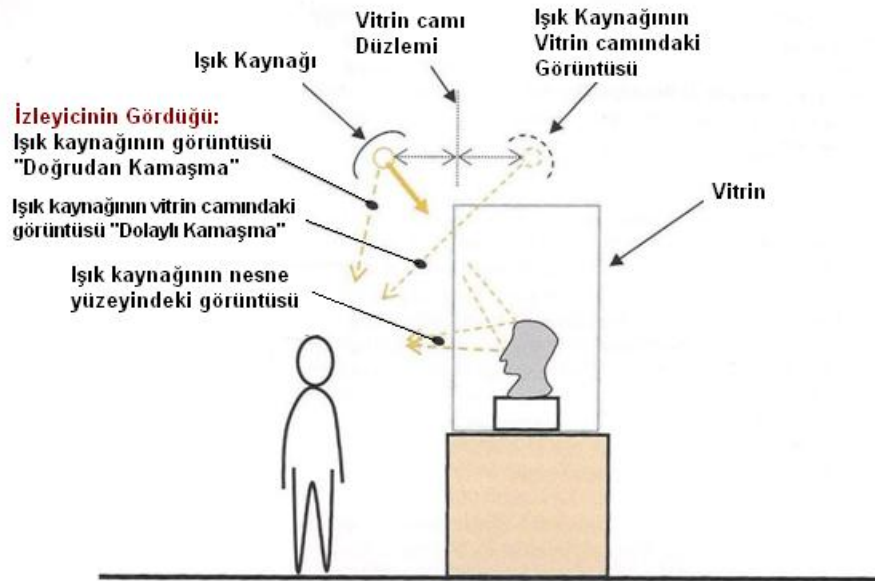
⁵² age, 23.

⁵³ Hülya Sirel, “Mimari Aydınlatmada Müzenin Farkı ve Önemi”, **Müzebilimin ABC’si**, haz. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman, (İstanbul: Ege Yayınları, 2012), 152.

Art arda gelen hacimler arasında aydınlık düzeyi yüksek olandan, daha düşük olana geçilince, bu aydınlığa gözün uyum yapması için bir süre beklemek gerekmektedir. Özellikle aydınlık düzeyi, müze salonlarındaki aydınlık düzeyine kıyasla hayli yüksek olan dış ortamdan, müze hacimlerine girildiğinde bu karışıklık yaşanır. Göz henüz uyum yapmadan çok az aydınlatılmış sergi salonlarına geçilirse, gecikmiş kamaşma meydana gelir, bu durumda eksik algılama söz konusu olur. Sergi mekanlarının düzenlenme sırası; aydınlık düzeyi en fazla olandan, en az olana geçilecek şekilde planlanmalıdır. Bunun sonucu olarak da taş ve metal gibi ışığa duyarsız nesnelerin bulunduğu hacimler girişe en yakın yerde; ışığa çok duyarlı ve en az aydınlık düzeyinde sergilenen nesnelerin bulunduğu hacimler en son ziyaret edilecek yerde olarak düzenlenmelidir. Bir de yansımayla kamaşma olayı söz konusudur ki, aynalaşma başlığıyla aşağıda verilmektedir.

5.4 Aynalaşma

Düz bir saydam camın arkasındaki nesnelerden çok, cam yüzey üzerinde, bakan kişinin bulunduğu yandaki nesnelerin görünmesine aynalaşma denir⁵⁴. Aynalaşma olgusu, vitrin camlarında; parlak, cilalı ya da sırlı yüzeylerde ve iki boyutlu cam kaplı nesnelerde (cam kaplı resim gibi) gerçekleşmektedir. Müzelerde en fazla sergileme vitrinlerinde gerçekleşen bu sorunun çözülmesi; koruma konusu açısından aydınlık düzeyinin değiştirilip, artırılması söz konusu olamayacağı için, ilk önlemlerin mimari tasarım ve vitrin tasarımı aşamasında alınmasını gerekli kılar.



Şekil 25: İzleyici Gözüne Ulaşan Işık Grafiği⁵⁵

⁵⁴ age, 118.

⁵⁵ Christopher Cuttle, *Light For Art's Sake* (Oxford: Elsevier Ltd., 2007), 20.

Yerleştirme sürecinde de denetleme ve olası eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir. Aynalaşmanın önlenmesi; vitrin çevresindeki duvar ve tavan yüzeylerinin koyu renk boyanması, yüksek ışıklılığın nedeni olan pencerelerin mümkünse örtülmesi, öteki vitrinlerin yansımaya bölgesi dışında bırakılması ya da perdelenmesi, gerekirse panolar kullanılması ile sağlanabilir. Düşey vitrinlerin camlarının eğimlendirilmesi ile yansımaya alanının daraltılması; iki boyutlu düzlem yüzeylerde, yansıtmayan camların kullanılması aynalaşmayı engelleyecektir. Yansıtmayan cam: Bir yüzeyi kumlandırılmış cam gibi düşünülebilir. Camın parlak yüzeyi sergilenen nesne üzerine getirilir. Kumlandırılmış öteki yüzeyde ışık yayınlık yansıyacağından aynalaşma olgusu ortadan kalkmış olur.



Şekil 26:Vitrin Konumunun Önemi - Vitrin Camında Diğer Vitrinlerdeki Işık Kaynaklarının Görüntüsü-Anadolu Medeniyetleri Müzesi (Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012)



Şekil 27:Vitrin Konumunun Önemi - Vitrin Camında Diğer Vitrinlerdeki Işık Kaynaklarının Görüntüsü-Sadberk Hanım Müzesi (Fotoğraf N. Koçyan. Haziran2012)



Şekil 28:Kapatılmamış pencere yüzeylerinin yüksek ışıklıkları ile yarattığı aynalaşma örnekleri Anadolu Medeniyetleri Müzesi, Ankara (Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012)



**Şekil 29:Aynalaşma Sonucu Vitrin Camı Üzerinde Diğer Bir Vitrinin Görünümü-
Son Derece Rahatsız Eden Aşırı Aynalaşma Olayı-Sadberk Hanım Müzesi
(Fotoğraf N. Koçyan. Haziran2012)**



**Şekil 30: Yatay Vitrin Camı Üzerinde Aynalaşma Sonucu Görünen Tavan
Işıklığı (Anadolu Medeniyetleri Müzesi) Fotoğraf N. Koçyan. Nisan 2012**



Şekil 31: Camla kaplı Yüzey Üzerinde Çok Etkili Rahatsız Edici Aynalaşma – Brooklyn Müzesi – ABD, New York - Fotoğraf: Natali Koçyan. Eylül 2011



Şekil 32: Nesne Koyu Renkli Olduğu Zaman Aynalaşma Etkisi Daha Yoğun Hissedilmektedir (Museum of Modern Art – ABD, New York) Fotoğraf: Hülya Sirel. 2011 Eylül



Şekil 33:Vitrin Yüzeyinde Aynalaşma – Casa Del Suono (Ses Müzesi) – İtalya, Parma - Fotoğraf: Natali Koçyan. Ekim 2013



Şekil 34:Vitrin Yüzeyinde Aynalaşma – Casa Del Suono (Ses Müzesi) – İtalya, Parma - Fotoğraf: Natali Koçyan. Ekim 2013

6. MÜZE AYDINLATMASININ PRATİK DENETİMİ – CIE RAPORU

CIE'nin yayınlamış olduğu "Optik Işınımın Müze Nesnelere Verdiği Zararın Denetimi" adlı raporda müze aydınlatması için bir rehber bulunmaktadır⁵⁶.

Bu rehber gere göre yeni bir sergi düzenlenirken;

-Tüm nesneler duyarlılıklarına göre sınıflandırılmalıdır.

-Işık kaynakları, pencere ve tepe ışıklıklarına UV filtreleri yerleştirilmelidir. Her bir kaynak, UV ölçer ile ölçülmelidir.

-UV değerin belirlenmiş eşik değerin altında olduğundan emin olunmalıdır. (UV < 70 mikrovat/lümen-µW/lm-)

-Aydınlık düzeyi değeri kontrol edilmelidir. Nesnenin herhangi bir noktasındaki aydınlık düzeyi, en yüksek aydınlık düzeyi sınırını geçmemelidir.

-Işıyarak ısınma (radiant heating) etkisi kontrol edilmelidir. Özellikle akkor halojen lambalar kullanıldığı zaman bu konuya dikkat edilmelidir. Eğer kayda değeri bir ısınma söz konusu ise, dikroik yansıtıcı lamba veya kızılaltı ışınlım (IR) filtresi kullanılmalıdır.

-Işıklanmanın kısıtlanması konusundaki prosedürler değeri değerlendirilerek, yıllık sergilenme saati ön görülmelidir.

-Her bir nesne veya nesne grupları için aydınlık düzeyi ölçmeleri yapılmalıdır ve bu sonuçlar kaydedilmelidir. Yıllık sergilenme süreleri hesaplanmalıdır. Hem sergi için hem de her bir nesne için, sınırlanmış ışıklanma planlanmalıdır.

Sergileme süresince yapılması gerekenler:

-Düzenli aralıklarla morötesi ışınlımlar UV metre ile kontrol edilmelidir. Gereklili yerlere filtreler yerleştirilmelidir.

-Düzenli aralıklarla termometre ile sıcaklık denetimi yapılmalıdır. Gereklili ise sıcaklığı azaltacak önlemler alınmalıdır.

-Düzenli olarak aydınlık düzeyleri lüksmetre ile denetlenmelidir, gereklili ise yeniden düzenleme yapılmalıdır.

-Hem sergi için hem de sergilenen nesneler için, sergile(n)me süresini kısıtlayan prosedürlerin işlerliği kontrol edilmelidir.

⁵⁶ CIE, **CIE 157:2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation** (Vienna: 2004), 27.

7. IŞIK KAYNAKLARININ GELİŞİMİ VE LAMBALAR

İlk çağlarda insanlar odun gibi bazı nesneleri yakarak ışık kaynağı elde etmişlerdir. Gündüz güneş doğal ışık kaynağı iken, geceleri ay ikincil ışık kaynağı olarak insan hayatında yer almıştır. 1800'lere kadar aydınlatma gereksinimi mum, kandil ve meşale ile giderilirken, havagazının bulunması ile yeni bir döneme geçiş yapılmıştır.

Sonrasında elektriğin düzenli üretilmesiyle elektrik lambaları kullanılmaya başlanmıştır. Sürece paralel olarak aydınlatma, havagazı mühendislerinin konusu olurken, elektriğin icadı ile, elektrik mühendisleri bu konuya sahip çıkmışlardır. Lamba çeşitlerinin artması ile, ışık akısının (lümen) kullanımı konusu ortaya çıkmıştır. 1960'lardan itibaren aydınlatma konusu mimarların konusu haline gelmiştir.

1801 yılında ilk keşfedilen lamba “elektrik ark lambası” olmasına rağmen, elektrik lambaları asıl amaçlarına, 1879'da akkor lambaların icadıyla kavuşmuştur⁵⁷. (Şekil 36)



Şekil 35: Akkuor Lamba⁵⁸

Akkuor lambalar, günümüzdeki yapısını 1905'lerde almaya başlamıştır. Isıl ışıma ile ışık veren ilk akkor lambadan sonraki en önemli gelişme halojen lambalardır.

⁵⁷ Şensin Aydın, Müjgan Şerefhanoglu Sözen, “Işık Kaynaklarının Tarihsel Gelişim Süreci ve Etkin Enerji Kullanımı”, **5. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler, 2004** (İstanbul: ATMK, 2004): 2.

⁵⁸ http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Gluehlampe_01_KMJ.jpg [Haziran 2012]

Ana yapısı ince bir karbon teli olan ilk elektrik lambası 1879 yılında yapılmıştır. Bu ilk lambanın ışıksal verimi 2 lm/W gibi oldukça düşük bir değerdedir. Bu değer kısa sürede 4,5 lm/W değerine çıkartılmıştır. Daha sonra, tungsten telin kullanılmasıyla lambanın verimi 8 lm/W değerine yükselmiştir. 1950 yılının son çeyreğinde, akkor lambaların ampulleri iyot grubundan gazlarla doldurularak daha etkili kullanılmaya başlanmış ve verimde 20-22 lm/W değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 36: Işık Kaynakları Çeşitlerinin Tarihsel Süreçleri⁵⁹

Işık kaynaklarının gelişim süreci sadece akkor lambalarla sınırlı değildir. 1930'lu yıllarda deşarj lambaları üretilmeye başlanmıştır. 1932 yılına gelindiğinde ise dünyanın birçok yerinde alçak basınçlı sodyum buharlı ve yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar kullanılmaya başlanmıştır. Oldukça yüksek verime sahip olan bu lambalar, kötü renk özellikleri nedeniyle o dönemde sokak lambası olmaktan öteye gidememiştir.

1950'li yıllarda bu lambaların camlarının flüorışıl toz ile kaplanmasıyla renksel geriverimleri biraz düzeltilmiş ve ışıksal verimleri arttırılmıştır. 1960'lı yıllarda cıva buharlı bazı tuzlar eklenerek metalik halojenürlü yada diğer adıyla metal halide lambalar üretilmeye başlanmıştır. Eklenen tuzların etkisiyle lambaların renksel

⁵⁹ IESNA Lighting Handbook, chapter 6.

geriverimi yükseltilmiştir, böylelikle yüksek verimli metalik halojenürlü lambalar 1980'li yıllarda iç mekanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllara kadar hızlı bir gelişim süreci geçiren cıva buharlı lambalar bu dönemden sonra alternatif lambalardaki gelişmeler nedeniyle duraklama sürecine girmiştir.

2. Dünya savaşı yıllarında geliştirilen ve doğada karşılığı olmayan flüorişil lambalar çizgisel karakteri nedeniyle uzun süre yanlış kullanılmıştır. Bu da ışık dağıtım diyagramının öteki ışık kaynaklarına göre çok farklı olmasından kaynaklanmıştır. Bunun yanında ışık renginin uzun yıllar yalnızca soğuk olması da kullanımında sorunlar yaratmıştır.

Tablo 4: Lambaların Verim Ve Ömürleri⁶⁰

Lamba türü	Işıksal Verimi (lm/W)	Ömür (Saat)
Halojen lamba	12 - 26	2.000 - 4.000
Flüorişil lamba	45 - 100	6.000 - 15.000

Flüorişil lambalar yaklaşık olarak 1938 yılından sonra kullanılmaya başlanmıştır. 1974 yılından sonra trifosforların kullanılmaya başlanmasıyla flüorişil lambaların verim ve renksel özellikleri de geliştirilmiştir. İlerleyen yıllarda multifosforların kullanılmasıyla flüorişil lambaların renksel geriverimlerinde çok ciddi düzelme sağlanmıştır ve renksel geriverim indeksleri $R_a=95-98$ değerlerine kadar ulaşmıştır. Günümüzde flüorişil lambalar, kompakt modellerinin üretilmesi ve kalite parametrelerinin düzeltilmesiyle iç aydınlatmada en çok tercih edilen ışık kaynakları olmaktadır.

Genel bir gruplandırma ile yapay ışık kaynakları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

-Endüksiyon

-Halojen Akkor

-Alçak Basınçlı:

Sodyum Buharlı

Cıva Buharlı (FL)

-Yüksek Basınçlı:

Sodyum Buharlı

Cıva Buharlı

Metal Halide

-LED

⁶⁰ http://elektroteknoloji.com/Elektrik_Elektronik/Teknik_Yazilar/LAMBALAR_HAKKINDA_GENEL_BILGILER_VE_CESITLERI.html [Haziran 2012]

Bu lambalardan sadece, halojen akkor lambalar ısıtıcı ışıma yolu ile ışık akısı üretmektedirler.

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambanın, alçak basınçlı cıva buharlı lambadan farkı, yüksek basınçlının doğrudan ışık vermesidir. Alçak basınçlı cıva buharlı lamba, yani flüorışıl lamba ise UV ışınımı verir, daha sonra UV ışınımı, görünür ışığa çevrilir.

7.1 Işık Üretme Yöntemleri

Aydınlatma "nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine görülebilmeleri amacıyla ışık uygulanması" olarak tanımlanmıştır. Aydınlatmanın ana malzemesi olan görünür ışınımın -ışık-, aydınlatılacak konunun gereksinimlerine uygun olarak uygulanması gerekliliği, var olan ışık kaynaklarının tüm özelliklerinin eksiksiz bir biçimde bilinmesini zorunlu kılar.

Kaynakların ışık üretimi ile ilgili ışıma olayları, "ısısal ışıma (ısılışıma; thermal radiation)" ve "ışılışıma (luminescence)" olarak iki ana bölüme ayrılır. Aşağıda ısısal ve ışılışımada müzeyi ilgilendiren bölümler ele alınmaktadır.

7.1.1 Isısal Işıma (*Thermal radiation*)

a) Yakarak, alev oluşturarak ışınım enerjisi üretimi (phyroluminescence). Örneğin, mum, çeşitli gazların yanması sonucunda oluşan ışımadır.

b) Akkor ışıma (incandescent): Isısal ışıma yolu ile optik ışınım yayımıdır.

7.1.2 Işılışıma (*Luminescence*)

a) Elektroişılışıma (*electroluminescence*): Bir gaz ya da katı bir özdekte, bir elektrik alanının etkisiyle oluşan ışımadır. Örneğin, flüorışır bir özdeğin, ışınım yerine, manyetik alan ile uyarılması sonucu oluşan ışıma. Bu yolla ışık üreten kaynak LED'dir (LED: Light Emitting Diode).

b) Işıksal ışılışıma (*photoluminescence*): Optik ışınımın soğurulması ile oluşan ışımadır. Bu ışımanın yaklaşık 4 ana başlığı vardır. Bunların arasında müze aydınlatmasını ilgilendiren flüorışımadır (*fluorescence*). Bu yolla üretilen ışık kaynağı flüorışıl (flüoresan) lambadır.

Günümüzde, aydınlatma amacına yönelik yapay kaynak-lamba- yapımında yaygın olarak kullanılan görünür ışınım-ışık- üretme yöntemleri, ısılışıma grubundan elektrik enerjisi ile ısıtarak akkor ışıma; ışılışıma grubundan ise gazlarda elektriksel boşalma (deşarj), flüorışıma, elektro ışılışımadır.

7.2 Işık Kaynakları ve Sistemler

Çevresine ışık yayımlayan ve görebildiğimiz özdeksel (maddesel) varlıkların tümü ışık kaynağı olarak adlandırılır. Işık kaynağı (*light source*); başka bir enerji türünün, ışık (görünür ışınım) enerjisine dönüştüğü yer; geniş anlamda, ışık yayımlayan her yüzey ya da nesnedir. Bunlar; doğada var olduklarında “doğal ışık kaynağı”, insan eli ile üretildiklerinde “yapay ışık kaynağı” olarak adlandırılır.

Işık kaynakları, elde ediliş biçimine göre doğal ya da yapay; üretim biçimlerine göre de birincil ya da ikincil olarak sınıflandırılırlar. Aksi belirtilmediği sürece, ışığın üretim biçimi bakımından “ışık kaynağı” sözcüğü, “birincil ışık kaynağı” anlamını taşır.

7.2.1 Işık Üretme Biçimine Göre Işık Kaynakları

Birincil ışık kaynağı (*primary light source*): Erke (enerji) dönüşümü ile üretilmiş ışık yayımlayan yüzey ya da nesne; yani başka bir tür enerjiden, ışık enerjisi oluşturan bir dönüştürücü. Örneğin, güneş, akkorlaşmış tel, flüorışıl lambada flüorışıl toz. Birincil ışık kaynaklarının yayımladıkları ışınım, değişik “ışım (radiation) olayları sonucunda ortaya çıkarlar. Işım, parçacıklar ya da elektromanyetik dalgalar biçiminde enerji yayımı ya da taşınması biçiminde tanımlanır. Bir “ışım olayı”, başka bir tür enerjinin ışınım enerjisine dönüşümü demektir.

İkincil ışık kaynağı (*secondary light source*): Kendiliğinden ışık yayımlamayan (ışık üretmeyen), üzerine düşen ışığın en az bir bölümünü yansıma ya da geçme ile geri veren yüzey ya da nesne. Örneğin, gök, ay, bulut ve çevremizde yer alan tüm yüzeyler.

Kaynak, kaynağı gören tüm yüzeylere ışık yollar ve bu noktalardan geçen düzlemlerin, kaynağı gören yanlarında, aydınlık oluşur. Yüzeylerde oluşan aydınlığın, düzlemin kaynağa olan uzaklığı ile ilişkisi vardır. Uzaklık arttıkça, aydınlık azalır. Bir kaynağın oluşturduğu aydınlığın niteliği (gölge özelliği) kaynağın geometrik-fiziki özellikleri ile konumuna bağlıdır.

7.2.2 Geometrik Özelliklerine Göre Işık Kaynakları

Nokta/Noktasal kaynak (*point source*): Kaynak ile ışınımlandığı yüzey arasındaki uzaklığa oranla boyutu, ölçme ve hesaplarda önemsenmeyecek derecede küçük olan ışınım kaynağı. Tüm doğrultulara aynı yeğinlikte ışınım yayımlayan noktasal kaynağa “izotrop noktasal kaynak” ya da “tekdüze noktasal kaynak” denir.

Noktasal olmayan bir ışık kaynağının aydınlatdığı yüzeyin herhangi bir noktasından bu ışık kaynağını gören açının iki kenarından birinin, ve açıortayının, yüzeyin o noktasındaki normali ile yaptıkları açılarının kosinüsleri ile arasındaki oran, ölçme ya da hesabın yaklaşıklık sınırları içinde ise, o ışık kaynağı, söz konusu yüzey bakımından “nokta ışık kaynağı” varsayılabilir. Bu bağlamda, kaynağın en büyük boyutu/kaynak yüzey arası uzaklık= $1/3,5-1/5$ olan ışık kaynakları “noktasal” varsayılabilir. Noktasal kaynakların en önemli özelliklerinden biri, sert gölgeler oluşturmalarıdır (bakınız gölge konusu).

Doğrusal/çizgisel ışık kaynağı (*line source*): Doğru boyunca ışıklılığı değişmeyen ve ışık yeğirlik diyagramı bir tor biçiminde olan bu ışık kaynağının doğada benzeri yoktur. Yapay ışık kaynağı olan flüorışıl lamba çizgisel ışık kaynağıdır. Nesnelerin lambaya paralel olan kenarları sert, dik olan kenarları yumuşak gölge atar.

Düzlem ışık kaynağı (*area source*): İzotrop yayınlık yansıma ya da geçme yapan düzlem yüzeyli ışık kaynağı. Örneğin, bulutsuz açık gök, kapalı gök, mekan içerisinde ışıklı tavan. Düzlem ışık kaynağı kullanıldığı zaman yumuşak gölgeler oluşur, kimi zaman neredeyse gölgesiz ortamlar oluşur⁶¹.

7.3 Lambalar Ve Sistemler

7.3.1 Halojen Akkor (Tungsten Halojen) Lamba

Halojen akkor lambalar, noktasal ışık kaynağıdır. 1958 yılında akkor lambalarda bir iyileştirme yaşanarak, halojen akkor lambalar üretilmeye başlanmıştır. Akkor lamba içindeki asal gaz grubuna ekleme yapılmış, iyot grubundan gazlar konulmaya başlanmıştır. Bu gazların temel özelliği, lambadaki telden kopan düşük sıcaklıktaki karbon molekülünü, yüksek sıcaklıktaki telin üzerine yeniden yerleştirmesidir. Böylelikle telin ömrü uzamış olmaktadır. Ömürleri akkor lambaların iki katına yani 2000 saate çıkmıştır. Akkor lambaya göre, telde madde kaybı az olmaya başladığı için, telin daha çok ısıtılma fikri ortaya çıkmış, dolayısıyla daha beyaz ışık elde edilebilmiştir. Akkor lambaya göre verimleri ve ışıklılıkları daha yüksektir. Güç, biçim, büyüklük, ampul türü, tel biçimi, vb. bakımlardan çeşitleri oldukça fazladır. 220 Volt halojen lambaların verimleri 14-22 lm/W arasında değişir. Tek ve iki dipli olan türleri vardır.

Güçlerine oranla boyutları küçük olduğundan, çok fazla ısınırlar. Bu nedenle müze nesnelerinden uzağa yerleştirilmelidirler. Aydınlatma aygıtı içinde kullanıldığında

⁶¹ Ş. Sirel, **İşikölçümsel İlişkiler Konusunda Birkaç Örnek**, (İstanbul: YFDB, 1981), 12

mutlaka yayımladığı ısıyı dağıtan bir sistem olmalıdır. Vitrin içlerinde kullanılmaları, yaydıkları ısının nesnelere zarar vermesi açısından, çok sakıncalıdır.

Halojen akkor lambaların tayfları düzgün ve sürekli. Renksel geriverimi çok yüksektir. $R_a=100$ yani en üst sınıftadır (1A). Bu nedenle müzelerde kullanımları çok sık görülmektedir. Dimmerlenebildikleri için, ömürleri de daha uzun olabilmektedir. Halojen lambalar, değişik gerilimlerde çalışabilirler; 220-110-24-12-6 volt. Şebeke geriliminden daha düşük gerilimde çalıştıkları zaman, gerilim dönüştürücü ek parça (transformatör, trafo) kullanımı gerekmektedir. Ek parça nedeniyle ilk tesis gideri yüksektir. Sistemin ömrü, kullanılan transformatörün ömrü ile doğru orantılıdır. Bu nedenle kaliteli, uzun ömürlü transformatörler kullanılmalıdır. Müzelerde genellikle MR16 ve PAR3⁶² yansıtıcı halojen lambaları kullanılmaktadır. Bunlar düşük gerilimle çalışan halojen akkor lambalardır (12 volt). Transformatör ile birlikte kullanılmaktadırlar. Bu tür lambaların ömürleri 4000 saat civarındadır.

Halojen akkor lambaların üretimi ve kullanımı konusunda, akkor lambaların aksine, henüz bir kısıtlama yoktur. Akkor lambaların verimleri düşük ve ömürleri kısa olduğu için, Avrupa Birliği pazarlarına girişi ve satışı yasaklamıştır.

-100W ve üzeri akkor lambaları 01.09.2009

-75W akkor lambaları 01.09.2010

-60W akkor lambaları 01.09.2011

-40/25/15W akkor lambaların 01.09.2012 gibi bildirilen tarihlerden itibaren sadece var olan stoklar satılabilecek ve yeni üretim ya da dış alım yapılamayacaktır.



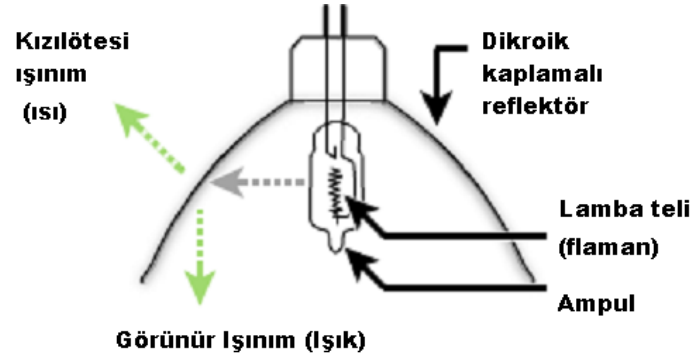
Şekil 37:Farklı Reflektör Tasarımları Olan MR16 Lambaları (En Sağda Akkor Lamba, Karşılaştırma Amaçlı Gösterilmiştir⁶³.)

Halojen lamba reflektörleri, alüminyum kaplamalı veya dikroik kaplamalı üretilmektedir. Alüminyum kaplama, hem kızılaltı ışınları yani ısıyı, hem de

⁶² PAR: (parabolic aluminized reflector) parabolik Yansıtıcı; MR: (multifaceted reflector) kristal yansıtıcı

⁶³ "What Are MR16 Lamps?", NLPPI National Lighting Product Information Program, c. 6, s. 2 (Lighting Research Center, NewYork, 2002): 3. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/mr16/whatAreMR16.asp> [13.05.2012]

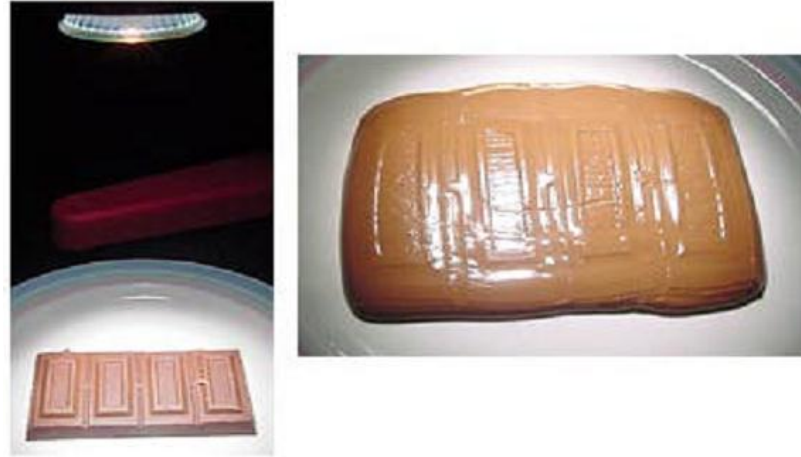
görünür ışınımı yansıtırken, dikroik kaplamalı reflektör sadece görünür ışınımı yansıtır⁶⁴.



Şekil 38: Dikroik Kaplamalı Yansıtıcı Bulunan Halojen Lamba

Kuvartz cam tüplü halojen lambalar UV ışınımı yayımlar, normal camlı halojen lambalar yayımlamazlar.

Düşük gerilimli halojen lambaların filamanlarının (tel), yüksek gerilimli lambalardan daha küçük olması nedeniyle, yansıtıcılarının optik denetimi daha kolaydır. Özellikle MR16 halojen lambaları bu tanıma girmektedir ve tepe açıları 7 dereceden 60 dereceye değiştirilebilir özelliktedir, bu da tasarımcı için büyük bir esneklik sağlamaktadır.



Şekil 39: Alüminyum Yansıtıcı MR16 Halojen Lamba Altında Çikolatanın Geldiği Durum

⁶⁴ age, 3.

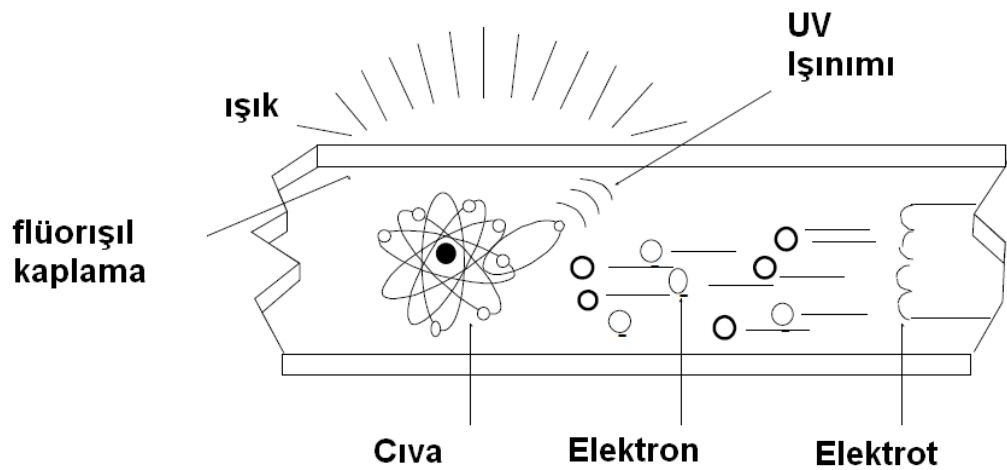


Şekil 40:Dikroik Yansıtıcı MR16 Halojen Lamba Altında Çokolatanın Geldiği Durum⁶⁵

Halojen akkor lambaların renk sıcaklıkları 2800K ile 3200K arasındadır. Halojen olmayan akkor lambalarınki ise 2700K'dir⁶⁶. Işıklılıkları yüksek olduğu için gözle bakılmamalıdır.

7.3.2 Flüorışıl Lambalar

Flüorışıl lambalar gazda elektriksel boşalmayla ışık üretirler. Lamba elektrotlarından yayılan elektronlar, tüp içerisinde dolanırken, kendileriyle aynı ortam içerisinde bulunan civa atomlarının elektronlarıyla çarpışırlar. Civa atomunun elektronları bu çarpışmanın etkisiyle yörüngelerinden çıkarlar ve tekrar yörüngelerine dönerlerken ultraviyole (morötesi) ışınım üretirler. Bu ışınım, flüorışıl lambanın iç yüzeyindeki fosfor kristalleri (flüorışıl tozlar) tarafından görünür ışınımaya çevrilirler.



Şekil 41:Flüorışıl Lambanın İç Yapısı⁶⁷

⁶⁵ age, 15.

⁶⁶ age, 6.

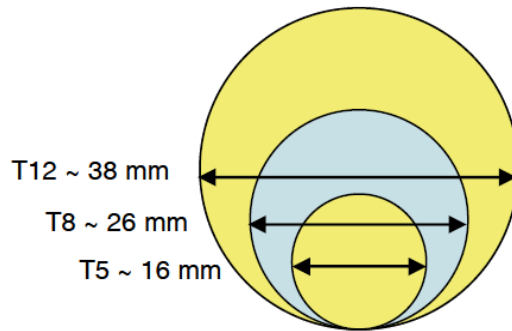
Farklı istekleri karşılayabilecek çeşitli verim ve renksel özellikte birçok çeşidi vardır. Flüorışıl lambalar beraberinde bir balast (durultucu) ve starter (başlatıcı) devresiyle birlikte çalıştırılır, ancak bazı çeşitlerinde starter kullanımına gereksinim duyulmaz⁶⁸. Bu tip lambalar, etkin gerilimi sınırlamak, birçok durumda var olan gerilimi dönüştürmek için balasta gereksinim duyarlar. Lambanın performansı; balasttan, gerilimden, çevre sıcaklığından etkilenmektedir.

Flüorışıl lambalar doğrusal ve kompakt olmak üzere 2 çeşittirler. Kompakt flüorışıl lambalar doğrusal flüorışıl lambalardan farklı duy yapısında üretilirler.

7.3.2.1 Doğrusal Flüorışıl Lambalar

Çizgisel ışık kaynağıdır. Tüp şeklindeki lambaların ampulleri soda kireç camından yapılırken eğrisel ve dairesel flüorışıl lamba tüpleri kurşun katkılı camdan üretilir. Genellikle tüpler 600, 1200, 1500, 2400 mm uzunluğunda 16, 26, 38 mm çapında üretilmektedir. 18, 36 ve 58 W güçlerinde çeşitleri bulunur.

Verimleri, kullanılan flüorışıl toz tipine göre, 63 lümen/Watt ile 93 lümen/Watt arasında değişir. Tayfları sürekli fakat düzgün değildir. Renksel özellikleri ve verimleri kullanılan flüorışıl özdek türüne göre değişim gösterir. Morötesi ışınımına karşı önlem gerektirir. Işıklılıklarının düşük olması sebebiyle, gözle bakılabilir. Ömürleri 7500-25000 saat arasında değişmektedir. Elle tutulabilir soğuklukta çalışırlar. Sarsıntıdan etkilenmezler. Durultucu ve başlatıcı kullanıldığı için ilk yatırım gideri yüksektir. Dimmerlenebilirler. Stroboskopi etkileri vardır bu nedenle elektronik durultucu veya özel düzeneklerle birlikte kullanılırlar. Tüp boyutlarına göre 3 çeşit doğrusal flüorışıl lamba geliştirilmiştir. T12, 38mm çapında; T8, 26mm çapında; T5, 16mm çapındadır.



Şekil 42:Flüorışıl Lamba Tüp Çapları⁶⁹

⁶⁷ Liisa Halonen, Eino Tetri, Pramod Bhusal, **Guidebook On Energy Efficient Electric Lighting For Buildings** (Espoo: Aalto University, 2010), 100. http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_45_Guidebook.pdf [25.05.2013]

⁶⁸ Adem Ünal, **Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları**, 2. bs. (İstanbul: Birsan Yayınevi, 2009), 94.

⁶⁹ age, 101.

T5 serisi ile küçülen lamba çapı birkaç avantajı beraberinde getirmektedir ve T8 ile T12 tüplerine göre verimi %22 daha yüksektir. Işıksal verim 104 lm/W değerine kadar ulaşmaktadır. Lamba ışık akısı daha yavaş azalmaktadır. Ömürleri daha uzundur (20000 saat), ince tüp yapısı sayesinde aydınlatma aygıtı tasarımı kolaylaşmaktadır. Üretiminde daha az cıva, metal ve cam kullanılır. %100 geri dönüşümlüdür⁷⁰. Dezavantajı, T12 ve T8'e göre daha fazla ısınmasıdır.

7.3.2.2 Kompakt Flüorışıl Lambalar

Kompakt flüorışıl lambalar çalışmaları için gerekli olan yardımcı elemanları bünyelerinde barındırırlar, dolayısıyla şebekeye doğrudan bağlanabilirler ve hiçbir yardımcı elemana gereksinim duymazlar⁷¹. Noktasal ışık kaynaklarıdır. Kompakt flüorışıl lamba iki ucunda elektrotlar bulunan cam bir tüpten oluşur. Cam tüpün iç yüzeyi çok ince bir tabaka halinde flüorışıl toz ile kaplıdır. Cam tüp içerisinde alçak basınçlı cıva buharı ve biraz da soygaz (örneğin argon) bulunur. Tüpün içinde bulunan elektrotlara elektrik verildiğinde elektrotlar arasında bir gerilim farkı oluşur. Oluşan bu gerilim tüp içerisindeki cıvanın bir bölümünün sıvıdan gaz haline geçmesine neden olur. Ayrıca oluşan gerilim, elektrotlardan birinden bir elektron koparıp büyük bir hızla tüp içerisinden diğer elektrota doğru hareket etmeye zorlar. Kopan ve yüksek hızla hareket eden elektronlar tüp içerisinde gaz halinde bulunan cıva atomlarıyla çarpışırlar. Çarpışma sonucu cıva atomları ışımaya yaparlar. Ancak oluşan ışımaya morötesidir ve bu ışınımın, aydınlatma yapabilecek görünür ışınımaya dönüştürülmesi gerekir. Bu noktada, cam tüpün iç yüzeyine kaplanan flüorışıl tozlar devreye girer. Cıva atomlarının yaptığı ışımaya flüorışıl toz kaplı yüzey tarafından emilir ve insan gözünün algılayabileceği görünür ışınımaya dönüşür. Flüorışıl maddenin yaydığı beyaz fotonların dalga boyu tayfsal alanın görünür bölgesine denk geldiğinden, kompakt flüorışıl lambalar da beyaz ışık yayar.

Flüorışıl lambaların çalışması için gerekli olan starter ve balast işlevini lamba içerisine yerleştirilmiş elektronik devreler yapar⁷².

⁷⁰ Ünal, age, 96.

⁷¹ age, 97.

⁷² Canan Perdahçı, Uğur Hanlı, "Aydınlatmada Enerji Verimliliği", **Sanayi Enerji Yöneticisi Eğitimi** (Kocaeli: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2010), <http://www.pw.com.tr/ss/upload/upload2268.pdf> [03.05.2012].



Şekil 43: Kompakt Flüorışıl Lambalar

Kompakt flüorışıl lambalar uygun bir düzenek yardımı ile dimmerlenebilir⁷³. Diğer bir şekilde dimmerlemeyi kendi içinde yapan kompakt flüorışıl lambalar vardır; bunlar üç saniye süre ile anahtar kapatılıp açıldığında lambanın ışıklılığının düşmesi ile olan kendi bünyesinde dimmerlenen kompakt flüorışıl lambalardır.

Lamba ömrü 6000 saat ile 10000 saat arasında değişmektedir. Ampul kenarı kararmış olup halen yanmaya devam eden lambaların ömrü tükenmiş kabul edilir. Gereken ışık akısı azalmış, verimliliği düşmüştür. (Şekil 44)



Şekil 44: Ömrü Bitmiş Kompakt Flüorışıl Lambalar

Kompakt flüorışıl lambaların elektrik şebekesinden çektiği enerji akkor lambalara göre yaklaşık %80 daha azdır. Bu tip lambaların fiyatları akkor lambalara göre daha pahalı olmasına rağmen günlük kullanım süresine bağlı olarak 6 ay ile 24 ay

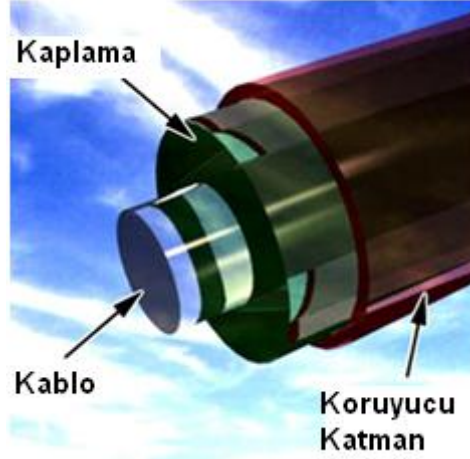
⁷³ Dimmer: Karartıcı. Bir aydınlatma düzeninde, lambaların ışık akısını değiştirmeyi sağlayan elektrik düzeni.

arasında bir sürede lambalar kendilerini amorti ederler. Bu lambalar, akkor lambaların yerini alma amacıyla tasarlanmışlardır⁷⁴.

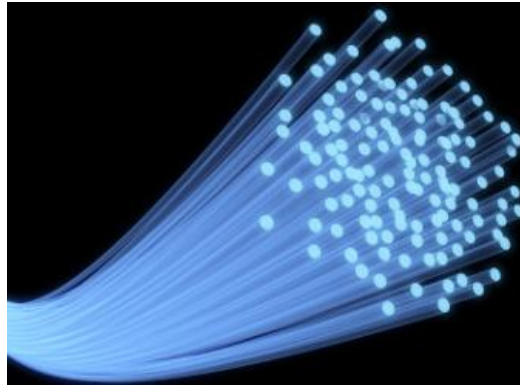
7.3.3 Fiberoptik sistemler

Bu sistemlerde ışık, fiberoptikler ile, cam veya plastik bir kablodan girerek, iç yansımalar aracılığıyla diğer uca aktarılmaktadır. Işık ışınları yansımalar ile zigzag bir yol çizerek ilerlerler.

Bu sistemlerde geniş çaplı kablolar esnekliğini kaybedeceği için kullanışlı olmamaktadır. Esnekliği artırmak için, çok sayıda ve küçük çaplı kablolardan bir demet oluşturulur. Işığın bir kablodan diğerine geçmesini engellemek için, her bir kablo şeffaf kılıf ile kaplanır. Bu kaplamanın kırılma indisi, kabloya göre daha düşüktür. Bu işlem sayesinde kablonun iç yüzeyi korunur, aynı zamanda da ışık kaybı olmaz. Optik kablolar ile iki çeşit demet oluşturulur⁷⁵.



Şekil 45: Fiber Optik Kablo Yapısı



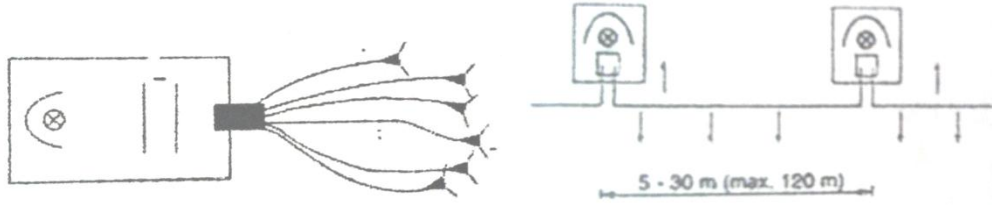
Şekil 46: Fiber Kablolar

⁷⁴ Joseph Murdoch, **Illuminating Engineering**, 2. bs. (USA: Vision Communications, 2003), 226.

⁷⁵ Gary Gordon, **Interior Lighting for Designers**, 4. bs. (New York: Wiley, 2003): 115.

Fiber optik aydınlatma, elektrik enerjisi yerine ışığın taşınması tekniğine dayalı bir sistemdir. Işığın, özel bir malzeme ile kaplı borularla taşındığı bu sistemde, uç ve yan aydınlatma olmak üzere iki ayrı teknik söz konusudur. Bu sistemde jeneratör, lamba, ışığı denetleyerek fiber kabloya yönlendiren optik ekipman, gerektiğinde ışık rengini değiştirmek için kullanılan renk tekerlekleri vardır.

Vitrin içi aydınlatma için iyi bir çözümdür. Müzeciler, vitrine müdahale etmeden, ışık kaynağını değiştirebilirler. Ayrıca UV ve IR taşımaması açısından avantajlı olduğu gibi; ışık kaynağının çalışma sıcaklığı da, aydınlatılacak ortamı etkilememektedir.

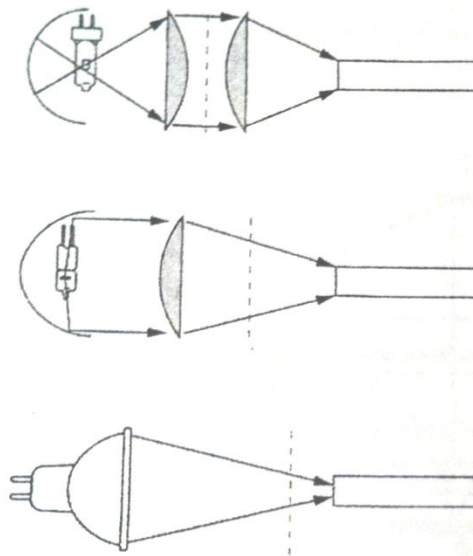


Şekil 47: Uç Aydınlatma Ve Yan Aydınlatma

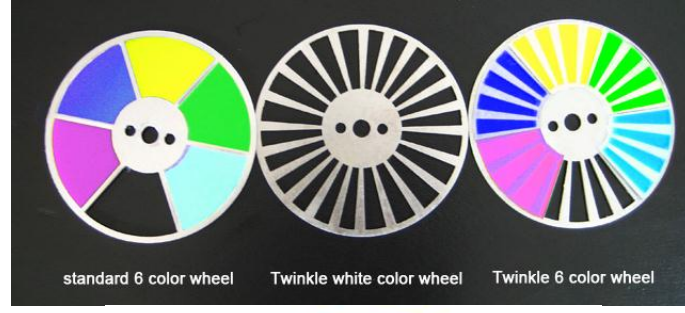
-Uç Aydınlatma tekniğinde (*end lighting*); jeneratör (ışık kutusu), fiber kablolar, sonlandırıcılar (optik dağıtım elemanları) kullanılır. Noktasal kaynak elde edilir.

-Yan aydınlatma tekniğinde (*side lighting*); jeneratör (ışık kutusu), saydam fiber kablolar kullanılır. Çizgisel kaynak elde edilir.

Jeneratör; ışık kaynağı ve ışığı denetleyerek fiber kabloya yönlendiren optik ekipmandan oluşur. Işık kaynağı olarak; halojen lambalar, yüksek basınçlı boşalmalı lambalar ve fiber optik için özel üretilmiş lamba sistemleri kullanılabilir. Jeneratörde amaç, verimi ve renksel geriverimi yüksek lambalardan çıkan ışığın, olabildiğince kayba uğramadan fiber kablolarla yönlendirilmesidir.



Şekil 48: Jeneratör içinde Olabilecek Yansıtıcı Ve Mercek Tekniğine Örnekler



Şekil 49: Renk Tekerlekleri

Ancak, jeneratör içinde renk tekerlekleri kullanılarak ışık renginde değişimler, ışık titremesi vb. etkiler yaratılabilir. (Şekil 47) Fiber kablolar, PMMMA (Polymethylmethacrylat) adı verilen malzemeden yapılmaktadır.



Şekil 50: Fiber Optik ile Vitrin Aydınlatması

Işık, tek bir ışık kaynağından pek çok noktaya taşınabilir. Işık kaynağı, bakım yönünden kolay ve ulaşılabilir bir yerde bulunabilir. Aydınlatma tesisatının başka bir yere taşınarak yeniden kullanılabilmesi olanaklıdır. Yalnızca ışığı taşıdığı için, ısıya ve morötesi ışınımına duyarlı nesnelerin ve/ya da mekanların aydınlatılması için uygundur. Elektromanyetik etkileşimleri yoktur.

Elektrik taşımadığından, su içinde de güvenli bir biçimde kullanılabilir. Birçok nokta tek bir lamba ile aydınlatılabilir. Geleneksel lambalar için erişilmesi olanaksız ve/ya da zor olan noktalarda kolaylıkla kullanılabilir. Bakımı ve montajı kolaydır.

Fiberoptik sistemlerin olumsuz yanları da bulunmaktadır. Genelde fiber optik kablolar 380-760 nm arasındaki tüm dalga boylarındaki ışığı aynı ölçüde iletmezler. Bu da ışık renginde değişime yol açabilmektedir. Optik fiberlere giren ışığın bir bölümü, yutulma nedeniyle kaybolmaktadır. Ayrıca, tüm olumlu yanlarına rağmen, fiber optik sistemlerin ilk yapım maliyeti öteki aydınlatma aygıtlarına göre daha yüksektir⁷⁶.

7.3.4 LED'li sistemler

LED, İngilizce "Light Emitting Diode" (ışık yayan diyot), anlamına gelen kelimelerin baş harflerinin oluşturduğu bir kısaltmadır.

LED'ler, transistör ve diyot gibi yarıiletken malzemelerdir. Ana malzemeleri silikondur. Ana malzemeye çeşitli kimyasallar eklenerek elde edilirler. Yarı iletkenlere, elektrik akımı verildiğinde, enerji kaybı oluşur ve bu kayıp görünür ışınımaya yani ışığa dönüşür.

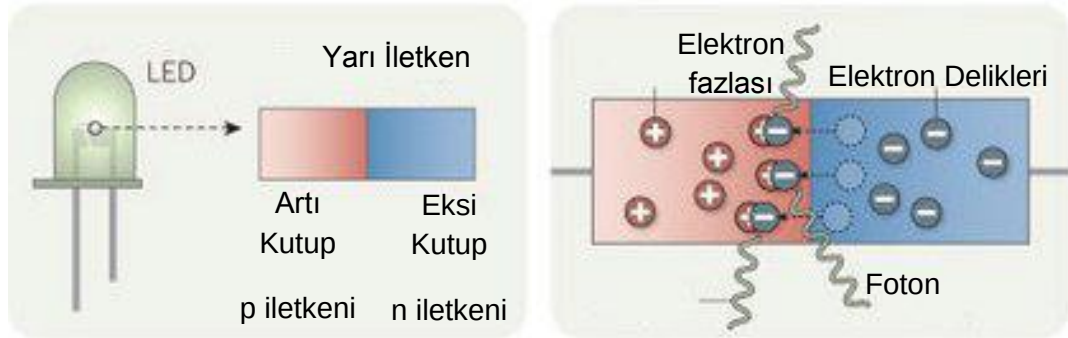
LED'lerin 1907 yılındaki ilk oluşumundan bu yana, sürekli yeni teknik gelişmeler söz konusu olmuş ve bunlarla ilgili ürünler piyasa kullanımına sunulmuştur. Geleneksel ışık kaynaklarına göre farklı çalışma prensipleri vardır. Ayrıca çeşitliliği ve enerji verimliliği sayesinde hızla günlük kullanımda yerini almıştır. LED'li sistemler 8. bölümde ayrıntılı olarak incelenecektir.

⁷⁶ Işıl Ankara Koç, "Club Turban tatil köyünün dış aydınlatma açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi", (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Bilim Dalı, 2011), 40.

8. LED TEKNOLOJİSİ

8.1 LED'ler, LED'lerin Çalışma Şekli ve Prensipleri

LED, bir elektrik akımı etkisi altında, optik ışınım yayımlayan p-n bitişmeli⁷⁷ yarı iletken bir diyottur. Işımanın gerçekleştiği bölge, elektronların fazla bulunduğu n (negatif, eksi kutup) yarıiletkeni ile; elektronların eksik bulunduğu p (pozitif, artı kutup) yarıiletkeni arasında bulunan sınır bölgesidir. Yarıiletkenlere belli düzeyde doğru akım uygulandığında, bu yarıiletkenlerin bağlantı noktasında fazla elektronu olan n iletkeninden, eksik elektronu olan p iletkenine elektron geçişleri olur. Boşluklar ya da serbest elektronlar aracılığıyla enerji taşınmış olur. Bu sırada elektronların enerji kaybı, yayımlanan fotonlar ile görünür ışınımına dönüşür. Bu tip ışık üretim biçimine elektroışıma (elektro lüminesans) denir.



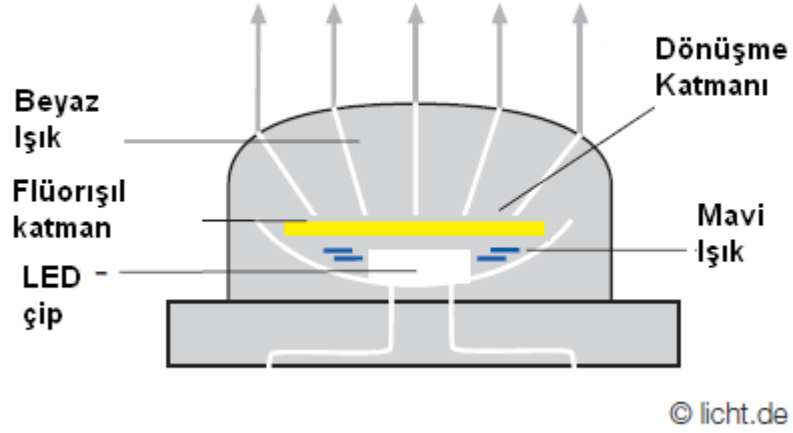
Şekil 51:LED'lerde Işımanın Gerçekleşmesi

Yayımlanan ışığın dalga boyu dolayısıyla rengi, LED'in malzemesi ile ilgilidir. Ana renkler kırmızı, turuncu ve yeşil ile birkaç çeşit mavi tonudur. LED'in ana malzemesi ilk başlarda silikonken, artık daha etkin bir yarıiletken olan galyum arsenik kullanılmaktadır.

Beyaz ışık üretmenin yolu genellikle, görünür tayfsal alanın (380-780nm), kısa dalga boylu bölümünde ışık yayan bir diyotun, fosfor ile kaplanarak uzun dalga boylarında ışınım elde edilmesi ile gerçekleşir. Beyaz ışığın kalitesi, LED seçimi ve fosforun özelliklerine bağlıdır.

⁷⁷Bu bitişmenin kesiti İngilizce kaynaklarda "junction", Türkçe kaynaklarda "jonksiyon" olarak da adlandırılmaktadır.

Beyaz ışık genellikle ışııl bir dönüşüm ile elde edilir. Sarı fosfor katmanı çok ince bir şekilde mavi LED çipine uygulanır ve mavi ışıktan beyaz ışık yayımlatır⁷⁸.



Şekil 52: LED ve beyaz ışık eldesi-birinci yöntem

Diğer bir yöntem, UV bölgesinde ışıınım yayımlayan bir diyotun, fosfor ile kaplanarak görünür bölgede ışıınım yayımlamasını sağlanmaktır (flüorışıl lamba gibi).

Son yöntem ise, en az üç diyot kullanarak (genellikle kırmızı, yeşil, mavi renkli - RGB-LED), diyot ışıklarının uygun karışımı ile beyaz ışık elde edilmesidir. Üretim süreci karmaşık ve nispeten pahalıdır⁷⁹.

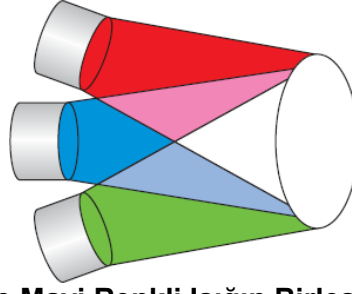
Bu yöntemlerin üstünlük ve sakıncaları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 5:LED'ler ile Beyaz Işık Eldesinde Sonuçlar

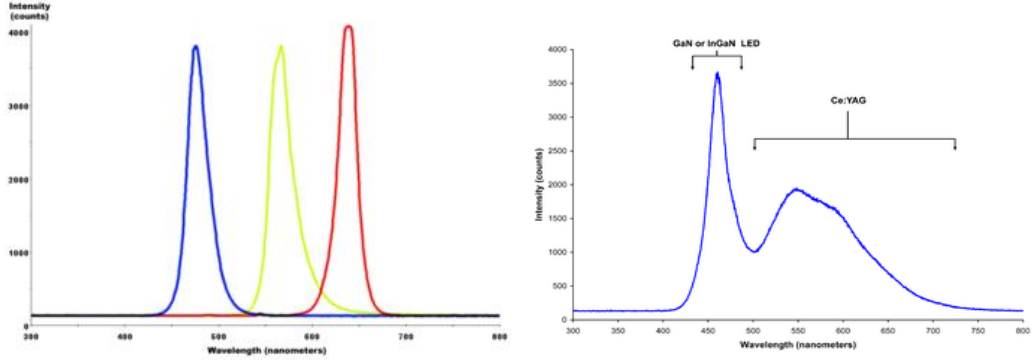
	Üstünlükleri	Sakıncaları
Yöntem 1	-İyi etkinlik faktörü -Farklı renk sıcaklıkları -Yüksek renksel geriverim	-Sınırlı renk olanağı -Hale efekti
Yöntem 2	-Düzgünlük -Farklı renk sıcaklıkları	-Daha düşük verim -Yüksek güce ulaşamama -UV ışıınımlarının önlenememesi
Yöntem 3	-Dinamik renk kontrolü -Farklı renkler oluşturabilme	-Elektronik kontrol zorluğu -Sıcaklık değişimlerinden etkilenme

⁷⁸ "LED: The Light of the Future", Licht.wissen, (2010), 19. http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf [09.04.2012]

⁷⁹ Jeanine Chrobak-Kando, "Mor Çipler LED Teknolojisiyle Güneş Işığını İç Mekanlara Getiriyor", **PLD Dergisi**. s. 42 (2012): 20.



Şekil 53: Kırmızı, Yeşil Ve Mavi Renkli Işığın Birleşimi İle Oluşan Beyaz Işık



Şekil 54: Mavi Yeşil Kırmızı -RGB- LED Tayfı ve Beyaz LED Tayfı

İlk yöntem ile üretilen LED'lerin CRI değeri 80'e ulaşır. Birçok uygulamada kabul edilebilir performans verir ancak verdiği ışık, tayf alanının yeşil ve kırmızı kısımlarını içermez⁸⁰. Bu durum, bu ışık kaynakları tarafından aydınlatılan renkleri algılama şeklimizi bozar. Bu ışıkla aydınlatılan kırmızı bir elmanın neredeyse kahverenginde algılanır. Müzelerde nesnelerin öz renginde algılanması çok önemli olduğundan bu sakıncalı bir durumdur. Ayrıca şekil 54'de görüldüğü üzere tayfın mavi bölümünde uç noktaya ulaşmaktadır. LED'in bu özelliğinden ötürü Van Gogh tablolarında sarı bölümlerde, kahverengileşme olduğu yönünde izlenimler edinilmiş; bu da bir araştırmaya neden olmuştur⁸¹. Yine de karşılaştırmalar göstermiştir ki, LED lambalar, flüorışıl lambalara göre daha zararsızdır. Ancak LED'in verdiği beyaz ışığın tayfın mavi kısmında tepe noktasına ulaşmasının göz sağlığı açısından da zararlı olabileceği yönünde araştırmalar bulunmaktadır⁸².

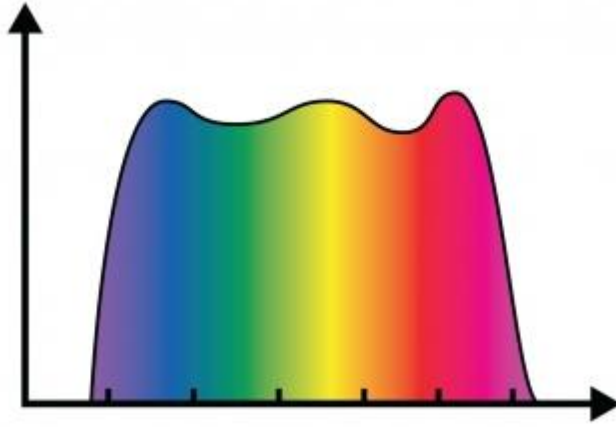
LED'lerin CRI değerini yükseltmek adına yeni çalışmalar yapılmaktadır. Mitsubishi Chemical Corporation; mor çip tabanlı ürünler üzerine kırmızı, yeşil, mavi fosfor kaplama yolu ile CRI değerini 98'e çıkartmıştır. Bu yöntem VxRGB yöntemi denilmektedir⁸³. Sonuç olarak eşit dağılımlı bir ışık tayfı oluşturulmaktadır.

⁸⁰ age, 22.

⁸¹ Konu ile ilgili detaylı bilgi için bakınız EK 2.

⁸² Susanne Brenninkmeijer, "LED'ler her şeyi yapabiliyor mu", **PLD**, s. 45 (2013): 20.

⁸³ age, 22.



Şekil 55: VxRGB yöntemi sonucu elde edilen ışık tayfı eşit dağılımlıdır (CRI 98)

LED'ler doğru akımla çalışırlar (DC). Bu nedenle şebekeden gelen alternatif akım (AC)'ın doğru akıma çevrilmesi gerekmektedir. Bu işlemi yapan sürücülerdir (driver). LED sistemleri farklılaştıkça diğer ek parçalar da devreye girmektedir. Sonraki bölümlerde detaylı inceleme yapılacaktır.

8.2 LED'lerin Kronolojik Tarihi⁸⁴:

1907: İngiliz deneyci Henry Joseph Round inorganik maddelerden elektrik akımı geçirildiğinde ışık yayımladıklarını keşfetmiştir.

1921: Rus fizikçi Oleg Vladimirovich Losev tarafından elektroışıltıma yeniden incelenir. Çünkü Einstein'ın foto-elektrik etkisine zıt olduğunu düşünmektedir. 1942 yılına dek bu olgu üzerinde çalışır.

1935: Çinko sülfür tozundan geçirilen elektrik akımı sonucunda elde edilen ışık George Destriau tarafından bir raporda Rus fizikçi onuruna "Losev Işığı" olarak tanımlanmıştır.

1951: Transistörün geliştirilmesi ile yarıiletken fiziğinde büyük bir atılım gerçekleşmiş olur. Işığın ışıması artık tanımlanabilmektedir. Önceleri fizikçiler çinko sülfür ile deneylerini yapmayı sürdürmüşlerdir. 1959'a kadar aydınlatma araştırmaları yarıiletkenler üzerine odaklanmamıştır. Karma kristal galyum arsenit (GaAs) ve galyum fosfit (GaP) ten ışık yayımlanmıştır.

1962: İlk kez kırmızı ışık veren diyot (GaAsP) Amerikalı bir fizikçi olan Nick Holonyak tarafından geliştirilir ve piyasaya sürülür. Bu gelişme endüstriyel olarak iletilen LED'lerin doğuşu olarak kabul edilir.

⁸⁴ Licht.wissen, **age**, 21.

1971: Yeni geliştirilen yarıiletken malzemeleri sayesinde ışık yayımlayan diyotlar yeni renklerle bulunmaktadır (yeşil, turuncu, sarı). Aynı zamanda LED performansı ve verimi ile ilgili istikrarlı ilerlemeler gerçekleşmektedir.

1980'ler ve erken 1990'lar: Yeni yarıiletken malzemesi galyum nitrür (GaN) mor ötesine doğru yeşil tonları verir ve mavi LED'lerin önünü açar. 1993 yılında Japonya'da Shuji Nakamura ticari olarak başarılı ilk parlak mavi LED'i icat eder. Bu icadından sonra Nakamura, indiyum galyum nitrid (InGaN) LED yani çok verimli yeşil diyot sonrasında da beyaz LED'i de geliştirmiştir.

1995: Fosfor maddesi kullanılarak beyaz ışık üreten ilk LED sunulmuş ve iki yıl içerisinde piyasaya sürülmüştür.

2006: Artık 100lümen/Watt verimliliğindeki ilk LED'ler vardır. Bu verimlilikleri sadece gaz boşalmalı lambalar tarafından aşılmıştır.

2010: Verimlilik 208lümen/Watt'a çıkartılmıştır.

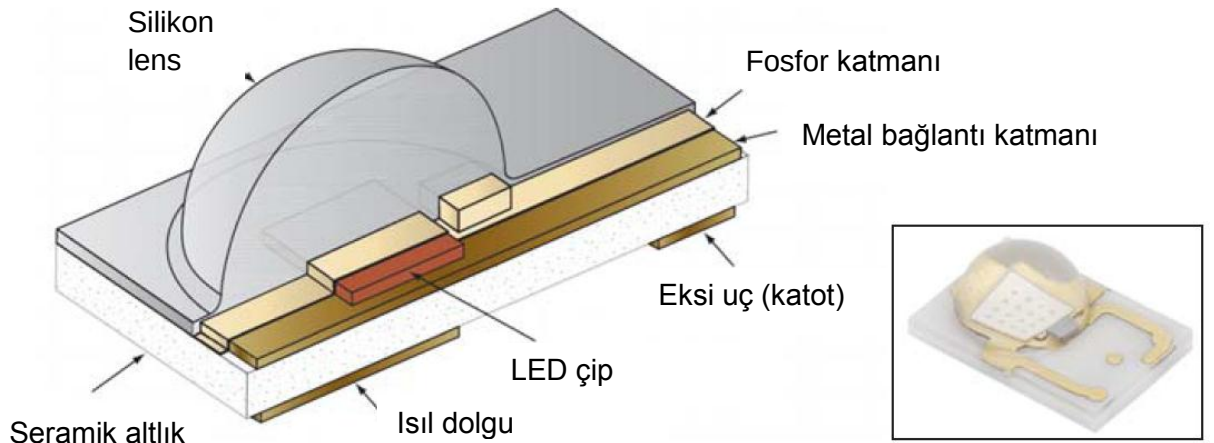
2011: Verimlilik 231lümen/Watt değerine ulaşmıştır.

LED'lerin verimleri gittikçe artmaktadır. Günler geçtikçe de daha çok uygulamalarda yerini almaktadır.

8.3 Belirteç ve Aydınlatma Tipi LED'ler

LED'ler temelde "sinyalizasyon tipi LED" (indicator type) ve "aydınlatma tipi LED" (illuminator type) olarak ikiye ayrılır.

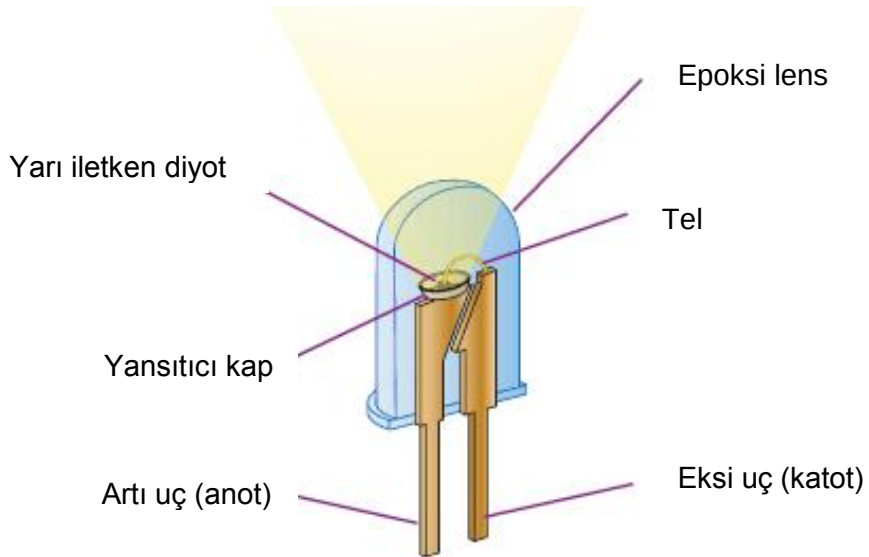
Aydınlatma tipi LED'ler; HB-LEDS (high-brightness LEDs), HP-LEDS (high power LEDs) gibi isimler almışlardır. 1W ve üzeri kullanıma sürülen tipleri bulunur. Yüksek ışık akıları sebebi ile aydınlatma tipi LED'ler olarak sınıflandırılırlar. Akım düzeyleri (350mA ve yukarısı) tel bacaklı LED'lere göre çok yüksek olduğundan özel sürücü devreler ile kullanmak gerekir. LED lambalar ve LED ışıklıklar içinde kullanılmakta olan LED çeşididir.



Şekil 56: Aydınlatma Tipi LED Yapısı

Yüksek güçlü LED'ler (high power LED), öncelikle 1W gücü ve 350mA akımla çalışan tipi ile piyasaya girmiş; daha sonrasında 3W ve 5W çeşitleri geliştirilmiştir. Bu LED'ler daha küçük boyutlarda artık üretilmektedir. Bunlar, bir kibrit çöpü başından biraz daha büyüktür ve ışıksal verimi 100 lümen / Watt'tır⁸⁵. (2012 yılı LED konferansında 160lm/W bilgisi verilmiştir.)

Belirteç tipi LED'ler düşük güçlü (low voltage) LED'lerdir. Çalışma akımları 20 mA ve 70 mA arasındadır. Çalışma gerilimleri, kırmızının 1.5V, sarının 1.8V, yeşilin 2.2V civarındadır. Verdikleri ışığın rengi ve ışığın dalga boyu; yapılarındaki kullanılan katkı maddelerinin oranlarına bağlıdır. Katkı maddeleri ve oranları değiştirilerek istenilen renk ve istenilen dalga boyunda ışık veren LED diyot yapılabilir.



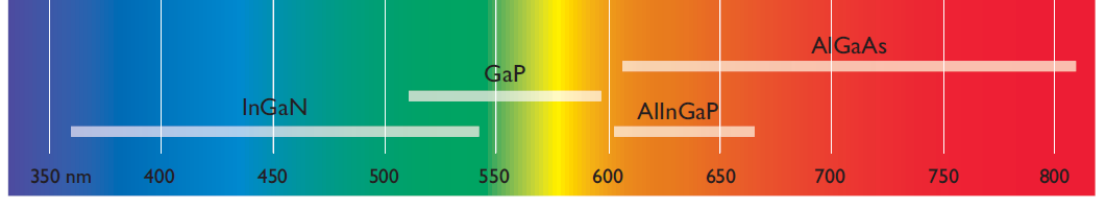
Şekil 57: Belirteç Tipi LED Yapısı

Belirteç tipi LED'lerde kullanılan malzemeler galyum fosfat (GaP), alüminyum galyum arsenür⁸⁶ (AlGaAs) ve galyum arsenür fosfattır (GaAsP). Bu malzemeler ile

⁸⁵ age, 21.

⁸⁶ Arseniğin bir elementle oluşturduğu bileşik.

belirteç tipi LED'ler kırmızıdan, sarımsı yeşil rengine kadar dalga boyları üretebilmektedir. Aydınlatma tipi LED'lerde yeni malzemeler kullanılmaktadır, çünkü gerekli akım düzeyleri, ısı ve nemle başa çıkılması gerekmektedir. Kullanılan bu malzemeler, alüminyum indiyum fosfat (AlInGaP) ve indiyum galyum nitrit (InGaN)tir⁸⁷.



Şekil 58: Tayf üzerinde, kullanılan malzemeye göre yayımlanan renkler

Tablo 6: Diyot Malzemeleri ve yaydıkları ışık renkleri⁸⁸

Yarıiletken diyot malzemesi	Simgesi	Rengi
İndiyum galyum nitrit	InGaN	Yeşil, mavi (beyaz)
Alüminyum indiyum galyum fosfat	AlInGaP	Kırmızı, turuncu, sarı
Alüminyum-galyum arsenit	AlGaAs	Kırmızı
Galyum arsenit fosfat	GaASP	Kırmızı, turuncu, sarı

8.3.1 LED çeşitleri ve Kullanım Alanları

8.3.1.1 T Tipi LED'ler – Tel bacaklı ve Superflux LED'ler

Tel Bacaklı LED'ler (wired LED, radial LED), düşük güçlü LED'lerdir. LED çipi, plastik kılıf içinde, darbelere karşı korunmaktadır. Ayrıca çipin çevresinde bir yansıtıcı bulunur. Bu tip LED'ler belirteç tipi LED'lerdir. Artı kutup bacağı uzun, eksi kutup bacağı kısadır. Düşük ışık akılarından ötürü aydınlatma amaçlı kullanılmazlar, genellikle sinyalizasyonda kullanılırlar. Elektronik alanda çok yaygın kullanıldığı için, günümüzde en çok bilinen LED çeşididir. Düşük güçlü LED'ler (low power LED), dar tepe açılı (15-30 derecelik), 3 ve 5mm boyutlarındadırlar. Genellikle iki bacaklıdırlar. 20-100mA arasında değişen akımlarda çalışırlar.

⁸⁷ Jonathan Weinerd, **LED Lighting Explained**, (ABD: Philips, 2010), 18.

⁸⁸ "LED: The Light of the Future", Licht.wissen, (2010), 21. http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf [09.04.2012]



Şekil 59: Tel Bacaklı LED

Superflux LED'ler (spider/piranha LED) genellikle otomotiv sektöründe kullanılırlar. Tel bacaklı LED'lere göre daha geniş tepe açılı (90-130 derece) ve dört bacaklıdır. Genellikle 70mA akımında çalışırlar.



Şekil 60: Superflux LED

8.3.1.2 COB LED (Chip On Board LED)

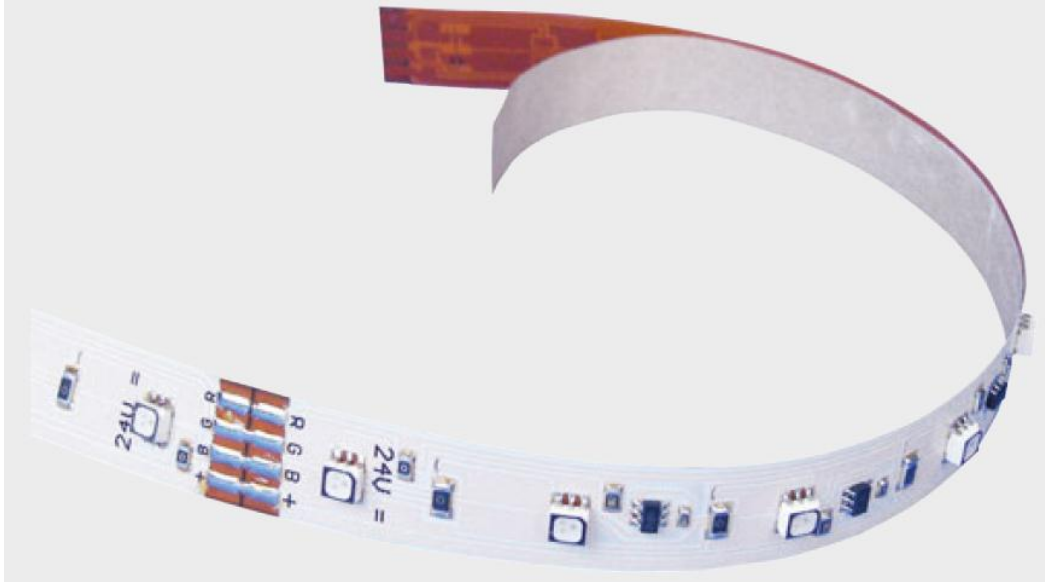
COB LED'ler, "chip on board" olarak adlandırılan, elektronik karta yerleştirilen LED çipleridir. Yüksek güçlü LED (*high power LED*) modüllerde kullanılırlar. LED çip, doğrudan baskı devreye (*PCB*) yerleştirilmiştir. Üzerlerine uygulanan epoksi lensler ile tepe açıları belirlenmektedir. Bu açılar dar veya geniş olabilmektedir.



Şekil 61: COB LED

8.3.1.3 SMD LED (Surface Mounted Device)

SMD LED'ler, küçük boyutlu ve toplu üretimi yapılan ürünlerdir. Doğrudan baskı devreye lehimlenerek yerleştirilirler. Tel bacaklı LED'ler gibi kılıflanmışlardır. LED modul ve LED ışıklıklarda en çok kullanılan tipteki LED'lerdir. SMD modelleri hem düşük güçlü hem yüksek güçlü LED'ler için uygunluk göstermektedir. Oldukça sığ ve dar yapılı yüksek performanslı modüllerin üretimine imkan verirler.



Şekil 62: SMD teknoloji esnek LED modülü



Şekil 63: SMD LED örneği

Şerit LED (Strip/Flex LED)'lerde kullanılan SMD LED'lerdir. Düşük akımla çalıştıkları için ısınmazlar ve soğutucuya gereksinim duymazlar. Tüm LED'ler gibi sürücü (LED driver) ile çalışırlar. İç mekan ve dış mekan kullanımı için farklı sürücüler vardır. Tam verim alabilmek için sürücü; şerit ölçüsüne, LED sayısına göre yapılacak akım hesabına göre seçilmelidir. Şerit LED'ler mekanlarda; tavan, duvar, zemin uygulamalarının yanı sıra, ürün aydınlatmasında, mobilya içlerinde, aydınlatma ile yapılan vurgularda, tabelaların ışıklandırmasında kullanılırlar.

İnce uzun şeritlerin üzerine SMD LED'lerin montajı şeklinde üretilir. Esnek, bükülebilir ve uzun ince yapısı sayesinde kesintisizdir. Bu nedenle gizli aydınlatmalarda kullanıldığında olumlu sonuçlar verir. Dış mekan ve iç mekan

kullanımına uygun farklı tipleri bulunur. Dış mekan kullanımına uygun LED'ler silikon kaplı, dayanıklılığı fazla, su geçirmezdir.

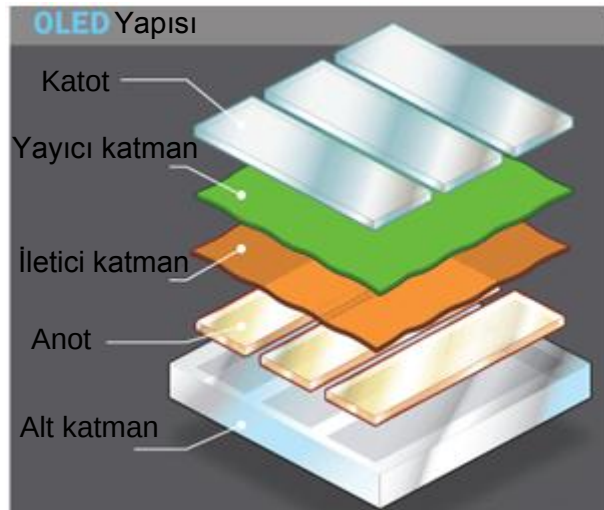
Şerit LED'lerde bulunan SMD LED'lerin tek veya üç çipli çeşitleri vardır. Ömürleri uzun (labouratuvar ortamında 50000 saate kadar), verimleri yüksektir. Fazla ısınmazlar. Kırmızı, yeşil, mavi ve beyaz ışık verenleri vardır. Kullanımları kolaydır.

Şerit LED'lerin şerit halinde istenilen uzunlukta kullanılanlarının yanı sıra, modül halinde kullanılanları da vardır. Philips'in ürettiği "düğüm" biçimli şerit LED'lerle, her bir düğüm ayrı kontrol edilerek geniş cephelerde düşük çözünürlüklü video şovları da yapılabilmektedir.

8.3.1.4 LED Temelli Sistemler: OLED / pOLED

Yeni teknolojik gelişmeler sonucu, organik yollarla da ışık yayan LED'ler üretilmeye başlanmıştır. Bunlar, OLED, pOLED'lerdir. Işık yayan organik cihazlar, Ching Tang ve arkadaşları tarafından 1987 yılında keşfedilmiştir.

OLED'ler iki elektrot (anot ve katot) arasında kalan ve ışık yayan bir dizi ince film organik katmandan oluşur. Elektrik verildiğinde ışık yayan bileşen, organik moleküllerden yapılmış ince filmdir. LED gibi, OLED de katı bir yarıiletken oluşumdur. OLED'ler molekül ağırlığı düşük organik malzemeler (SM-OLED) veya polimer bazlı materyalden (PLED, LEP) oluşur. OLED'lerin avantajları özellikle hafif, ince, esnek alttabanların üzerine büyütülebilmeleri ve maliyetlerinin düşük olmalarıdır⁸⁹.



Şekil 64: OLED yapısı

⁸⁹ Elif Altürk Parlak, "Organik Işık Yayıcı Diyotlar", 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler, 14-15 Nisan 2011 (İstanbul: IDTM, 2011): 1.

pOLED (Polimerik OLED)'lerde, elektron iletimi sağlayan polimerler ve boşluk iletimi sağlayan polimerler bir veya birden fazla tabakaya sahip olabilir. p katkılı ve n katkılı yarıiletken çok ince polimer tabakaları, taşıma polimerleri, anot ve katot arasında sandviç olarak kullanılabilmekte olup bu amaçla çoğunlukla yeni polimerik yapılar sentezlenmektedir.

Günümüzde gösterge, cihaz ekranları vb. alanlarda kullanılan OLED'lerde, son zamanlarda Osram ve Novaled ticari ürünlerinde olduğu gibi özellikle aydınlatma uygulamalarına doğru gidildiği görülmektedir⁹⁰.

OLED'lerin performans olarak üstünlüklerine karşın organik aktif malzemelerin ömrünün kısıtlılığı ve üretiminin pahalı olması dezavantajdır⁹¹.

8.4 LED'ler ve Aydınlatma

İstenilen aydınlatmayı tek başına bir LED'in vermesi nadirdir. Bu nedenle genellikle bir sistem oluşturulmaktadır. Birkaç LED'in birlikte bir elektronik devrede bir araya geldiği LED modüller geliştirilmiştir. LED modüller doğrudan uygulamalarda kullanılabildiği gibi, lamba ve armatür (ışıklık) içerisine yerleştirilerek de kullanılmaktadırlar.



Şekil 65: Solda T Tipi LED, Sağda LED Modül



Şekil 66: Solda LED Lamba, Sağda LED Işıklık

⁹⁰ age, 2.

⁹¹ Alper Ülkü, Hazan Günay, Suat Ekmen, "Sıvı Kristal ve Organik Işık Yayıcı Ekranların Askeri Hava Platformu Ortam Şartlarında Kullanım Yönünden Analizi", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler**, 27-30 Eylül 2012 (İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012): 10.

8.4.1 LED Modüller

LED modüller, lamba veya ışıklık olarak sınıflandırılmazlar. Genellikle bağımsız uygulanabilirler veya ışıklık içlerinde kullanılabilmektedirler. Bir veya birden fazla ışık yayan diyotun, baskılı devre kartı (PCB-printed circuit board) üzerine monte edilmesiyle elde edilen ışık kaynağıdır⁹². Kullanım yerine göre farklı tipte LED çeşitleri ile üretilmektedirler. Doğrusal, esnek ve düzlemsel LED modülleri bulunmaktadır. Doğrusal (linear) LED modüller wall washing olarak mimari aydınlatmada kullanılmaktadır. Esnek (flexible) LED modüller, kıvrımlı ve köşeli alanlarda kullanım için uygundur. Genellikle SMD tipi LED'ler ile üretilmektedirler. Korkuluk aydınlatmasında bu tip LED'lerin kullanımına rastlanmaktadır. Düzlemsel (planar) LED modüller, kullanıma hazır LED panellerde kullanılmaktadırlar. Tamamı aydınlatılmış tavanlarda, aydınlatma tuğlaları biçiminde uygulanmaktadırlar.



Şekil 67: Esnek LED modüller



Şekil 68: Doğrusal LED modül

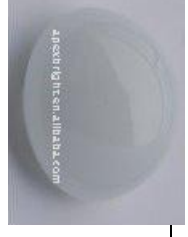
Bir LED modülün, sürücü devresiyle birlikte oluşturduğu bütün, LED ışık motoru (LED light engine) olarak adlandırılır. Işık motorlarının, birbirlerinin yerine kullanımlarını (interchangeable) amaçlayan standartlaştırma çalışmaları çeşitli kurumlarca yapılmaktadır (örneğin Zhaga Consortium⁹³).

8.4.2 LED Lambalar

LED lambaların üretilme amacı, var olan diğer lambaların yerine kullanımının amaçlanmasıdır (retrofit lamps). LED lamba duyları var olan soketlere uyacak biçimde üretilir. Örnek duylar: E14, E27, GU5.3, GU10

⁹² "LED: The Light of the Future", Licht.wissen, (2010), 22. http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf [09.04.2012]

⁹³ <http://www.zhagastandard.org>

					
Lamba Duyu	Soğutucu	Sürücü	Baskı Devre	LED çipi	Lamba Kabı
Lamp Base	Heat Sink	Driver	Aluminum PCB	LED Chip	Lamp Shade

Şekil 69: LED Lamba Parçaları

8.4.3 LED Işıklıklar

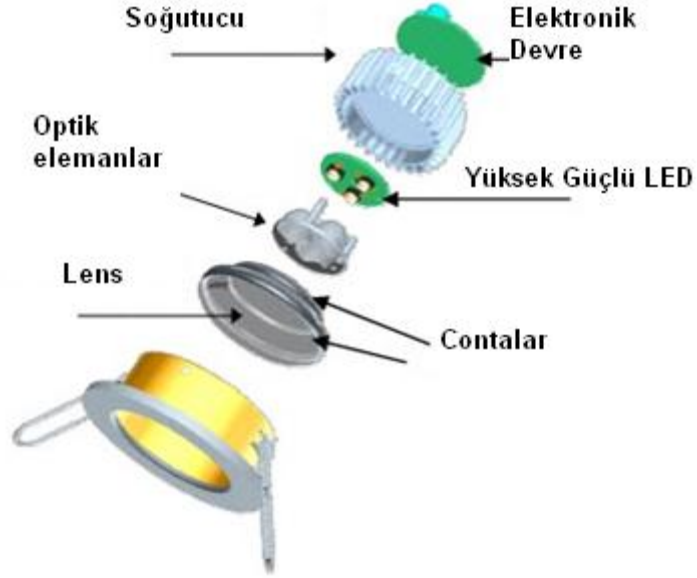
LED ışıklıklar, LED lambalardan farklı yapıdadır. Standart duyları yoktur. LED bileşenlerinin baskı devre ve optik elemanlarla birlikte tasarlanması ile üretilirler. Sürücü, ışıklık içinde veya dışında yer alabilir. Işıklık tasarımlarında genellikle kullanılan bileşenlerden difüzör yine bu sistemde bulunabilir. Işıklıkta kullanılan LED tipine göre soğutucu yüzeyler de tasarlanmaktadır.

				
DEVRE 0 LED ÇİPİ	DEVRE 1 LED (DİYOT)	DEVRE 2 BASKI DEVRE ÜZERİNDE LED'LER	DEVRE 3 OPTİK ELEMANLAR VE SÜRÜCÜLER	DEVRE 4 TAMAMLANMIŞ LED ARMATÜRÜ

Şekil 70: LED Işıklık Üretim Aşamaları⁹⁴

LED ışıklık tasarlanırken, gerçek çalışma koşullarından ötürü kimi kayıplar söz konusudur. Örneğin verimi 160 lm/W olan bir sistem, gerçek çalışma koşulunda 90 lm/W değerine düşebilir. Bunun nedeni sürücüden ötürü meydana gelen kayıp, ısı kayıp, optik kayıptır. Sistem verimi, bu kayıplar göz önünde bulundurularak netleştirilir.

⁹⁴ "LED: The Light of the Future", Licht.wissen, (2010), 23. http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf [09.04.2012]



Şekil 71: LED Işıklık Parçaları

8.5 LED Sistemlerinde Ek Parçalar

8.5.1 Sürücü (driver)

LED'ler yüksek akım çektikçe ısınmaktadırlar. Ömürleri azalmaktadır. Bu nedenle sabit akım kaynakları diye adlandırılan LED sürücüler ile beslenmelidirler. Sürücüler şebekeden gelen alternatif akımı, LED'lerin çalışması için gereken sabit akıma çevirirler. Bu dönüşüm %100 değildir. Standart sürücü verimleri %80-90 civarındadır. Bu nedenle, sürücülerin verimi yüksek olanları tercih edilmelidir.

8.5.2 Lens (kap), Reflektör

LED'lerin ışık dağılımını iyileştirmek ya da ışığı uzak bir noktaya odaklamak gerektiğinde lensler kullanılır. Her uygulama için değişik açılar kullanmak gerekir.

8.5.3 Soğutucu (heat sink)

Devrelerin jonksiyon (*junction*) yani birleşim noktasında meydana gelen ısının azaltılması için soğutucular kullanılır. Yüzey alanı artırılarak, ısının daha çok yüzeye yayılması ve ortalamasının düşürülmesi sağlanır. SMD LED'ler küçük akımda çalıştıkları için ısınma problemleri olmaz ve soğutucu kullanılmaz.



LED lambada soğutucu



LED ışıklıkta soğutucu

Şekil 72: Soğutucu

8.6 LED Teknolojisinin Avantajları ve Dezavantajları

LED'lerin ışık akıları; jonksiyon sıcaklığı, sürme akımı gibi faktörlere bağlıdır. Çoğu üretici firma kataloglarında, 25 santigrat derece jonksiyon sıcaklığında elde edilen ışık akısını vermektedirler. Işık akısı sıcaklık artışı ile düşmektedir. Çalışma koşullarında sıcaklık 25 santigrat dereceden fazla olabileceği için, çalışma sıcaklığı belirlenip bu sıcaklığa göre belirlenen ışık akısı değerleri kullanılmalıdır. LED'ler dimmerlenebilirler⁹⁵. Neme, suya, toza karşı dayanıklı olan çeşitleri geliştirilmiştir. LED kullanılan ışık kaynakları, diğer ışık kaynaklarına göre şok ve titreşimlere karşı dirençlidir. Hareket eden veya kırılabilir parçaları bulunmamaktadır. Dayanıklılırlar. LED'li ışık kaynakları, son yıllarda aydınlatma endüstrisinde bir devir açmıştır. LED'ler ile renk tayfındaki tüm renkler üretilebilir.

LED'lerin küçük boyutlu olmaları yer yer kullanım alanı ile ilişkili olarak avantaj sağlamaktadır. Bu açıdan müzeler için çok avantajlı görünmektedir. LED'lerin ışıklılığı kamaşma problemlerine sebep olmaktadır. Bu nedenle yeni yansıtıcı ve anti-kamaşma teknolojisi geliştirilmiştir.

LED'lerin anahtarlarının sık sık açılıp kapanması ile ömürlerini etkilemez. LED'ler tam ışıklılık değerlerine hemen ulaşmaktadırlar. Fiziksel olarak dayanıklılırlar. Uzun ömür vaat etmektedir.

Cıva bulundurmazlar. Çevre için ve geri dönüşüm açısından daha iyi bir seçimdir. Üretim hatalarına ve ani bozulmalara yer yer rastlanabilmektedir (özellikle retrofit denilen geleneksel aydınlatma sistemlerinin yerine takılabilecek özelliği olan lambalarda).

⁹⁵ Dimmer, ışık akısını azaltır.

Elektrik fiyatları günden güne artmakta olduğu için, düşük güç tüketimi önem kazanmaktadır. LED'ler düşük güçte yüksek ışık akısı vermesinden ötürü tercih nedeni olmaktadır.

LED'lerin renk sıcaklıkları 2700K ile 6500K arasında değişebilmektedir. LED'ler renk sıcaklığında bir değişim olmadan dimmerlenebilmektedirler⁹⁶.

Günümüze kadar renksel geriverim indislerinde CRI=98 değerine kadar ulaşılabilmiştir. Ancak her LED kaynak için bu durum geçerli değildir, üreticilerden bilgi alınmalıdır.

UV ve IR ışınimleri üretmezler. Bu açıdan da müzelerde kullanım için çok avantajlı bir ışık kaynağı durumundadırlar.

Standartları tam olarak oluşturulamamıştır. İyi bir ısı tasarımı gerektirmektedir. Fiyatları yüksekliğini korumaktadır, ancak üreticilerce, belli bir süre zarfında yatırım giderini amorti ettiği bildirilmektedir.

LED'lerde kullanılan kimyasallardan bazıları toksiktir. Sızdırmazlık ve alev önleyici özelliklerin sağlanabilmesi için bazen toksik malzemelerin kullanılması zorunlu olmaktadır. Bu zorunluluğun azanltılabilmesi için çevreci maddelerin kullanılabilmesi ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır⁹⁷.

Tablo 7: Işık Kaynaklarının UV Yayımlı Karşılaştırması⁹⁸

Işık kaynağı	mW/lm
LED ılık beyaz, Ra 90	0,149
QT12-RE (UV filtreli)	0,159
QT12-RE	0,169

8.7 LED Performansı

Bir LED sisteminin performansı üç grup bileşene bağlıdır. Bunlar; optik LED bileşenleri, elektriksel LED bileşenleri, mekanik ve ısı (termal) LED bileşenleridir.

LED lamba ve LED ışıklıklar; optik nedenli kayıplar, elektriksel kayıplar ve ısısal kayıplar göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Sistem iyi düşünülmelidir.

⁹⁶ Aydınlatma Uzmanı Joe Geitner (George Sexton Associates) ile yazışma. 21.05.2012

⁹⁷ Cengiz Öztunç, Lukas Kamasz, "LED Sektöründe Kullanılan Kimyasallar", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler, 27-30 Eylül 2012** (İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012): 13.

⁹⁸ ERCO, **Light For Museums**, (2012): 13.

http://www.erco.com/download/data/30_media/61_erco_light_for_museums/en_erco_lightfor_museums.pdf [04.02.2013]



Şekil 73: LED'lerin Bileşenleri

Performans göstergeleri; ışık akısı (lumen) ve verim (lumen/Watt); renk sıcaklığı ve renksel geriverim indisi; kullanım ömrü ve ışık dağılımına bakılarak ölçülür.

Optik bileşenlerde zamanla sararma buna bağlı olarak verimde düşüş ve ışık kaybı görülebilmektedir. Sürücüler, genel sistemin verimliliğini oldukça etkilemektedirler.

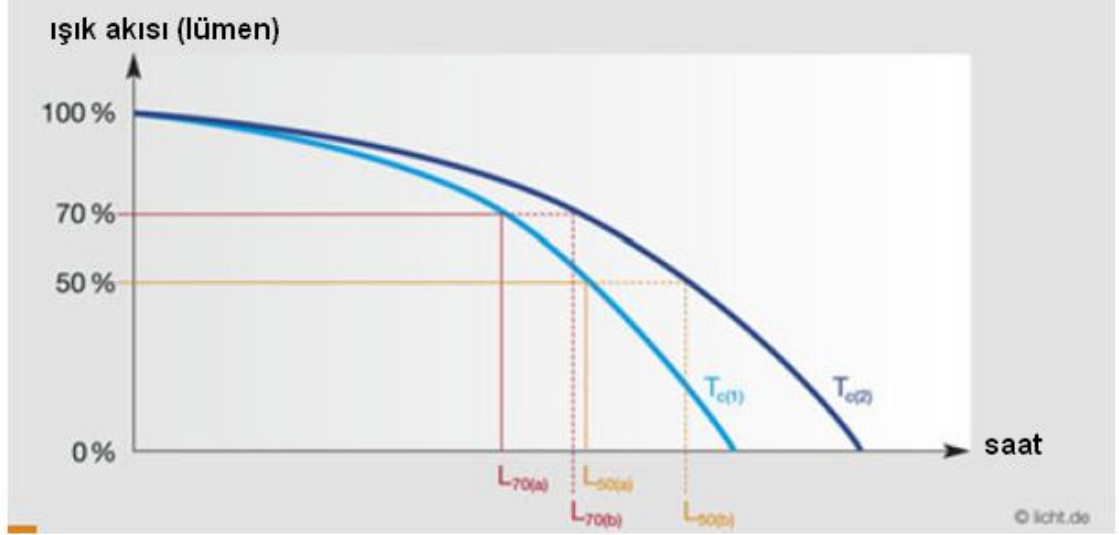
	Şehir/Sokak	Ofis	Mağaza	Otel/Konut	Müze	Acil Durum Aydınlatması
LEDler						
2010	• •	•	•	•	• •	• •
3 yıl içinde	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •	• • •
10 yıl içinde	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •	• • • •
Fluoresan Lambalar						
2010	•	• • • •	• •	• •	• •	• •
3 yıl içinde	•	• • •	• •	• •	• •	•
10 yıl içinde		• •	• •	• •	• •	
Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar						
2010	• • • •		• •			
3 yıl içinde	• •		• •			
10 yıl içinde	•		•			
Yüksek Yoğunluklu Deşarj Lambaları						
2010	• • •		• •		•	• •
3 yıl içinde	•		• •		•	
10 yıl içinde			•		•	
Halojen Lambalar						
2010		•	• •	• • • •	• • •	
3 yıl içinde			•	• •	• •	
10 yıl içinde				•	•	

Şekil 74: LED kullanım sıklığının yıllar içindeki tahmini seviyeleri⁹⁹

LED'lerin ışık akılarında belli oranda azalma olursa, ömrü tükenmiş kabul edilir. Bu azalmanın miktarı L (lifespan) kısaltması ile gösterilir ve ışık akısının 100 üzerinden düştüğü değer ile belirtilir. Kabullere göre, güvenlik aydınlatması için ömür L80 (ışık

⁹⁹“LED: The Light of the Future”, Licht.wissen, (Germany, 2010): 8.
http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf
 [09.04.2012]

akısı %80 miktarında), genel aydınlatma içinse L70 ve L50 değerleri kabul görmektedir. Bir LED'in ömrü, çip üzerinde oluşan ve çevreye verilen sıcaklığa bağlıdır. Eğer bir LED yüksek sıcaklıkta çalıştırılırsa ve ısı tasarımı zayıfsa, ömrü kısalmır (Şekil 70, T_{c1}). LED'li ışık kaynaklarında uzun ömrün sağlanabilmesi için, sistemde yer alan tüm bileşenlerin de uzun ömürlü olması gerekmektedir, yoksa sistemin ömrü sınırlanacaktır¹⁰⁰.



Şekil 75: Ömür Grafiği¹⁰¹

Soğutucu ısı transferini sağlar. Kötü tasarlanırsa diğer bileşenlere zarar verir. LED'lerin ısı yönetimi soğutucu ile sağlanır. LED'ler yarı iletken teknolojisi ürünü oldukları için ısı, performanslarını direkt olarak etkilemektedir¹⁰². Çip üzerindeki ısıyı havaya transfer etmek gerekir. Yoksa sistem verimi ve ömrü azalacaktır.

Kullanılan LED ve baskı devrenin özellikleri de önem taşımaktadır. Termal direnç ve iletkenlik bakımından uygun devre seçilmelidir. Baskı devre ve soğutucu arasındaki termal malzeme seçimi de oldukça önemlidir. Çip üzerinde oluşan sıcaklık ile çevreye verilen sıcaklık arasında iletim başarısı çok önemlidir. Düşük termal direnç ve iyi ısı akışı gereklidir. Çünkü sıcaklık arttıkça lümen değeri düşmektedir. LED'ler aşırı sıcaklığa maruz kaldıklarında karakteristik özellikleri değişir. Sıcaklık nedeniyle sürücü performansı da negatif yönde etkilenmektedir.

Akım değişikliklerinden ötürü LED'in parlaklığı da değişebilir. LED'i kaplamak için kullanılan malzemelerin geçirgenliği zaman içinde değişebilir.

¹⁰⁰ Lighting Industry Liaison Group, **Guidelines for Specification of LED Lighting Products**, (2011): 3. <http://greenpages.pld-a.org/wp-content/uploads/2011/06/LED-Specification-guide-2011-Final.pdf> [21.06.2012]

¹⁰¹ Licht.wissen, **age**, 20.

¹⁰² Canberk Tonguç, "LED Aydınlatma Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler, 27-30 Eylül 2012** (İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012): 11.

9. LED'Lİ IŞIK KAYNAKLARININ, GELENEKSEL IŞIK KAYNAKLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

LED'ler, sürücü ile; düşük gerilimli halojen lambalar transformatör ile; flüorışıl lambalar durultucu (balast) ve başlatıcı (starter) ile çalışabilmektedir. Yani farklı ek parçalara sahiptirler.

Ömürleri, tepe açıları, yayımladıkları zararlı ışınım ve miktarları birbirinden farklılıklar göstermektedirler.

Geleneksel ışık kaynaklarında üretilen ısı genel olarak ışıınım (radyasyon) yolu ile transfer edilirken; LED ışık kaynaklarında üretilen ısı iletim yoluyla transfer edilmektedir¹⁰³.

Renksel geriverim ve renk sıcaklıkları çeşitlidir. Detaylı karşılaştırma Tablo 9'da incelenebilir.

Tablo 8: Işık kaynaklarının tipik çalışma ömürleri¹⁰⁴

Lamba Tipi	Ortalama Ömür (saatx10 ³)
Akkor Lamba	0.75-1.5
Halojen Akkor	2-2.5
Kompakt Flüorışıl	6-12
Beyaz Işıklı LED	50 ¹⁰⁵

LED'lerin ışıksal verimi yüksektir. Az enerji ile yüksek ışık akısı yayımlarlar. Dolayısıyla, akkor lambaların yerini alması amacıyla enerji tasarrufu sağlanan kompakt flüorışıl lambalardan daha az enerji tüketir.

LED'ler flüorışıl lambaların aksine rejime hemen girerler. Halojen akkor lambaların aksine, darbeye, şoka ve titreşime dayanıklıdır.

LED'lerden yayımlanan ışık rengi, yapıldığı malzeme ile ilgili olarak belirlenebilir. Dolayısıyla renkli ışık elde etmek için bir filtre kullanmaya gerek yoktur. Geleneksel

¹⁰³ Onaygil, **age**, 18.

¹⁰⁴ James Druzik, Stefan Michalski, **Guidelines for Selecting Solid-State Lighting for Museums**, (Getty/Canadian Conservation Institute, 2012): 11.

¹⁰⁵ LED çipine göre verilmiş ömürdür. L70'e göre, yani aydınlık düzeyi %70'in altına inmesi ile ömür sınırlandırılmaktadır.

ışık kaynaklarında, renk filtresi kullanılmak zorundadır ve kullanıldığında ışık akısı azalır. LED'li aydınlatma sistemleri, bu özellikleri ile enerji tasarrufu sağlarlar¹⁰⁶.

LED'lerin ışık akıları ve ömürlerinin sıcaklık değişimlerinden geleneksel ışık kaynaklarına oranla çok daha fazla etkilendiği bilinmektedir. Optimum çalışma sıcaklıkları aşıldığında, LED'lerin bozulma, devre dışı kalma oranları da yükselmektedir¹⁰⁷. Dolayısıyla yüksek verimlerine karşın halen, geleneksel ışık kaynaklarına göre üstün konuma gelememektedir.

¹⁰⁶ Fagerhult, **LED-The Future Of Lighting**, (Sweden: Fagerhult, 2012), 10. <http://np.netpublicator.com/netpublication/n15057747> [12.07.2012]

¹⁰⁷ Sermin Onaygil, Berker Yurtseven, Niyazi Gündüz, Emre Erkin "Verimli LED Armatürü İçin Optik ve Isıl Tasarım Süreçleri", **8. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler, 14-15 Nisan 2011** (İstanbul: IDTM, 2011): 13.

İŞIK KAYNAĞI KARŞILAŞTIRMASI

*: Lamba kataloglarında

metrik sistemde

T16 tip olarak

adlandırılan

lamba tipine

T5; T26 tipine

T8; T38 tipine

de T12 olarak

da rastlanılır.

Örneğin Philips

firmasında T16

tip lamba T5

olarak

adlandırılmıştır.

16-26 ve 38

sayıları

milimetre

birimini; 5,8 ve

12 sayıları inç

birimini temsil

etmektedir.

T5, 5/8 inç, T8,

8/8 inç (1 inç);

T12, 12/8 inç

(1,5 inç)tir. Bu

boyutlar lamba

çapını ifade

etmektedir.

** :Akkor

lambaların

100W-60W

arası

çeşitlerinin

üretimleri

durdurulmuştur.

*** : [http://](http://www.lrc.rpi.edu/programs/solids)

[www.lrc.rpi.edu/](http://www.lrc.rpi.edu/programs/solids)

programs/solids

tate/assit/flicke

r.asp

Tablo 9: Işık Kaynakları Karşılaştırma Tablosu

ÇEŞİT	HALOJEN LAMBA		FLÜORİŞİL LAMBA					LED SİSTEM	
	AKKOR LAMBA	Düşük Voltajlı	Şebeke Voltajlı		Doğrusal Flüorışıl Lamba	Kompakt Flüorışıl Lamba			LED Şerit
			Reflektör	Lineer		T16*	T26*	T38*	
Tip	Noktasal kaynak	Noktasal kaynak	Reflektör	Lineer	Noktasal kaynak	Çizgisel kaynak	T16*	T26*	T38*
Stroboskopi etkisi	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok	Var (önlenebilir)	Var (önlenebilir)	Var (önlenebilir)	Var (önlenebilir)
İlk Tesis Masrafı	Düşük	Düşük	Orta Yüksek	Orta Yüksek	Orta Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek
Ömür (saat)	1000	4000	4000	2000	2500	8000	8000	8000	10000
Işık Akısı (lm)	220-715	900	6000	1280	1280	1200	1350	1000-	1000-
Güç (W)	25-60**	50	300	90	120	70	140	140	140
Sistemin gücü (W)	25-60	50	300	90	120	70	140	140	140
Işık salı Verim (lm/W)	9-12	18	20	14	93	93	80	80	80
Renk salı İzlenim	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak	Sıcak
Renk Sıcaklığı (K)	2700	3000	3200	2850	2950	3000	3000	3000	3000
Renk salı Geriverim Sınıfı (Ra)	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Renk salı Geriverim İndisi	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tayf	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün	Sürekli ve düzgün
Yarattığı Gölge Niteliği	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge	Sert gölge
Çalışma Gerilimi (V)	230	230	230	230	230	230	230	230	230
Rejime girme	Anında	Anında	Anında	Anında	Anında	Anında	Anında	Anında	Anında
Dayanıklılık	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı	Sarsıntıya Dayanıklı
Yanma Pozisyonu	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon	Her pozisyon
Ek Parça Cinsi	-	-	-	-	-	-	-	-	-

10. MÜZE AYDINLATMASINDA LED KULLANIMI

LED teknolojisi gelişmeye devam ettiği hızda, müze sergilemelerinde de yer bulmaya başlamıştır. Ancak, halen halojen lamba gibi ışık kaynaklarına tam olarak alternatif olamadığı bir gerçektir ve bu nedenle müze yönetimi veya aydınlatma uzmanlarının, kullanım konusunda tereddütleri bulunmaktadır.

10.1 LED Işık Kaynağı Kullanılan Müzelerden Örnekler

Tablo 10: LED Işık kaynağı Kullanılan Müzeler

Müze Adı	Koleksiyon Türü	Ülke / Kıta	LED Kullanımı
Anadolu Medeniyetleri Müzesi	Arkeoloji	Türkiye / Asya	Vitrin içi - Şerit LED'ler – metal, ahşap, taş eserler - LED modüller
Zeugma Müzesi	Arkeolojik	Türkiye / Asya	Mozaik eserler-Sıva üstü ve tavana gömme ışıklıklar
Yeşilçam Müzesi	Sinematografi	Türkiye / Avrupa	Fotoğraf, belgeler, makineler, balmumu heykeller- LED Spot
Topkapı Sarayı Müzesi	Saray Eşyaları	Türkiye / Avrupa	Saat ve Silah Seksiyonu- Süreli sergiler- Kutsal emanetler
Sabancı Müzesi	Sanat	Türkiye / Avrupa	Süreli sergiler – şerit LED, LED lamba
Sadberk Hanım Müzesi	Sanat-Arkeoloji	Türkiye / Avrupa	Sürekli sergiler-şerit LED
Brooklyn Museum	Sanat-Arkeoloji	ABD / Amerika	Birkaç vitrin içi sergilemesi şerit LED
Museum Of Modern Literature	Edebiyat	Almanya/ Avrupa	Vitrin içi- LED- Edebi döküman ve belgeler ¹⁰⁸
Gallery Magnus Carlsson	Güncel Sanat	İsveç / Avrupa	Süreli Sergiler-Spot-Wall washing-LED ışıklık

¹⁰⁸ Joachim Fischer, **Licht**, (h. f. Ullmann, 2008): 180-182.

The National Gallery ¹⁰⁹	Resim Sanatı	İngiltere / Avrupa	Sürekli ve Süreli Sergiler-LED ışıklık
National Portrait Gallery ¹¹⁰	Resim Sanatı	İngiltere / Avrupa	Sürekli ve Süreli Sergiler-LED ışıklık
Paris Louvre Müzesi ¹¹¹	Sanat	Fransa /Avrupa	Mona Lisa tablosu, Napolyon Salonu, Kırmızı odalar-LED ışıklık
Lens Louvre Müzesi	Sanat	Fransa /Avrupa	Sürekli ve süreli sergiler-Günüşiği ile birlikte LED ışıklıklar
Casa Del Suono	Ses Müzik	İtalya / Avrupa	Çeşitli Ses Cihazları-Şerit LED

10.2 LED Kullanılan Müze Sergileme Örnekleri

10.2.1 Anadolu Medeniyetleri Müzesi-Ankara



Şekil 76: LED Işıklıktan Detay. Fotoğraf Natali Koçyan. Nisan 2012

¹⁰⁹ 100W'lık düşük gerilimli halojen lambalar, 14W'lık LED armatürlerle değiştirilmiş ve enerji tasarrufu sağlanmıştır. Değişim öncesinde galerilerde testler ve denemeler yapılmıştır. (kaynak: <http://www.erco.com/projects/museum/national-gallery-5032/en/intro-1.php> [12.03.2013])

¹¹⁰ Aydınlatma kalitesinden ödün vermeden enerji tasarrufu sağlamak amacıyla LED ürünler kullanılmıştır (2011). Enerji harcamaları %68 azaltılmıştır. Kullanımdan önce testler yapılmıştır. (Kaynak: <http://www.erco.com/projects/museum/national-portrait-gallery-5031/en/intro-1.php> [12.03.2013])

¹¹¹ Aydınlatma uzmanı Henrik Klausen ile yapılan yazışma sonucu (12.07.2012) bilgi edinilmiştir. 2013-2014 yıllarında gerçekleştirilecektir. Detaylı bilgi için: http://www.toshiba.co.jp/about/press/2012_05/pr2401.htm ve <http://ledsmagazine.com/news/2/5/5>



Şekil 77: Şerit LED’li Vitrinler. (Yeterince etüt edilmemiş aydınlatma tasarımı)
Fotoğraf Natali Koçyan. Nisan 2012



Şekil 78: LED Modüllerle Aydınlatılmış Taş Rölyefler. Fotoğraf N. Koçyan.
Nisan 2012

Anadolu medeniyetleri müzesinde, vitrin aydınlatmasında şerit LED’ler kullanılmıştır. LED’ler gizlenmemiştir. Etüt eksikliğinden kaynaklandığı belli olan bu durum, izleyicinin gözünde kamaşma yaratmaktadır. Ayrıca vitrin konumları nedeniyle de aynalaşma gerçekleşmektedir. Başka vitrinleri aydınlatan LED’lerin görüntüleri, izlenen vitrinde görünmektedir.

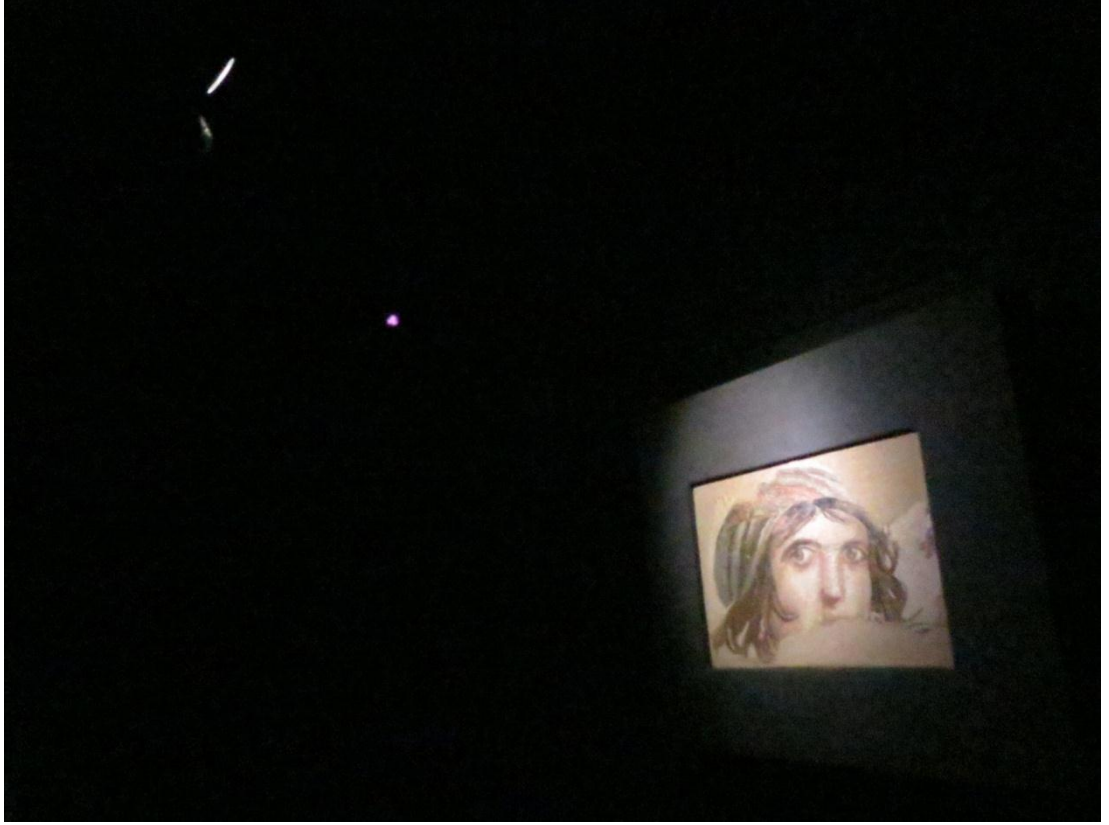
10.2.2 Zeugma Müzesi¹¹² - Gaziantep



Şekil 79: Sergi Salonundan LED Aydınlatma Görünümleri-Fotoğraf: Natali Koçyan - Ekim 2013

Zeugma müzesinde LED'li ışıklıklar kullanılmıştır. Genel olarak sergilemede bir uyum vardır ancak; kimi mozaiklerin üzerinde aydınlık düzeyinin düzgün yayılmadığı görülmüştür.

¹¹² Uygulama Hakkında detaylı bilgi için: LED & Lighting Dergisi, Mayıs 2013, İstanbul, 52.-54.



Şekil 80: Sergi Salonundan LED Işıklık Görünümleri-Fotoğraf: Natali Koçyan - Ekim 2013

10.2.3 Yeşilçam Müzesi - İstanbul



Şekil 81: Sergi Salonu ve Aydınlatma Aygıtları

Yeşilçam müzesi ziyaret edilmemiştir. Araştırma görsellerine göre kimi resimlerin üzerinde aydınlığın düzgün yayılmadığı saptanmıştır.

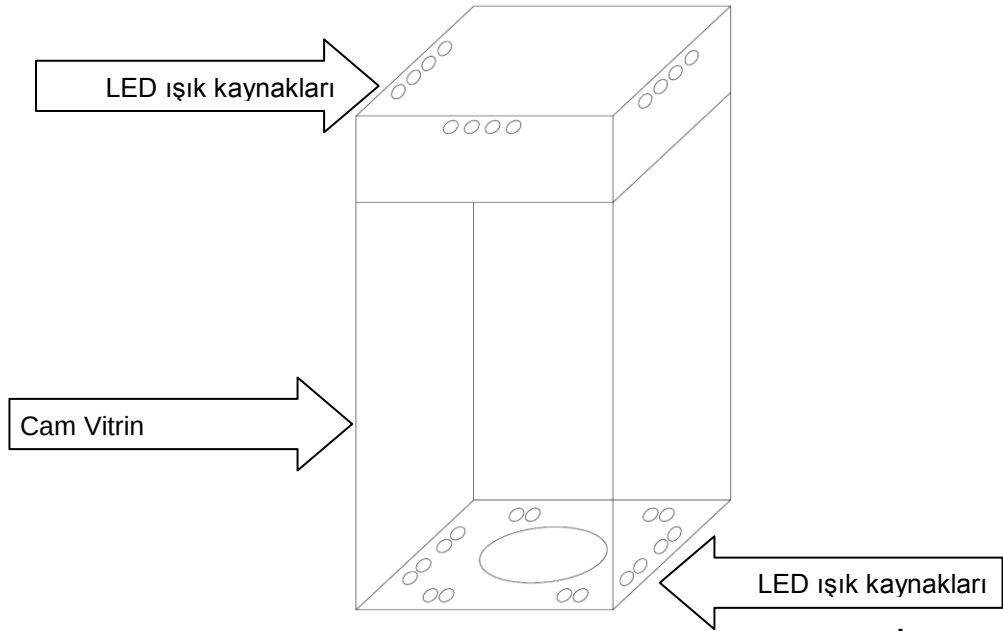
10.2.4 Topkapı Sarayı Müzesi - İstanbul



Şekil 82: Saat Seksiyonu. LED'li ışıklıklar izleyiciye doğru yönlendirilmiştir, izleyiciyi rahatsız etmektedir. Kamaşma yaratan tümüyle yanlış uygulama. Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul-2012

Topkapı sarayı saat seksiyonu 25 Mayıs 2012'de açılmıştır. Oturtma saati ve oturtma astronomik saati vitrin içi aydınlatma uygulanmış, taban ve tavana LED'ler yerleştirilmiştir.

Ortalama olarak 2-3 tane LED izleyiciye doğru yönlendirilmiştir. Sanki LED'ler kendileri görünmüyor, yalnızca gösteriyorlar gibi düşünülmüştür. Hiç etüt edilmemiştir. Aynı yanlış asma tabak duvar saatlerinin orada da yinelenmiştir.



Şekil 83: Saat Seksiyonu, Şematik Vitrin, Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul

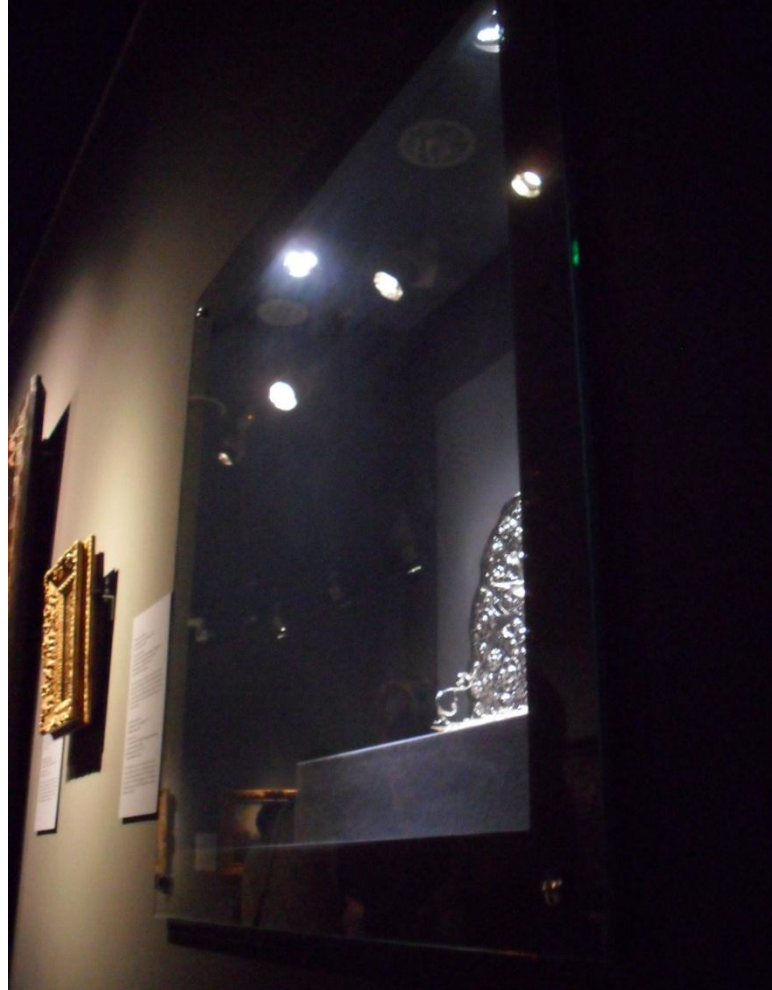


Şekil 84: Silahlar Bölümünde Vitrin Aydınlatması

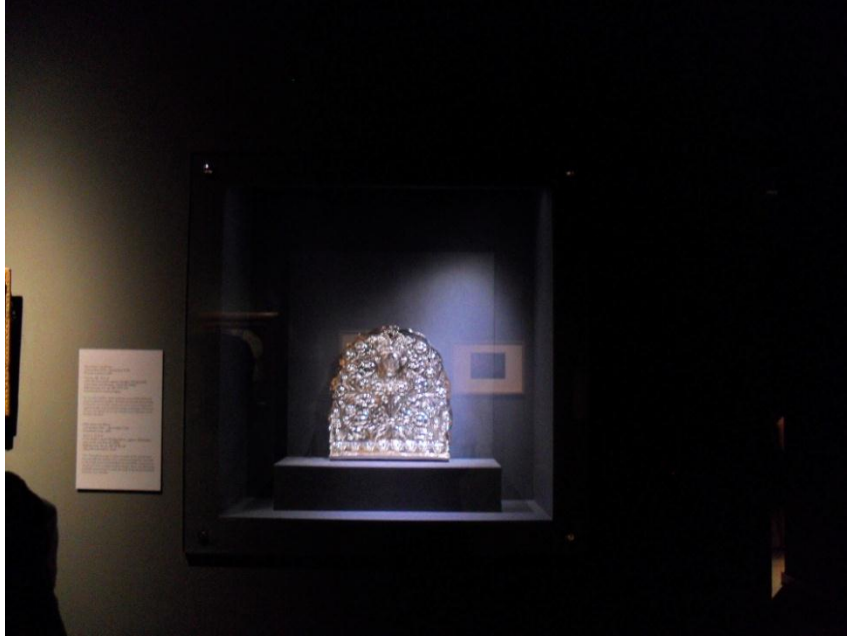


Şekil 85: Süreli Sergiler, Piri Reis Sergisi, Şerit LED uygulaması - Topkapı Sarayı Müzesi, İstanbul. Ocak 2013

10.2.5 Sabancı Müzesi - İstanbul



Şekil 86: Rembrant ve Çağdaşları sergisi vitrin aydınlatması-LED lamba- Sabancı Müzesi-Fotoğraf:Natali Koçyan - Haziran 2012



Şekil 87: Rembrant ve Çağdaşları sergisi vitrin aydınlatması-LED lamba- Sabancı Müzesi-Fotoğraf:Natali Koçyan (Haziran 2012)



Şekil 88: KOBRA sergisi vitrin aydınlatması- Şerit LED uygulaması¹¹³ - Sabancı Müzesi-Fotoğraf: Hülya Sirel (Haziran 2012)

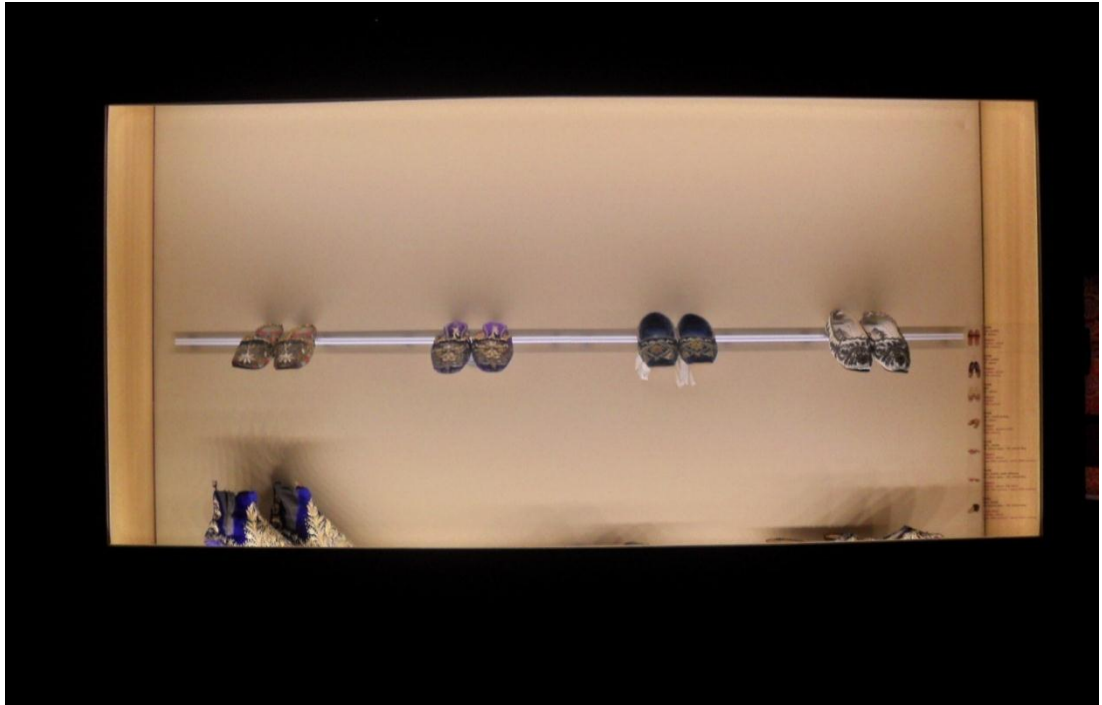
Sabancı müzesinde süreli sergilerde LED'ler hem ışıklık olarak hem de şerit olarak kullanılmıştır. Sergilemelerde bir kusur gözlemlenmemiştir. Vitrin aydınlatması etüt edilmiş ve şerit LED'ler görme alanına girmemektedir. (Ancak sirkülasyon alanları içinde fotoğrafta da fark edildiği gibi LED'ler göze gelmektedir.)

¹¹³ Fotoğraf, LED ışık kaynaklarının görüldüğü bir açıdan çekilmiştir. Vitrin izlenirken, ışık kaynakları görünmemektedir.



**Şekil 89: KOBRA sergisi aydınlatması- Vitrin içi şerit LED¹¹⁴-Sabancı Müzesi
Fotoğraf:Hülya Sirel-Haziran 2012**

10.2.6 Sadberk Hanım Müzesi¹¹⁵ - İstanbul



Şekil 90: Sadberk Hanım Müzesi LED ışık kaynaklı sergileme-Fotoğraf:N. Koçyan (Mayıs 2012)

¹¹⁴ LED'lerin ışıklılığı vitrin boyunca bant uygulanarak kapatılmıştır.

¹¹⁵ PLD dergisi sayı 32 sayfa 60-61'de sergileme ile ilgili daha detaylı bilgi edinilebilir.



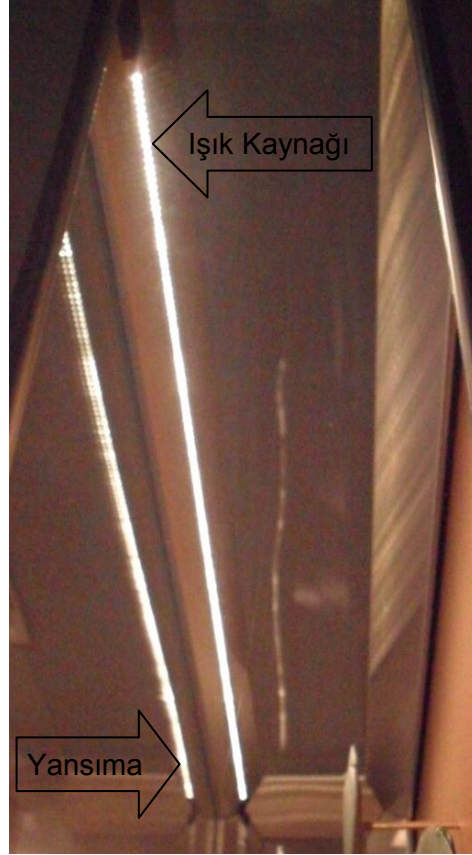
Şekil 91: Sadberk Hanım Müzesi aynı vitrinden detay, şerit LED-Fotoğraf:N. Koçyan (Mayıs 2012)

Sadberk hanım müzesinde kimi vitrin içlerinde şerit LED'ler kullanılmıştır. Sergilemelerde bir kusur gözlemlenmemiştir. Ancak kusur vitrinin yerleştirildiği bölge ile ilgilidir. Bakınız Şekil 29.

10.2.7 Brooklyn Müzesi - Amerika



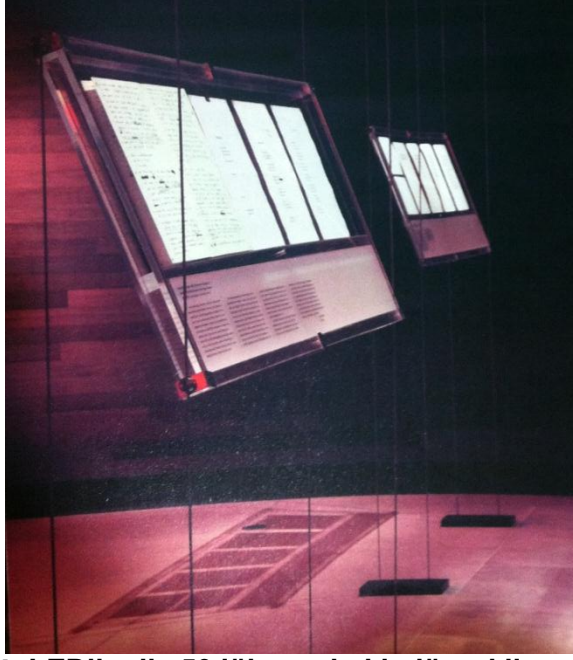
Şekil 92: Şerit LED ile aydınlatılan vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. Eylül 2011



Şekil 93: Vitrinden detay. Fotoğraf N. Koçyan. Eylül 2011

Brooklyn müzesinde az da olsa şerit LED vardır.

10.2.8 Museum Of Modern Literature - Marbach - Almanya



Şekil 94: LED'ler ile 50 lüks aydınlık düzeyi ile sınırlanmış vitrin sergilemesi¹¹⁶

Bu müze hakkında veriler kitap üzerinden edinilmiştir. LED kullanımı uygun görünmektedir. Yapıtın korunması adına aydınlık düzeyi sınırlaması uygundur.

10.2.9 Ashmolean Müzesi - Oxford - İngiltere - Mısır Galerileri



Şekil 95: Galeride LED ışıklıklar

¹¹⁶ Joachim Fischer, **Licht**, (h. f. Ullmann, 2008): 181.



Şekil 96: Mısır Galerisinde LED'li Işıklıklar

LED'li ışıklıklarla aydınlatılan sergi mekanında taştan yapılmış değişik eserler bulunmaktadır. Yerinde gözlem yapılmamıştır. (Tavandaki mavi ışığın yarattığı renk etkisi yerinde incelenmelidir.)



Şekil 97: Şekil 96'da Görünen Galeride Kullanılan Işıklık (Track Type X-Mike Stoane Lighting firması)¹¹⁷

¹¹⁷ http://www.xicato.com/project/ashmolean-museum-university-oxford#slide-0-field_project_image-751 [20.09.2013]



Şekil 98: Şekil 97'deki Işıklıkta Yer alan LED Modül (Xicato XSM)¹¹⁸

10.2.10 Victoria Albert Müzesi Mücevher Galerisi - İngiltere



Şekil 99: Sergileme Düzeninden Detay

Mücevher sergilemesi ve aydınlatması üzerine ilginç bir örnek.

¹¹⁸ <http://www.xicato.com/xsm-led-module/overview> [20.09.2013]

10.2.11 National Portrait Gallery - İngiltere



Şekil 100: Sergi Holünde LED Işık Kaynaklı Spotlar



Şekil 101: Sergi Holünde Işıklıklar Ve Spotlar¹¹⁹

Bu galeri yerinde incelenmemesine karşın, fotoğraflardan Brooklyn müzesindeki benzer bir durum algılanmaktadır (renkli çevre etkisi).

¹¹⁹ERCO, **Lichtberihct 92**, (2011): 4-6.

http://www.erco.com/download/data/30_media/10_lighting_report/011_de_erco_lb92/en_erc_o_lb92.pdf [21.05.2012]

10.2.12 Lens Louvre Müzesi - Fransa



Şekil 102: Sergi Holünde LED Işık Kaynaklı Spotlar

Bu müzede taşan yapıtların sergilendiği galeride, duvar ve tavan gibi mimari yüzeylerin renklendirilmemiş olması doğru bir karardır. Başarılı bir çalışmadır.



Şekil 103: Sergi Holünde LED ışık kaynaklı spotlar¹²⁰

Renkli çevre etkisi oluşmuştur. Bunun dışında başarılı bir çalışmadır.

¹²⁰ <http://www.erco.com/projects/museum/louvre-lens-5631/en/intro-1.php> [10.10.2013]



Şekil 104: Galerilerde Kullanılan Işıklık (Optec Armatür-Firma: Erco)¹²¹

10.2.13 Casa Del Suono – Parma – İtalya



Şekil 105: Şerit LED ile Aydınlatılan Vitrin Örneği. Fotoğraf Natali Koçyan. Ekim 2013

Vitrinde kullanılan şerit LED'ler izleyicinin gözüne gelmemekte, başarılı bir uygulamadır.

¹²¹ <http://www.erco.com/products/indoor/swf-3circuit/optec-125/en/intro-1.php> [10.10.2013]

10.3 LED Kullanılmayan Müze Sergileme Örnekleri

10.3.1 Metropolitan Museum Of Art – Newyork - ABD



Şekil 106: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.



Şekil 107: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.

Vitrin aydınlatmasında objelerin yerleştirildiği yüzey üzerinde izotrop bir yüzeyden lamba ışığının yayımlandığı gözlemlenmiştir (Şekil 108). Lambalar yüzeye dayandığı için, nokta ışık etkisi yapmaktadır ve metal objelerin parlamasını sağlayarak, doğru

görsel algılamayı sağlamıştır. Vitrin içi lambaların tipleri ve filtre kullanılıp kullanılmadığı anlaşılamamış ve öğrenilememiştir.

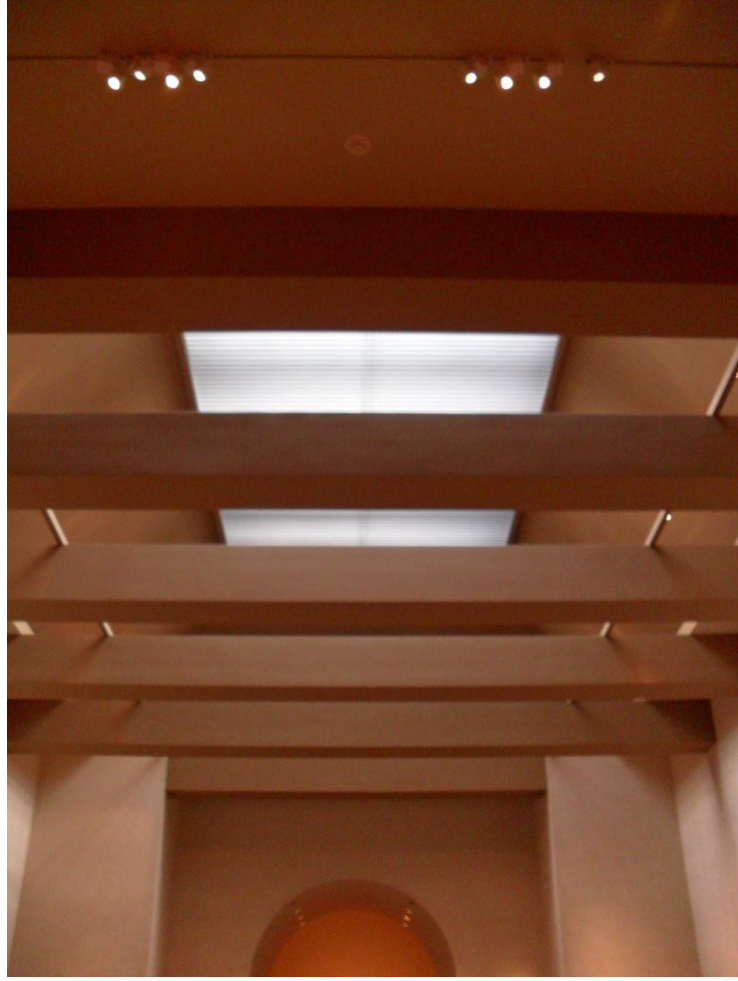


Şekil 108: Metropolitan Müzesinde Vitrin. Fotoğraf Natali Koçyan (2011 Eylül)

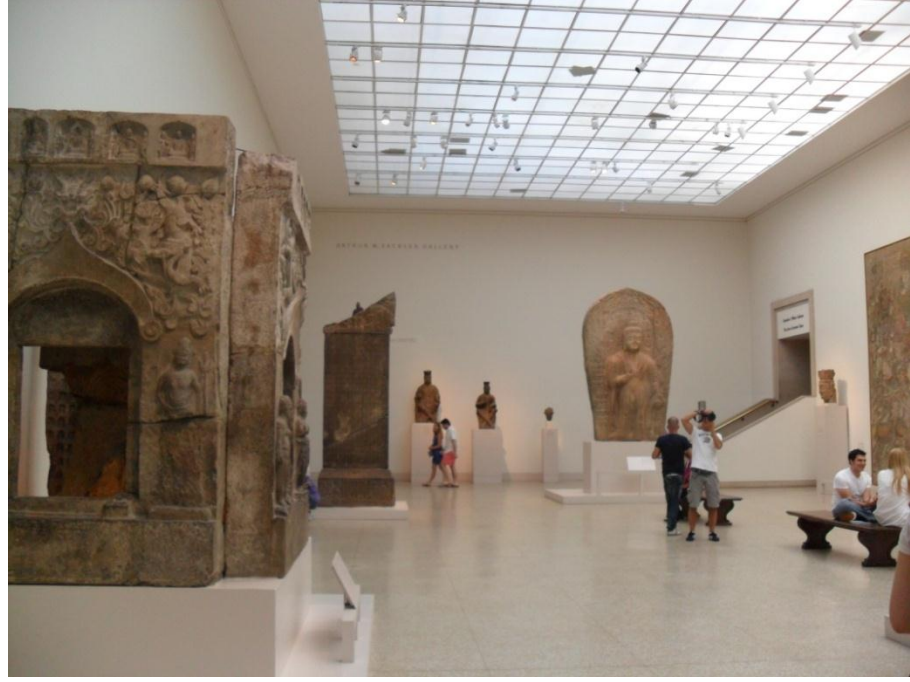
Aynı vitrin tipinde bir sistemin daha bulunduğu gözlemlenmiştir. Vitrin içinde kaide üzerine yerleştirilmiş objelere, doğrultulu ışık gönderen lambalar bulunmaktadır. Bu lambalar, kaide üzerinde ışık lekeleri oluşturmuşlardır.



Şekil 109: Metropolitan Müzesinde Başarılı Bir Vitrin Aydınlatması. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.



Şekil 110: Müzede, Taş Ve Taş Baskı Kabartma Eserlerin Aydınlatılmasında Yapay ve Doğal Işık Birlikte Düşünülmüştür. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.



Şekil 111: Metropolitan Müzesinde Taş Eser Sergileme. Başarılı bir aydınlatma örneği-Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.

10.3.2 Museum Of Modern Art (MoMA) – Newyork - ABD



Şekil 112: MoMA Sergileme. Resim Yüzeylerinde Düzgün Yayılmış Aydınlığa Başarılı Bir Örnek-Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.



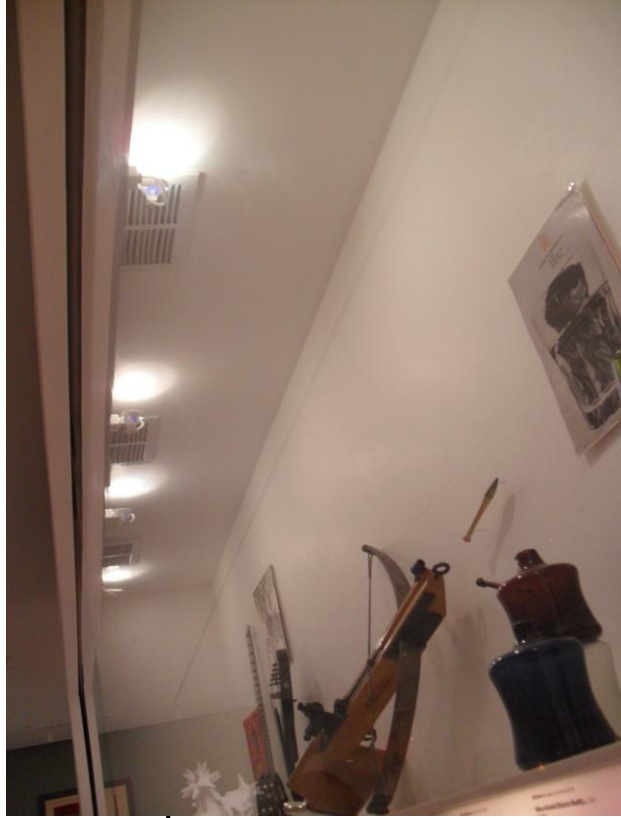
**Şekil 113: Sergileme Hacminde Düşük Geçirme Çarpanlı Cam (Füme Cam)
Kullanımının Başarılı Bir Örneği - Moma Eylül 2011 Fotoğraf: Hülya Sirel**



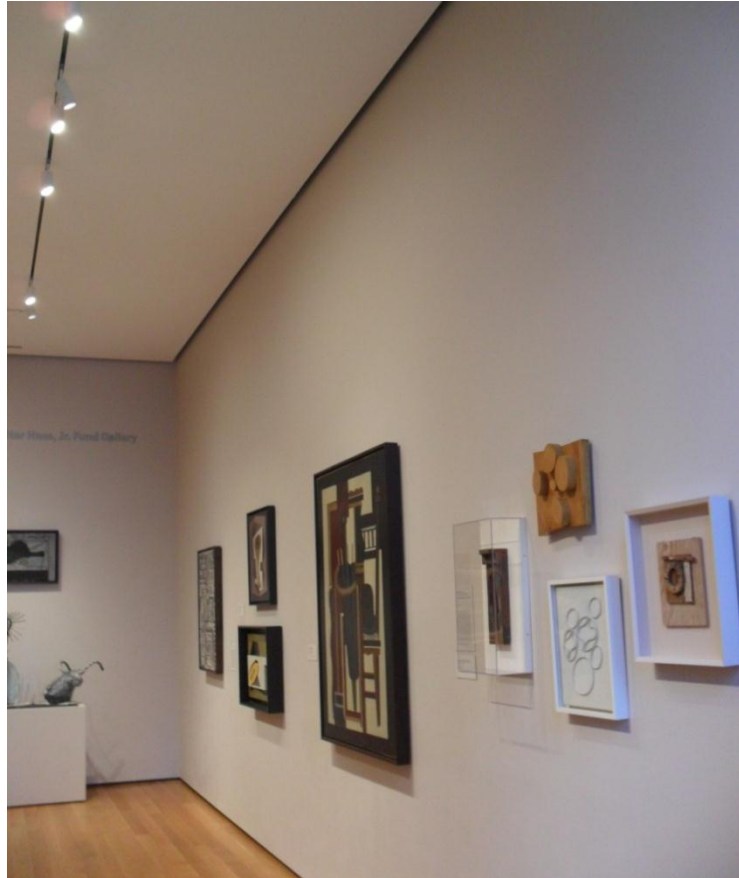
Şekil 114: Vitrin içinde UV Filtreli Flüorışıl Lambalar İçin Güzel bir örnek-MoMA Eylül 2011 Fotoğraf N. Koçyan



Şekil 115: Şekil 114'ten Bir Detay. Fotoğraf Natali Koçyan-MoMA Eylül 2011



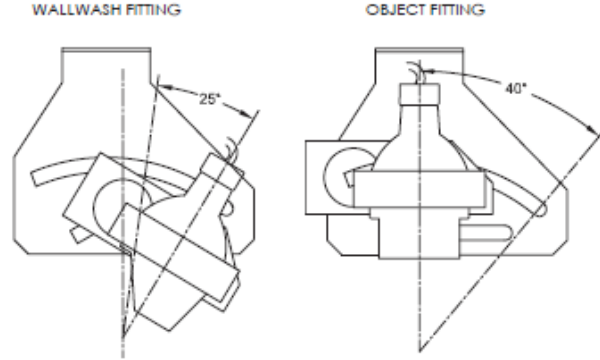
Şekil 116: MoMA Vitrin İçi Sergilemeden ilginç bir örnek-Fotoğraf N. Koçyan. 2011 Eylül.



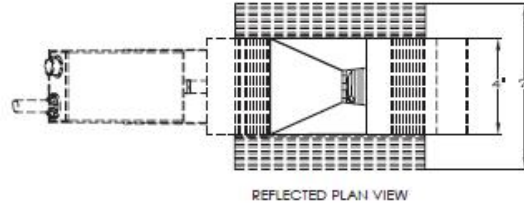
Şekil 117: MoMA Duvar Yüzeyi Sergilemesinde Düzgün Yayılmış Aydınlığa İyi Bir Örnek. Fotoğraf Natali Koçyan. 2011 Eylül.

10.3.3 Neue Galerie - New York - ABD

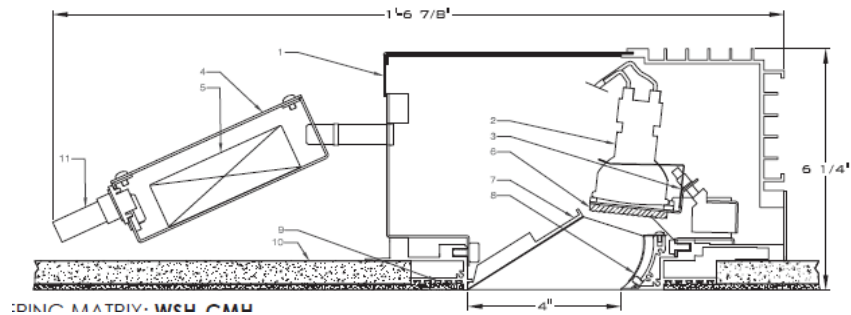
Müze sergi salonları, halojen lambalı ışıklıklarla aydınlatılmıştır. Müze sergileme hacmi aydınlatması müzenin açılış yılı olan 1990 yılından beri aynıdır, değiştirilmemiştir¹²². Kullanılan filtreler, ışıklık içerisinde bulunmaktadır.



Şekil 118: Lamba Işıklıklarından Bir Örnek. MR16 Halojen Lamba Kesiti



Şekil 119: Wallwasher Aydınlatma Aygıtı, MR16 Halojen Lamba-Plan Ve Perspektif



Şekil 120: Wallwasher Uygulama Detayından Kesit

¹²² Neue Galerie aydınlatması hakkında edinilen bilgi ve belgeler, müzenin sergi direktörü Sefa Sağlam ile yazılı görüşme neticesinde edinilmiştir. Tarih: 25.04.2012



Şekil 121: Neue Gallerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler



Şekil 122: Neue Gallerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler



Şekil 123: Neue Gallerie Genel Sergilemesinde Karmaşık Bir Ortamda Zor Ama Başarılı Örnekler

Neue Gallery'de LED aydınlatma yoktur. Sergi direktörü, LED'li aydınlatmaya yapıtların korunması sorunları nedeniyle güvenmediklerini söylemiştir.

11. SONUÇ

LED'ler tepe açısı ve ancak $Ra=95$ olabilen renksel geriverim indisi ile hala halojen akkor lambaya tam bir üstünlük oluşturamamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi halojen akkor lambanın renksel geriverim indisi $Ra=100$ 'dür. LED ışık kaynakları ile halojen akkor lambaları hala renksel geriverim ve tepe açıları bakımından birbiri ile benzer durumda denilebilir.

Ancak hızla gelişen teknolojisi sayesinde, LED'lerin müzelerde geleceğe yönelik kullanımında yaygınlaşma olacağı konusunda olasılık yüksektir.

LED lamba ve modül standartları hala tamamıyla oluşturulamamıştır. LM79 ve LM80¹²³ gibi standartlar bulunmaktadır ancak yeterli değildir. Ayrıca hala piyasadaki ürünler hakkında geri toplama haberleri çıkmaktadır¹²⁴.

LED'lerin genel aydınlatma kullanımında devrelerinde oluşan ısı oluşumu sorun olsa da, müzelerde yüksek aydınlık düzeyi istenmediği için, LED'lerin yüksek akımda çalışmaları gerekmez ve ısınmazlar. Dolayısıyla LED'lerin bu özelliği, müzeler için bir sorun oluşturmamaktadır.

Müzelerde kullanılan SMD şerit LED'ler, yüksek ışıklılıkları nedeniyle kamaşmaya neden olmaktadır. Bu nedenle LED'li ışık kaynaklarının ve LED'li ışıklıkların mimari detaylarda ayrıntılı düşünmek gerekmektedir. İncelenen örneklerin çoğunda saptanan kusur, LED'lerin ışıklılığının yüksek olduğunun gözardı edilmesidir. Bu kusur yalnızca müze aydınlatmasında değil, genel mimari aydınlatmada LED kullanımında karşılaşılan en önemli kusurdur. Ayrıca özellikle şerit LED'lerin vitrin camlarında görüntüsünün oluşmasının önüne geçilemediği gözlemlenmektedir. Bu da vitrinlerde şerit LED kullanımının etüt edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. LED'ler flüorışıl ve kompakt flüorışıl lambalarla karşılaştırıldığında yok denecek kadar az UV yayımladıkları için, bu anlamda da müzelerde kullanmak adına iyi bir tercih nedeni olmaktadır. Flüorışıl lambaların filtrelerle birlikte kullanılma zorunluluğu yerine LED iyi bir seçenek olacaktır.

¹²³ LM79-08 Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, LM80-08 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources (IES-Illuminating Engineering Society)

¹²⁴ <http://p1dturkiye.com/haberler/554-000-led-lamba-geri-cagildi.html>

Akkor lambaların 2009'dan itibaren üretiminin durdurulması sonucunda, LED'li ışık kaynakları, verimlerinin iyi olması nedeniyle iyi bir seçenek olarak görülmektedir. Ancak LED'ler tek seçenek değildir ve flüorışıl lambalarda gelişmeler sürmektedir.

Halojen lambaların verimi teknolojik gelişmelerle birlikte artmaktadır. Halojen lamba da akkor lamba gibi akkor telli lamba sınıfından olduğu için, hem verimi hem de yayımladığı ışınımı nedeniyle kullanımında kısıtlamalara gidileceği düşünülebilir¹²⁵.

Halojen lambaların trafolarının uzun ömürlü olması önemlidir. LED'li ışık sistemlerinin ise sürücülerinin uzun ömürlü ve kaliteli olması gerekmektedir.

LED'lerde bugün satın alınan ürünlerin, yarın güncel olmama ihtimali bulunmaktadır¹²⁶. Laboratuvar koşullarına göre verilen 50.000 saat gibi ömür süreleri, garanti söz konusu olduğu zaman ancak 3-5 yıllık bir süreci kapsamaktadır. Bu da güvensizlik yaratmaktadır.

LED'lerin müzelerdeki kullanılan geleneksel ışık kaynaklarına göre en önemli avantajı, verdiği ısı nedeniyle vitrin içine konulamayan halojen lambalara ve UV ışınımı nedeniyle filtre ile birlikte kullanılması gereken flüorışıl lambalara iyi bir seçenek oluşturmastır. Geleneksel ışık kaynaklarının yerini almak konusunda bir söyleme girmek için henüz erkendir.

LED lamba ve ışıklıklarının müzelerde kullanımlarının uygunluğu konusunda hala araştırmalar yapılmakta ve laboratuvar testleri sürdürülmektedir¹²⁷.

Sonuç iki ana başlık altında verilebilir.

1) LED Teknolojisi: LED'lerle ilgili olarak ışıklılık gibi ölçme konularında ve LED'li ışıklık tasarımı konularında hala eksiklikler söz konusudur. Özellikle ışıklık tasarımında ağırlık ve soğutma problemi içermektedir. Standartlar konusunda büyük bir eksiklik söz konusudur. (Bu konu yalnız aydınlatmacılar değil, LED üreticileri tarafından da kabul edilmektedir.) Verimi her ne kadar yüksek deniyorsa da, sıcak ışık istenen LED'lerde verim düşmektedir. Verilen 50.000 saat gibi uzun ömür süresi laboratuvar koşullarında belirlenmiştir; henüz pratik sonuç elde edilmemiştir. Eksikliklerin ve soru işaretlerinin giderilmesi durumunda LED'ler özellikle mimarlar tarafından çok büyük oranda tercih edilecek bir ışık kaynağı olacaktır.

¹²⁵ Amerika'da yasaklama yerine kısıtlama olacaktır. Önemli olan toplam enerji verimliliğini sağlayabilmektir

¹²⁶ Susanne Brenninkmeijer, "LED'ler her şeyi yapabiliyor mu", **PLD**, s. 45 (2013): 20.

¹²⁷ Örnek test çalışmaları EK'ler bölümünde açıklanmıştır.

2) Aydınlatma Tekniği: Şerit LED'lerin ve LED'li ışıklıkların kullanımında karşılaşılan ciddi sorunlar, büyük oranda aydınlatma tekniğinin bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Hem mimari aydınlatmada hem de müze aydınlatmasında aydınlatma tasarımı yapan ama tekniği iyi bilmeyen kişiler LED'lerin ufak ışık kaynağı olmasını, ışıklılığı da küçük ya da önemsizmiş gibi yorumlamaktadırlar. Bu da aydınlık düzeyinin oldukça düşük olduğu müzelerde, ciddi bir kamaşma sorunu yaratmaktadır. Şerit LED'ler ve LED'li ışıklıklar gözden saklamak için maskeleme gereği duyulmadan kullanılmakta ve sıklıkla kamaşma etkisi yaratmaktadırlar. Kısaca söylemek gerekirse sorun LED'lerden değil, aydınlatma tekniğinin hala yeterince iyi bilinmemesinden kaynaklanmaktadır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

CIE. **CIE 157, 2004 Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation.** Vienna: 2004.

Cuttle, Christopher. **Light For Art's Sake.** Oxford: Elsevier Ltd., 2007.

Druzik, James, Stefan Michalski. **Guidelines for Selecting Solid-State Lighting for Museums.** Getty/Canadian Conservation Institute, 2012.

Fischer, Joachim. **Licht.** h. f. Ullmann, 2008.

Gordon, Gary. **Interior Lighting for Designers.** 4. bs. New York: Wiley, 2003.

IESNA (Illumination Engineering Society of North America). **Lighting Handbook Reference & Applications.** 8. bs. New York: 2000.

Kruithof, A. "Tubular luminescence lamps for general illumination", **Philips Technical Review.** 1941.

Murdoch, Joseph. **Illuminating Engineering.** 2. bs. USA: Vision Communications, 2003.

Liisa, Halonen, Eino Tetri, Pramod Bhusal, **Guidebook On Energy Efficient Electric Lighting For Buildings.** Espoo: Aalto University, 2010.

Sirel, Hülya Kılıç. **Müze Aydınlatmasında Zararlı Işınlamalar ve Nesnelerin Bunlardan Korunması.** İstanbul: YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, 1992.

Sirel, Hülya. "Müze eşyasının korunması ve sergilenmesi ile aydınlatma ilişkisi", **Yeniden Müzeciliği Düşünmek.** der. Tomur Atagök. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 1999.

_____. "Mimari Aydınlatmada Müzenin Farkı ve Önemi", **Müzebilimin ABC'si.** haz. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman. İstanbul: Ege Yayınları, 2012.

Sirel, Şazi. **Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma,** İstanbul: YFU, Yayın no.8, 1997

_____. **Aydınlatma Sözlüğü,** 1. bs. İstanbul: YEM Yayınları, 1997

_____. **Işıkölcümsel İlişkiler Konusunda Birkaç Örnek,** YFDB, 1981.

Ünal, Adem. **Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları,** 2. bs. İstanbul: Birsen Yayınevi, 2009

Weinerd, Jonathan. **LED Lighting Explained,** ABD: Philips, 2010

Makaleler

Brenninkmeijer, Susanne. "LED'ler her şeyi yapabiliyor mu", **PLD Dergisi**, s. 45 (2013): -.

Buchholz, Carina. "Sanatta LED Aydınlatması" **PLD Dergisi**, s. 46 (2013) : -.

Chrobak-Kando, Jeanine. "Mor Çipler LED Teknolojisiyle Güneş Işığını İç Mekanlara Getiriyor", **PLD Dergisi**, s. 42 (2012): -.

Sirel, Hülya. "Mimari Aydınlatmada Müzenin Farkı ve Önemi", **Müzebilimin ABC'si**, haz. Nevra Ertürk, Hanzade Uralman. İstanbul: Ege Yayınları, 2012: -.

Bildiriler

Aydın, Şensin, Müjgan Şerefhanoglu Sözen, "Işık Kaynaklarının Tarihsel Gelişim Süreci ve Etkin Enerji Kullanımı", **5. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler**, 2004. İstanbul: ATMK, 2004: -.

Bıçakçı, Mehmet Orhun. "LED Aydınlatmada CRI ve Alternatif Metrikler", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı, 27-30 Eylül 2012**. İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012: -.

Onaygil, Sermin Berker Yurtseven, Niyazi Gündüz, Emre Erkin "Verimli LED Armatürü İçin Optik ve Isıl Tasarım Süreçleri", **8. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler, 14-15 Nisan 2011**. İstanbul: IDTM, 2011: -.

Öztunç, Cengiz, Lukas Kamasz, "LED Sektöründe Kullanılan Kimyasallar", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler, 27-30 Eylül 2012**. İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012: -.

Parlak, Elif Altürk. "Organik Işık Yayıcı Diyotlar", **8. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler, 14-15 Nisan 2011**. İstanbul: IDTM, 2011: -.

Sirel, Hülya. "El Yazması Eser, Cilt ve Kitap Aydınlatmasına İlişkin Teknik Bilgiler ve LED Kullanımının Getirileri", **Uluslararası Cilt Sanatı Buluşması Sempozyum Bildiriler, 29 Kasım-8 Aralık 2012**. İstanbul: kurum, yıl: -.

Tonguç, Canberk. "LED Aydınlatma Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler, 27-30 Eylül 2012**. İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012: -.

Ülkü, Alper, Hazan Günay, Suat Ekmen, "Sıvı Kristal ve Organik Işık Yayıcı Ekranların Askeri Hava Platformu Ortam Şartlarında Kullanım Yönünden Analizi", **4. LED ve LED Aydınlatma Konferansı Bildiriler, 27-30 Eylül 2012**. İstanbul: İstanbul Fuar Merkezi, 2012: -.

Ünver, Rengin. "Sergi Mekanlarında Aydınlatma", **YTÜ Sanat ve Tasarım Fakültesi, Aydınlatma Semineri, YTÜ Mimarlık Fakültesi, 17 Mayıs 2001**. İstanbul: -.

Tezler

Sirel, Hülya Kılıç. "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım". Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı, 1984.

Koç, Işıl Ankara. "Club Turban tatil köyünün dış aydınlatma açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi". Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Bilim Dalı, 2011.

İnternet Kaynakları

ERCO, **Lichtberihct 92**, (2011)

http://www.erco.com/download/data/30_media/10_lighting_report/011_de_erco_lb92/en_erco_lb92.pdf [21.05.2012].

ERCO, **Light For Museums**, (2012): 13.
http://www.erco.com/download/data/30_media/61_erco_light_for_museums/en_erco_lightformuseums.pdf [04.02.2013].

Fagerhult, **LED-The Future Of Lighting**, (Sweden: Fagerhult, 2012), 10.
<http://np.netpublicator.com/netpublication/n15057747> [12.07.2012].

<http://www.cie.co.at>

<http://www.cree.com>

http://elektroteknoloji.com/Elektrik_Elektronik/Teknik_Yazilar/LAMBALAR_HAKKINDA_GENEL_BILGILER_VE_CESITLERi.html [Haziran 2012].

<http://electricmuseum.com/wp-content/uploads/AB-lamp-inside-drawing.jpg>

<http://electricmuseum.com/wp-content/uploads/jen2.jpg> [07.06.2012]

<http://pldturkiye.com/haberler/554-000-led-lamba-geri-cagrildi.html>

http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Gluehlampe_01_KMJ.jpg [Haziran 2012].

http://www.ecbcs.org/docs/ECBCS_Annex_45_Guidebook.pdf [25.05.2013]

<http://www.erco.com/projects/museum/louvre-lens-5631/en/intro-1.php> [10.10.2013]

<http://www.erco.com/products/indoor/swf-3circuit/optec-125/en/intro-1.php> [10.10.2013]

<http://www.iesna.org>

<http://www.schott.com>

http://www.xicato.com/project/ashmolean-museum-university-oxford#slide-0-field_project_image-751 [20.09.2013]

<http://www.xicato.com/xsm-led-module/overview> [20.09.2013]

<http://www.zhagastandard.org>

ICOM. **Museum Handbook**, (France, 2004): 78.
http://icom.museum/uploads/tx_hpoindexbdd/practical_handbook.pdf [27.05.2012].

James Druzik, Bent Eshøj, "Museumlighting: its past and future development", **Museum Microclimates**, 19-23.11.2007, ed. Tim Padfield, Karen Borchersen (Denmark: National Museum of Denmark, 2007), 51. http://natmus.dk/fileadmin/user_upload/natmus/bevaringsafdelingen/billeder/far/Museum_Microclimate/Proceedings/musmic150.pdf [27.05.2012].

"LED: The Light of the Future", **Licht.wissen**, (Germany, 2010): 8. http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen17_LED_Light_of_the_Future.pdf [09.04.2012].

Lighting Industry Liaison Group, Guidelines for Specification of LED Lighting Products, (2011): 3. <http://greenpages.pld-a.org/wp-content/uploads/2011/06/LED-Specification-guide-2011-Final.pdf> [21.06.2012].

LRC. "Recommendations for Specifying Color Properties of Light Sources for Retail Merchandising", Assist recommends, c. 2, s.8, (2010): 1-24. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/assist/pdf/AR-SpecifyColorRec-March2010.pdf> [06.06.2013].

Perdahçı, Canan, Uğur Hanlı, "Aydınlatmada Enerji Verimliliği", **Sanayi Enerji Yöneticisi Eğitimi** (Kocaeli: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2010), <http://www.pw.com.tr/ss/upload/upload2268.pdf> [03.05.2012].

"Study wrongly implies LED to blame for van Gogh masterpiece damage", **MondoArc**, (2013). http://www.mondoarc.com/news/1766260/study_wrongly_blames_led_for_van_gogh_masterpiece_damage.html [16.01.2013].

The National Institute of Standards and Technology (NIST). "Color Rendering Of Light Sources" http://www.nist.gov/pml/div685/grp03/vision_color.cfm [05.06.2013].

"What Are MR16 Lamps?", NLPIP National Lighting Product Information Program, c. 6, s. 2 (Lighting Research Center, NewYork, 2002): 3. <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlPIP/lightinganswers/mr16/whatAreMR16.asp> [13.05.2012].

www.generalelectric.com

www.licht.de

www.osram.com

www.philips.com

Sözlü Görüşme

Cyr, David. George Sexton Associates, Aydınlatma Tasarımcısı, New York, ABD.
Tarih: 03.05.2012

Klarén, Robert. Fagerhult, Uluslararası Dağıtım Satış Müdürü, İsveç.
Tarih: 12.06.2012

Oksanen, Julle. Aydınlatma Tasarımcısı, Espoo, Finlandiya.
Tarih: 16.04.2011

Tarım, Gülsüm. G Tasarım, Anadolu Medeniyetleri müzesi şantiye şefi, Ankara.
Tarih: 24.05.2012

Yazılı Görüşme

Benlioğlu, Kevork. Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği Başkan Vekili, EEC
Electronics, İstanbul. Tarih: 21.05.2012

Caştaban, Canan. Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü,
Ankara.Tarih:10.05.2012

Clausen, Henrik. Fagerhult Lighting Academy, Yönetici. Danimarka. Tarih:
12.07.2012

Demirel, Serkan. TD Elektronik, Saha Satış Temsilcisi, İstanbul. Tarih: 09.08.2011

Druzik, James (Jim). Getty Conservation Institute, Bilim Adamı, Los Angeles, ABD.
Tarih: 17.07.2012

Geitner, Joe. George Sexton Associates, Aydınlatma Tasarımcısı, Norwich,
İngiltere.
Tarih: 07.06.2012

Saglam, Sefa. Neue Galerie, Sergi Direktörü, New York, ABD. Tarih: 25.04.2012

Uğuryol, Mehmet. Restoratör, Öğretim Görevlisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul,
Tarih: 01.07.2012

Ders notları

Şazi Sirel, "Aydınlatma ders notları", (Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık bölümü,
1980).

Doğrudan incelenmeyen Kaynaklar

Brommelle, N.S. **The Russel and Abney Report on the Action of Light on Water Colours**, (SIC, No:9, 1964): 140-152'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı. 1985

CIBS, **Lighting guide Museum and Art Galleries**, (No:14, Mart 1980): 22'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı. 1985

CIE 177:2007 "Colour Rendering of White LED sources"dan aktaran Carina Buchholz "Sanatta LED Aydınlatması" **PLD dergisi**, s. 46: 14.

IES, **Lighting of Art Galleries and Museums**, (Technical Report, No: 14, 1960): 11-12'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı. 1985

Harris, J.B. **The Lighting of Museums and Historic Buildings**, (SAMAB, Cape Town, 1971): 575'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı. 1985

. **Practical Aspects of Lighting as related to Conservation**, (1967 London Conference on Museum Climatology, IIC, Revised Ed. 1968): 133-138'den aktaran Hülya Kılıç Sirel, "Çağdaş Aydınlatma Tekniği ve Günümüz Müzeciliği Verilerine Göre Müze Yapıları İçin Yeni Bir Mimari Yaklaşım", Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Anabilim Dalı. 1985

EKLER

- EK1- Mona Lisa isimli eserin aydınlatılması konulu haber yazısı
- EK2- Sanatçı Van Gogh'a ait eser aydınlatılması haberi ve araştırma raporu
- EK3- 554.000 adet LED lambanın toplatılmasına dair haber yazısı
- EK4- Victoria Albert Müzesi'nin LED kullanımı hakkında yayınladığı rapor
- EK5- Müze ve LED kullanımı hakkında araştırmalardan örnekler

EK1- Mona Lisa isimli eserin aydınlatılması konulu haber yazısı

09 06 2013

Toshiba : Press Release 24 May, 2012

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

About Toshiba

Toshiba to light up the Mona Lisa with LED and extend partnership with Louvre to interior lighting *The Cour Napoleon lighting renovation reaches completion*

24 May, 2012

Paris, Tokyo—Toshiba Corporation (TOKYO: 6502) today announced that it has reached a basic agreement with the Louvre Museum to replace part of the interior lighting of the Louvre with its own LED lighting. This is Phase 2 of a renovation project that Toshiba Corporation and the Louvre Museum have pursued in partnership since 2010. This next project phase will see renovation of LED lighting in important interior spaces of the museum. It includes specific exhibit lighting for Leonardo da Vinci's *Mona Lisa*, and for the Red Rooms, which display famous masterpieces such as Jacques-Louis David's *Consecration of the Emperor Napoleon I and Coronation of the Empress Josephine*, as well as the Napoleon Hall, the Louvre's main entrance.

As part of the project, a dedicated lighting system will be installed for the Mona Lisa, and the Red Rooms' ceiling fixtures will be converted to LED by the end of May 2013. Lighting in the Napoleon Hall is expected to be converted to LED by the first half of 2014.

Under a partnership agreement with the Louvre (term: June 30, 2010 to December 31, 2023), Toshiba has already lit up parts of the Louvre's exterior, including I.M. Pei's Pyramid. The implementation of the second phase of the project is testament to the successful collaboration between Toshiba and the Louvre Museum in balancing environmental and aesthetic considerations during the exterior lighting renovation phase.

Part of the LED lighting replacement work, which included the Pyramid, Pyramidion and the Colbert Pavilion, was completed last December, and installation of LED lighting for the whole of Cour Napoleon, the first phase of lighting renovation, was completed on May 12. It has taken approximately two years, since the project commenced in June 2010, for all the lighting in the Cour Napoleon to be converted to LED. Renovation of LED lighting in the Cour Carré is also scheduled to complete in 2013.

Through the renovation of exterior lighting, Toshiba and the Louvre Museum is reducing power consumption by 73% without compromising the visual beauty of the museum. The renovation process involved repeated consultations with the Historical Monuments Committee and the Architecture and Heritage Service. This partnership has pursued artistic integrity in the LED lighting from every conceivable perspective: the shape of the fixtures, illumination brightness, color tone and installation angle, to achieve a lighting finish that respects the scenery of Paris. The fusion of French artistry with Japanese technology that Toshiba has promoted has been realized ultimately through numerous innovations. Toshiba will continue to refine its technical skills in the pursuit of the potential of LED lighting.

Since April 2010 Toshiba Corporation has undertaken new lighting projects on a global scale as part of its approach to creating a new lighting culture in harmony with people and the environment. Toshiba perceives this project as an important exemplar of how to extend the longevity and sustain the aesthetic integrity of world heritage sites. As one of the world's foremost eco-conscious companies, Toshiba will further enhance its technical capabilities through experience gained at the Louvre, while contributing to global culture and the mitigation of environmental burdens.

■ Outline of Partnership Agreement for Phase 2 of the Louvre Museum LED Lighting

1. Main content

Toshiba Corporation will supply LED lighting for the Mona Lisa, the Red Rooms and Napoleon Hall and provide financial support for the renovation. The number of fixtures has not yet been determined.

Installation location	Scheduled completion
Mona Lisa	May 2013 (plan)
Red Rooms	May 2013 (plan)
Napoleon Hall ceiling	First half of 2014 (plan)
Napoleon Hall staircase	
Rotondo ceiling (Sully Wing corridor)	

2. Term of the Agreement

From May 18 2012 to December 31 2024

■ The Louvre Museum's Mona Lisa, Red Rooms and Napoleon Hall

Mona Lisa (1503~1506)

Leonard Da Vinci's portrait, regarded as symbolic of the Renaissance. It is one of the most popular works in the whole of the Louvre. That distinctive smile is known as the "Mona Lisa smile" and has beguiled many. The Mona Lisa shows skillful use of techniques like the aerial perspective as well as sfumato (soft-edge), the painting mode devised by Da Vinci, and has had a profound effect on western painting.

The Red Rooms

09 06 2013

Toshiba : Press Release 24 May, 2012

These display rooms show case a series of great masterpieces representative of the 19th century. The rooms are visited by the majority of museum visitors for the spectacle of large-scale works like David's *Consecration of the Emperor Napoleon I* and *Coronation of the Empress Josephine* and Delacroix's *Liberty Leading the People*, all exhibited on their red walls.

Napoleon Hall

This is the main entrance of the Louvre, the face of the museum that greets all visitors. Located on the lower ground floor, it houses the ticket box and information desk.

For further information on Toshiba's collaboration with the Louvre, please visit <http://www.toshiba.co.jp/lighting/about/louvre.htm>

Reference Photos

Mona Lisa



© 2007 Musee du Louvre / Angele Dequier

Cour Napoleon where lighting has been converted to LED.



Information in the press releases, including product prices and specifications, content of services and contact information, is current on the date of the press announcement, but is subject to change without prior notice.

Copyright © 1995-2013 TOSHIBA CORPORATION, All Rights Reserved.



THE INTERNATIONAL MAGAZINE FOR ARCHITECTURAL DETAIL AND COMMERCIAL LIGHTING

Study wrongly implies LED to blame for van Gogh masterpiece damage

16 January 2013 09:30 GMT

(Netherlands) - Scientists use old LED data to highlight why some yellow colours in Vincent van Gogh's paintings are turning brown due to lighting exposure. Findings sensationalised by mainstream press.

It has been known for some time that the light yellow tones in Vincent van Gogh's paintings are particularly prone to darkening, but now an international team of scientists have produced a report which suggests that the blue bandwidth in lighting could be to blame.

The experiments were apparently carried out using a Xenon lamp high in UV-A, UV-B, and UV-C wavelengths. Unfortunately the research group, which included scientists from the Van Gogh Museum in Amsterdam amongst others, chose to highlight the danger of LED lighting by publishing a spectral distribution chart from a six year old LED system with a particularly high blue bandwidth. The chart is labelled 'Emission spectrum of a typical "white" LED, containing a substantial portion of harmful blue light'.

Even more unfortunately, the report was jumped on by media all over the world printing misleading headlines that LEDs were harmful to van Gogh paintings. Articles quickly appeared in the Daily Mail and The Independent in the UK and the Huffington Post in the USA.

In the report they suggest that all LEDs have a high amount of blue. However, recent developments in museum grade warm white LEDs with high CRI have greatly reduced the amount of blue wavelength present meaning that the bandwidth is now much closer to the black body curve locus.

The paint changes have been blamed on a chemical reduction of chromium, the principle element found in the chrome yellow paint favoured by van Gogh to depict sunshine. However scientists were left baffled as to the cause of the changes and as to why the darkening was more apparent on some canvases rather than others.

Using synchrotron X-rays to better understand the problem, Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) in Germany and the European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in France examined an extensive series of van Gogh paintings belonging to three museums in the Netherlands (including the Van Gogh Museum) and France. Speck-sized paint fragments taken from the masterworks were examined at the two synchrotron facilities and two heritage labs in Italy and Holland.

It was concluded that the artist did not always use the same type of chrome yellow paint in his work. Van Gogh liked to use a standard lead chromate paint named 'middle yellow' but also, due to his poverty, utilised a cheaper 'lemon yellow' and 'primrose yellow' from time to time. It was these non regular types of paint that were found to be reactive to light in the lab.

The paints affected, which have been found in Van Gogh's famous 'Vase with Sunflowers' and the 'Portrait of Gauguin', tended to have a higher sulfate content, with the paint becoming unstable the higher the sulphate levels rose. When exposed to green-blue light those paints containing unstable levels of sulfate turned a brownish/yellow, while 'middle yellow'

remained unaffected.

Claus Habfast of the European Synchrotron Radiation Facility in France, told the Independent newspaper in London: "LED lights appear to have many advantages but museums should carefully consider that paintings from the Van Gogh era could be affected by them."

Ella Hendriks, Head of Conservation at the Van Gogh Museum in Amsterdam also commented: "Studies like these are very important to make museum curators aware that, even under ambient light conditions, the degradation of some sensitive materials proceeds continuously. Museums should carefully consider the potential impact of, for example, the new, LED-based, lighting systems that are now being installed in collections."

However, Rogier van der Heide of Philips Lighting, who acts as a lighting consultant at the Van Gogh Museum and Rijksmuseum in Amsterdam, states: "The use of LED in museums is safe. It is regrettable that the research was published in such a way. The research was correct but the interpretation was wrong."

Martin Krautter of ERCO, who also manufacture LED lighting for museums, commented: "Paintings using very unstable pigments have to be treated with extreme caution. But to believe that there is a 'less dangerous' light source available for these paintings than modern warm white LED is quite ridiculous. If you want to stop degrading, put the paintings away into the dark!"

There is no evidence that LED light damages artwork across the board. Museums that hold works by Van Gogh and Paul Cezanne, who are known to have used the paint in question, are being asked to consider their use of lighting systems with high blue bandwidths when lighting works by Cezanne or Van Gogh and to check masterpieces with infra-red light for the presence of the paint.

www.vangogh.ua.ac.be

Blue and UV content of white LED light sources in comparison with fluorescent lamps, daylight and incandescent light

Monico et al. studied the degradation of specific yellow pigments in Van Gogh's paintings under a 175 W Cermax xenon lamp filtered by four different filters in the UV, blue and red spectral range [1]. They pointed out that UV and blue light advance the aging process of these yellow pigments more than red light, see Figure 5 in [1]. This means that these specific yellow pigments become fast brownish under UV and blue light. Several recent articles drew the false conclusion that, according to their supposedly large blue and UV content, white LED light sources would damage these paintings and the usage of white LEDs should be avoided in museums.

In this short communication, we would like to point out that white LEDs have significantly less radiation content in Monico et al.'s spectral ranges (defined on p. 861 in [1], "UV": 240 nm – 400 nm and "blue": 335 nm – 525 nm) than fluorescent lamps, incandescent light and daylight. To this end we considered the spectral power distributions of a comprehensive set of today's commercially available white LEDs (42 LED types with correlated colour temperatures ranging between 2600 K and 6400 K). We compared this set with a comprehensive set of fluorescent lamps (67 fluorescent lamp types with correlated colour temperatures ranging between 2500 K and 8000 K), with 4 phases of daylight (5000 K – 7000 K) and 5 Planckian (blackbody) radiators (2500 K- 4500K).

We computed the relative spectral content of radiation for these light sources (118 light sources altogether) in the two above mentioned spectral ranges in the Monico et al.'s study [1]. The relative spectral content in the "UV" range is designated by $a_{uv,m}$ and the relative spectral content in the "blue" range is designated by $a_{blue,m}$. The two spectral ranges or "spectral windows" are depicted in Figure 1.

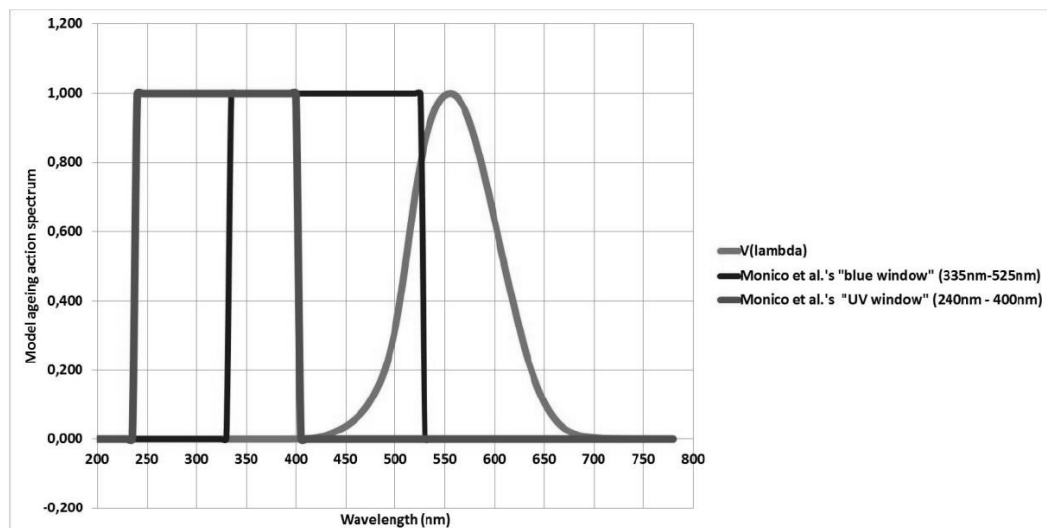


Figure 1. Monico et al.'s two spectral ranges or "spectral windows" (UV and blue) compared to the photopic luminous efficiency function $V(\lambda)$

The quantity $a_{uv,m}$ was computed for each one of the 118 light sources in the following way: the spectral power distribution of the light sources was multiplied by the "UV window" in Figure 1 for every wavelength and the resulting numbers were summed up ("integrated") between 200 nm and 800 nm. This "integral" is designated by I_{uv} . Then, to obtain a relative

value related to photopic luminance, the spectral power distribution of the light sources was multiplied by the $V(\lambda)$ function for every wavelength and the resulting numbers were “integrated” between 200 nm and 800 nm. This “integral” is designated by I_v . Finally, a_{uv_m} was calculated as the ratio (I_{uv} / I_v) . The quantity a_{blue_m} was obtained in a similar way by substituting the “UV window” by the “blue window” in the above calculation.

First, let us consider the relative spectral content of radiation in Monico et al.’s “blue window” (a_{blue_m}) for each one of the 118 light sources grouped by the type of light source, white LED (wLED), fluorescent lamp (FL), daylight and Planckian radiator, as a function of correlated colour temperature (CCT). This is depicted in Figure 2.

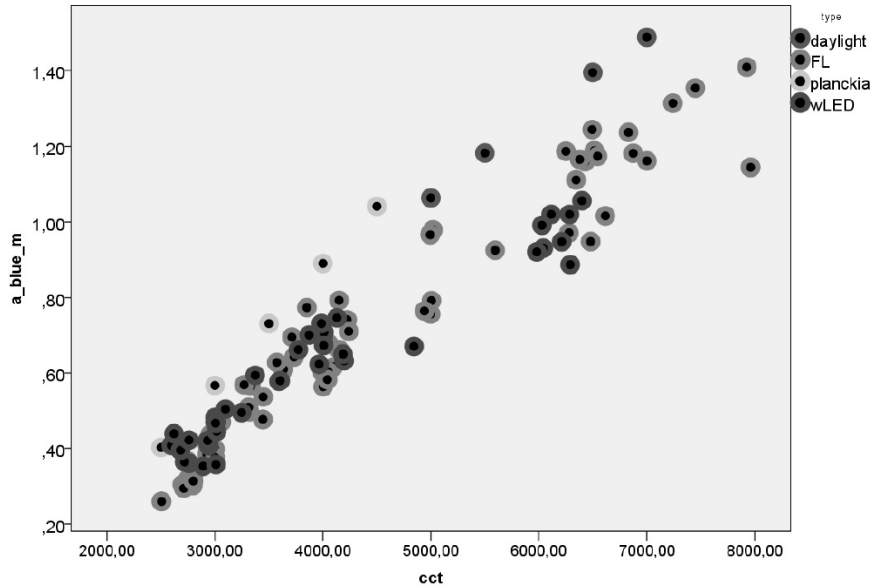


Figure 2. Relative spectral content of radiation in Monico et al.’s “blue window” (a_{blue_m}) for each one of the 118 light sources grouped by the type of light source, white LED (wLED), fluorescent lamp (FL), daylight and Planckian radiator, as a function of correlated colour temperature (CCT)

As can be seen from Figure 2, the value of the quantity a_{blue_m} for white LEDs (wLED, see the black dots in lilac circles) is generally less than for the fluorescent lamps, daylight or Planckian radiators. This tendency is especially significant for the light sources of high blue content i.e. for $CCT \geq 5000$ K.

Second, let us consider the relative spectral content of radiation in Monico et al.’s “UV window” (a_{uv_m}) for each one of the 118 light sources grouped by the type of light source, white LED (wLED), fluorescent lamp (FL), daylight and Planckian radiator, as a function of correlated colour temperature (CCT). This is depicted in Figure 3.

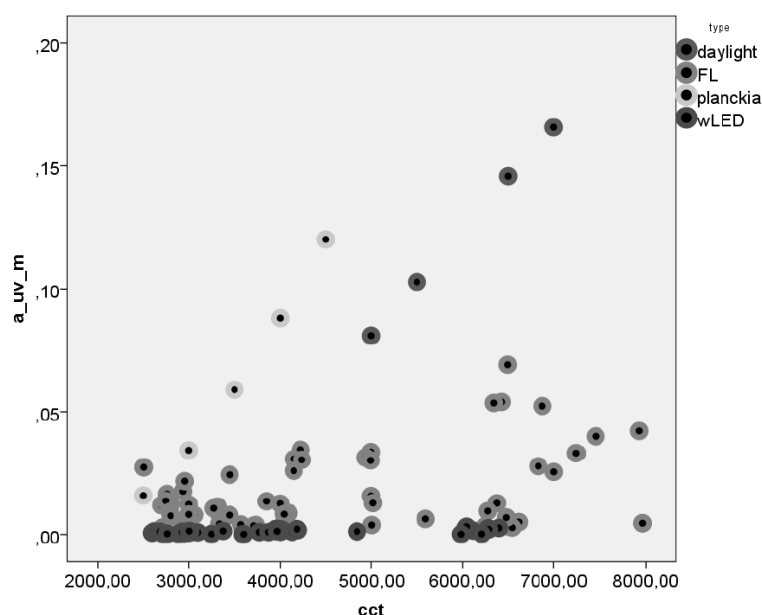


Figure 3. Relative spectral content of radiation in Monico et al.'s "UV window" (a_{uv_m}) for each one of the 118 light sources grouped by the type of light source, white LED (wLED), fluorescent lamp (FL), daylight and Planckian radiator, as a function of correlated colour temperature (CCT)

As can be seen from Figure 3, the value of a_{uv_m} for white LEDs (wLED, see the black dots in lilac circles) is generally much less than for the fluorescent lamps, daylight or Planckian radiators. This tendency is significant for all correlated colour temperatures.

The reason of the findings in Figures 2-3 is that a) white LEDs have no UV content and b) their blue radiation content is not higher than the blue radiation of the other light sources. Due to the fact that commercial white LEDs work with such blue LEDs that excite their phosphors efficiently (i.e. the blue peak wavelength is in the range of 450 nm – 460 nm), they do avoid some characteristic fluorescent short-wavelength maxima (404.7 nm, 407.8 nm and 435.8 nm). Latter maxima are obviously more dangerous for paintings than the longer blue wavelengths of commercial white LEDs at 450 nm – 460 nm. Due to their lack of UV radiation and their above mentioned longer blue wavelengths, **it can be stated that commercially available white LEDs are less dangerous in museums for the ageing of yellow painting pigments than other light sources, including fluorescent lamps and daylight.** The exact amount of ageing action of white LEDs on the yellow pigments and other pigments should be determined in a future study. It should be noted that white LEDs have a further advantage: their relative spectral power distributions can be designed very flexibly due to the different conversion phosphors. Hence white LEDs have the potential of brilliant, beautiful and easily variable museum illumination.

Literature

[1] Letizia Monico, Koen Janssens, Costanza Miliani, Geert Van der Snickt, Brunetto Giovanni Brunetti, Mariangela Cestelli Guidi, Marie Radepon, Marine Cotte, Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 4. Artificial Aging of Model Samples of Co-Precipitates of Lead Chromate and Lead Sulfate, [dx.doi.org/10.1021/ac3021592](https://doi.org/10.1021/ac3021592) | Anal. Chem. 2013, 85, 860–867.

EK3 - 554.000 adet LED lambanın toplatılmasına dair haber yazısı

554.000 LED lamba geri çağrıldı!

by PLD Türkiye on 22 Mart 2013 in Güncel, Haberler



Amerika Tüketici Ürünleri Güvenliği Komisyonu (The Consumer Product Safety Commission of America), **The Lighting Science Group'a ait 554.000 adet** LED lambanın geri çağrıldığını duyurdu. **Definity, EcoSmart, Sylvania ve Westinghouse** markaları üretilen lambaların geri çağırılma sebebi ise yangın tehlikesi. Açıklamaya göre karar, LED'lerin aşırı ısınmasından kaynaklı olarak verdiği zararlara ait 68 farklı rapor sonucunda alındı.

Etkilenen lamba modelleri **A19, G25 ve R20 (PAR20 olarak da biliniyor)**. Model tipleri şu kısaltmalardan biri veya fazlasına sahip olmalı: "ECS" Ecosmart (Home Depot markası); "DFN" Definity (LSG markası); "OSI" Osram Sylvania; veya "WHP" Westinghouse.

Şüphelenilen lambalar üretim tarihine göre verilen bir kod ile tanınıyor ve **Ekim 2010 ile Mart 2011 arasına ait**. Kodlar lambanın altında "L4810" formatında bulunuyor. "L4810" 2010 yılı 48. haftası anlamına geliyor, yani 29 Kasım 2010. Tüm tarih kodları için Amerika Tüketici Ürünleri Güvenliği Komisyonu'na ait duyuruya göz atabilirsiniz.

„Consumer Reports" dergisi "EcoSmart A19 LED Bright White 40W ECS 19WVW 120 864680" ürününü test etmiş ve bir problem ile karşılaşmamış. Ancak güvenlik tedbiri olarak böyle bir lambaya sahip iseniz, kullanmayı bırakmanızı tavsiye ederiz.

<http://cpsc.gov/en/Recalls/2013/LED-Light-Bulbs-Recalled-by-Lighting-Science-Group/>



Where Can We Use LED Light

Here we are going to show you the complete new light source LED light can be used in which occasion.

1. Buidinig exterior lighting. To cast some areas of the building is nothing but to use project-light lamps and lanterns to control beam angle, this is the same concept as the traditional project-light lamp and lanterns. But, because many buildings have no place for the traditional project-light, due to the small and thin LED light source, research and development on linear projection of lamps has become a feature of the LED projection lamps. For lighting designer it brings new lighting vocabulary and expand the creative space, its installation is convenient, can install in both level and vertical direction, and integrate with surface of building better. And have an effect on of building lighting techniques of modern and history architecture.

2. Landscape lighting. Because **LED tube light** (<http://www.led-tubelight.net/>) can organically bond with city street furniture for it is not glass blister as traditional lamps and lanterns. In the city it can illuminate recreational space such as path, stair, deck, waterfront region, and garden. For low shrubs or flowers, **LED light** (<http://www.youtube.com/watch?v=xFw4ggTX21E>) can be used as the light source. LED a hidden project-light lamp will be very popular. The fixed end can designed to be insertion type, based on the height of a plant grows, convenient to adjust.

3. Marking and telltale lighting. Places in need of space limit and guide, such as space display of road pavement, local lighting on stair step, indicating lighting of the emergency exit, can use an appropriate surface brightness spontaneous LED light underground lamp or lamps and lanterns vertically embedded in the wall, such as ground guiding light of cinema audience hall or indicator light on the flank of seat, and the floor guiding light of shopping center, etc. Plus, LED light has low tension and tough glass compared with the neon lights, will not increase the cost because of bend on the anvil, and it deserves to be widely used in designing marks.

4. Indoor space displaying lighting. LED light source will not harm products on exhibit or goods because no heat, ultraviolet and infrared radiation in the case of lighting quality. Compared with the traditional light source, lamps does not need additional light filter device, lighting system simple, cheap, easy to install. The accurate electrical lighting can be used as a substitute for the museum fiber optic lighting. Color LED is widely used in commercial lighting, indoor decorative white LED with interior decoration provides auxiliary lighting for indoor, and the hidden light band can use LED, especially advantageous for the low space.

5. Vehicle indicator light lighting. Used for vehicle navigation information road traffic LED display. **LED tube lightsuppliers** (<http://www.led-tubelight.net/LED-Tube-Light-Manufacturer.html>) replaces the same product abroad as a variable and lighting effect etc, get the universal use in the urban traffic, highway, etc. Power dispatch, vehicle dynamic tracking, vehicle dispatching management and so on, also gradually use LED panel as indicator light.

EK5 - Müze ve LED kullanımı hakkında araştırmalardan örnekler

- Darmstadt Aydınlatma Teknolojisi Departmanı-Zumtobel İşbirliği-Lindau Town Müzesi-Picasso “Harlequin” Eseri Aydınlatması. Rapor İçin Bakınız:

http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/en/Study_Art_and_Culture_Picasso.pdf

- “Guidelines for Selecting Solid-State Lighting for Museums”¹²⁸ -The Getty Conservation Institute, Canadian Conservation Institute

Demonstrasyon yapılan müze ve sergiler:

Getty Müzesi- 19. yüzyıl fotoğrafları sergisi, Jordan Schnitzer Sanat Müzesi, Smithsonian Amerikan Sanatı Müzesi

- “Caution urged when considering LED light sources for light-sensitive materials- Dale Paul Kronkright”¹²⁹ – The Getty Conservation Institute¹³⁰

Araştırma Yapılan Müze: Georgia O’Kafee Müzesi

¹²⁸ Uzman Jim Druzik ile yapılan yazışma sonucu rehber verileri edinilmiştir (17.07.2012). Bu rehberin hedef kitle olarak Kuzey Amerika’yı kapsamakla birlikte, başka ülkelerde de benzer testlerin üreticiler tarafından üstlenilmesi talebinde bulunulması yönünde bilgi verilmiştir. Rehber isteği için:

http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/lighting/lighting_component8.html

¹²⁹ <http://cool.conservation-us.org/byform/mailling-lists/cdl/2010/0361.html>

¹³⁰ The Getty Institute’un Müze Aydınlatması ile ilgili videosu: http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/videos/museum_lighting.html

ÖZGEÇMİŞ

Natali Nivart Koçyan, 1984 İstanbul doğumlu. Özel Pangaltı Lisesi'nden birincilikle mezun olduktan sonra 2002 yılında başladığı Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünde öğrenimine devam etti. 2008 yılında mimar ünvanıyla mezun oldu. Sektörde çeşitli firmalarda çalışırken 2010 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Sanat Tasarım Fakültesi Müzecilik Yüksek Lisans programına kabul edildi. Öğrenimi sırasında, öğrenci sergi çalışmalarına katıldı ve sergilerin tasarımında yer aldı. Müze aydınlatması alanında aldığı dersi ileri götürerek, konuda uzmanlığını artırmak için Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık fakültesi Mimarlık bölümü Yapı Fiziği Yüksek Lisans programından “Renk Kuramları”; “Aydınlık Düzenleme 1” ve “Aydınlık Düzenleme 2” derslerini aldı. Şu an Erginoğlu & Çalışlar Mimarlık ofisinde mesleki çalışmalarına devam etmektedir.

Katıldığı Aydınlatma Konulu Etkinlikler:

- Müzelerde Yeni Teknolojiler (2010)
- 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi (2011)
- LED & LED Lighting Fuarı (2011)
- Genişletilmiş Sektör Toplantısı, AGİD (2011)
- İstanbulLight Aydınlatma Teknolojileri Fuarı (2011)
- Başarı Hikayeleri Konferansı, İstanbulLight Fuarı (2011)
- Işık ve Mekan Atölye Çalışması, İstanbulLight Fuarı (2011)
- Mimaride Işık-Volume 1 (2011)
- 3. LED Konferansı, Marmara Fuarcılık (2011)
- Genişletilmiş Sektör Toplantısı, AGİD (2012)
- LED konferansı, LED & LED Lighting Fuarı (2012)
- LED & LED Lighting Fuarı (2012)
- İstanbulLight Aydınlatma Teknolojileri Fuarı (2012)
- Karanlığı Aramak Film Gösterimi, PLD Türkiye (2012)
- 4. LED Konferansı, Marmara Fuarcılık (2012)
- LightTech Fuarı, Senexpo Fuarcılık (2012)
- Mimaride Işık-Volume 2 (2012)
- 9. Ulusal Aydınlatma Kongresi (2013)
- İstanbulLight Aydınlatma Teknolojileri Fuarı (2013)
- Mimaride Işık-Volume 3 (2013)