

T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇ MEKÂN
YAPAY AYDINLATMA TASARIMINDA
OLED UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İç Mimar Tuğba BERATOĞLU

İç Mimarlık Anabilim Dalı

İç Mimarlık Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Damla ALTUNCU

ARALIK 2016

Tuğba BERATOĞLU tarafından hazırlanan İÇ MEKAN YAPAY AYDINLATMA TASARIMINDA OLED UYGULAMALARI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.




Yrd. Doç. Dr. Damla ALTUNCU

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İç Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.


Başkan:

: YRD. DOÇ. DR. DAMLA ALTUNCU 


Üye

: PROF. DR. BORA ÖZGEN 


Üye

: YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA ADIL KASAPSEKİN 

4. Üye

: PROF. DR. İPEK FİTÖZ 

Üye

: YRD. DOÇ. CEMAL TURKAT 

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii

1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı	1
1.2. Araştırmanın Kapsamı	3
1.3. Araştırmanın Yöntemi.....	4
2. GENEL TANIM VE KAVRAMLAR	5
2.1. Aydınlatma	5
2.2. Aydınlatmanın Tarihsel Gelişimi	6
2.3. Aydınlatma Çeşitleri	8
2.3.1. Doğal Aydınlatma	8
2.3.2. Yapay Aydınlatma	12
2.4. Yapay Aydınlatma Biçimleri	14
2.4.1. Genel Aydınlatma	14
2.4.2. Bölgesel Aydınlatma.....	19
2.5. Yapay Aydınlatma Kaynağına Göre Aydınlatma Türleri	21
2.5.1. Noktasal Aydınlatma.....	21
2.5.2. Doğrusal Aydınlatma	21
2.5.3. Düzlemsel Aydınlatma.....	21
2.6. Yapay Aydınlatma Kaynakları.....	22
2.6.1. Isıl Işıma Yapan Kaynaklar.....	24
2.6.2. Işıl Işıma Yapan Kaynaklar.....	28
2.6.3. Yeni Nesil Yapay Aydınlatma Sistemleri	32
2.6.3.1. Fiber Optik Aydınlatma	32
2.6.3.2. LED Teknolojisi.....	35
3. KATI HAL AYDINLATMASI.....	36
3.1. LED Aydınlatma	36
3.2.1. LED Aydınlatma Gelişim Süreci	37
3.2.2. LED Aydınlatma Yapısal Özellikleri.....	38
3.2.3. LED Aydınlatma Aygıtları ve Lamba Türleri.....	42
3.2.4. LED Aydınlatma Kullanım Süresi (Ömrü)	47
3.2.5. LED Aydınlatma Avantajları	48

3.2.6. LED Aydınlatmanın Kullanım Alanları.....	49
3.3. OLED Aydınlatma	52
3.3.1. OLED Aydınlatma Gelişim Süreci	52
3.3.2. OLED Aydınlatma Yapısal Özellikleri.....	54
3.3.2.1. OLED Katmanları	54
3.3.2.2. OLED Çalışma Prensibi.....	56
3.3.2.3. OLED Üretim Şekli	57
3.3.3. OLED Türleri ve OLED Aydınlatma Panelleri	58
3.3.4. OLED Aydınlatma Performans Değerlendirmeleri	64
3.3.5. OLED Avantajları	67
3.4. LED ve OLED Aydınlatma Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	69
3.5. OLED Aydınlatma Kullanım Alanları	72
4. İÇ MEKÂNDAN YENİ NESİL YAPAY AYDINLATMA UYGULAMALARI VE OLED TEKNOLOJİSİ	73
4.1. Mekân Kavramı ve Algısı	73
4.2. Aydınlatmanın Mekan Algısına Etkisi.....	75
4.3. İç Mekânda Yapay Aydınlatma Konusunda Genel Kurallar	77
4.4. İç Mekânda Yeni Nesil Yapay Aydınlatma Uygulamaları	79
4.5. OLED Aydınlatma İç Mekan Çözümleri	79
4.5.1. OLED Panel Çözümleri İle Aydınlatma	80
4.5.2. OLED Panel İle Armatür Tasarımları	89
4.5.3. OLED Panel İle İç Mekân Tasarımında Dekoratif Uygulamalar.....	98
4.5.4. OLED Sanat Ve Işık Enstalasyonları.....	105
4.6. Gelecekte Uygulanabilecek OLED İç Mekân Aydınlatma Projeleri	110
4.6.1. GEN 5 OLED Aydınlatma Panelleri.....	110
4.6.2. Yapay Pencere ve Çatı Teknolojisi.....	111
4.6.3. OLED Panel Araştırma - Geliştirme Projeleri ve OLED100.Eu	113
4.7. İç Mekân Tasarımında OLED Aydınlatma Önerileri.....	119
5. SONUÇ.....	130
KAYNAKLAR	134

İÇ MEKÂN YAPAY AYDINLATMA TASARIMINDA OLED UYGULAMALARI

(Yüksek Lisans Tezi)

İç Mimar Tuğba BERATOĞLU

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2016

ÖZET

İç mekân tasarımında istenilen atmosferi oluşturmak için kullanılan en önemli öğelerden biri yapay aydınlatmadır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte yapay aydınlatmada kullanılan geleneksel yöntemlerin yerini almaya başlayan yeni nesil aydınlatma sistemlerine her geçen gün farklı bir özellik eklenmektedir. Yeni nesil sistemler içerisinde önde gelen bir tür olan katı hal aydınlatmalar; "ışık yayan diyot" (light emitting diode - LED) ve "organik ışık yayan diyot" (organic light emitting diode - OLED) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Bu araştırmada, aydınlatma ve yapay aydınlatma ile ilgili genel tanım ve kavramlar örnekler ile açıklandıktan sonra katı hal aydınlatma sistemleri incelenmiştir. LED ve OLED aydınlatma sistemlerinin özellikleri karşılaştırılmıştır. OLED aydınlatma düzlemsel ve esnek yapısı ile geleneksel lambadan oldukça farklı bir yapay aydınlatma kaynağıdır. 2000'li yılların sonunda iç mekân aydınlatmasında kullanılmaya başlanan OLED aydınlatma panelleri, OLED aydınlatma armatürleri, dekorasyonda kullanılan OLED panelleri ve OLED ışık enstalasyonları araştırmada örneklerle incelenmiştir.

OLED araştırma ve geliştirme projelerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda gelecekte yapılabilecek OLED iç mekân aydınlatma uygulamaları hakkında tasarım önerileri verilmektedir. OLED panellerin bir tekstil malzemesi gibi esnek yapıda olması, birçok malzeme ile kolay uyum sağlaması ve üstün teknik özellikleri sebebiyle geleceğin yapay aydınlatma kaynağı olabileceği vurgulanmaktadır.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : OLED, Katı Hal Aydınlatma, Yapay Aydınlatma, İç Mekan, Aydınlatma Teknolojisi, Yeni Nesil Yapay Aydınlatma Sistemleri

Sayfa Adedi : 147

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Damla ALTUNCU

OLED APPLICATIONS
IN INTERIOR ARTIFICIAL LIGHTING DESIGN

(Master of Science Thesis)

Interior Architect Tuğba BERATOĞLU

MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

December 2016

ABSTRACT

One of the essential components used to create a desired atmosphere in interior design is artificial lighting. New-generation lighting systems began to replace the conventional methods used in artificial lighting thanks to the technological developments and are enriched with a different feature every passing day. Solid-state lightings, a leading type among new-generation systems, are classified in two groups as "light-emitting diode" (LED), and "organic light emitting diode" (OLED).

In this study, the common terms and concepts relating to lighting and artificial lighting are clarified with elaborate examples and then solid-state lighting systems are discussed. The characteristics of LED and OLED lighting systems are then compared. OLED lighting is a source of artificial lighting which is quite different from conventional lamp thanks to its planar and flexible structure. Finding their place in interior lighting towards the end of the 2000s, OLED lighting panels, OLED lighting luminaires, decorative OLED panels and OLED light installations are discussed in this study with elaborate examples.

The study gives design examples on interior artificial lighting applications which might be carried out in the future in line with know-how coming from OLED research and development projects. It is underlined that OLED panels might be the source of artificial lighting of the future as they are structurally flexible like a textile material and are readily compatible with many materials, in addition to their superior technical features.

Science Code :

Key Words : OLED, Solid State Lighting, Artificial Lighting, Interior Space, Lighting Technology, New Generation Artificial Lighting Systems

Page Number : 147

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Damla ALTUNCU

ÖNSÖZ

Öncelikle tez çalışmam boyunca bana bir arkadaş gibi yaklaşan, değerli fikirleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Damla ALTUNCU'ya katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İlgisini hiçbir zaman esirgemeyen Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. İpek FİTOZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Manevi destekleriyle bana güç veren araştırma görevlisi Esra BAYIR'a, kimya mühendisi Handan ENGİNKALP'e, öğrenim hayatım boyunca beni destekleyen anne ve babama teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Aralık 2016

Tuğba BERATOĞLU

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Yapay aydınlatma biçimleri değerler tablosu	15
Çizelge 3.1. LED lamba türleri.....	45
Çizelge 3.2. OLED teknolojisi hakkında önemli gelişmeler.....	53
Çizelge 3.3. OLED panel çeşitleri ve sayısal değerler.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Le Corbusier – Ron Champ Şapeli	9
Şekil 2.2. Tadao Ando – Koshino Evi – Işık ve gölge etkisi	10
Şekil 2.3. Mecenat Sanat Müzesi doğal ışıkla aydınlatma.....	11
Şekil 2.4. Yapay aydınlatma örneği – Barney Mağazası – Newyork	12
Şekil 2.5. Dolaysız aydınlatma - Restoran tasarımı	16
Şekil 2.6. Dolaylı aydınlatma örneği	17
Şekil 2.7. Yarı dolaysız aydınlatma, restoran örneği	18
Şekil 2.8. Homojen aydınlatma örneği.....	18
Şekil 2.9. Sosein Restoran, Almanya – Bölgesel aydınlatma örneği.....	20
Şekil 2.10. Yönlendirme aydınlatması örnekleri.....	20
Şekil 2.11. Akkor telli lamba yapısı.....	25
Şekil 2.12. Halojen lamba yapısı.....	27
Şekil 2.13. Halojen lamba modelleri.....	27
Şekil 2.14. Floresan lambanın içyapısı	29
Şekil 2.15. (a) Spiral (b) Doğrusal (c) Dairesel (d) U tipi floresan lambalar	29
Şekil 2.16. Fiber optik kablolar.....	33
Şekil 2.17. Fiber optik tavan aydınlatması.....	34
Şekil 2.18. LED aydınlatma iç mekân örneği	35
Şekil 3.1. LED yapısı	38
Şekil 3.2. Renk sıcaklıkları	41
Şekil 3.3. LED renkleri	42
Şekil 3.4. LED ampul bileşenleri	44
Şekil 3.5. LED şerit lamba ve LED sıva altı lamba ile konut aydınlatması.....	49
Şekil 3.6. LED aydınlatma ile mekân tasarımı	50
Şekil 3.7. LED şerit (strip) lamba kullanımı	50
Şekil 3.8. LED şerit ile tünel aydınlatması	51
Şekil 3.9. LED lambanın araç içi aydınlatmada kullanılması.....	51

Şekil 3.10. OLED Katmanları	55
Şekil 3.11. OLED Çalışma Prensipleri.....	56
Şekil 3.12. OLED katmanları şeması.....	57
Şekil 3.13. OLED katmanları.....	57
Şekil 3.14. Ink-Jet (Mürekkep Püskürtmeli) baskı ile OLED üretimi	58
Şekil 3.15. "Pasif matris" OLED çalışma şeması	59
Şekil 3.16. PMOLED ekran.....	59
Şekil 3.17. "Aktif Matris" OLED yapısı	59
Şekil 3.18. AMOLED ekranlı akıllı telefon.....	59
Şekil 3.19. Esnek (flexible) OLED yapısı.....	60
Şekil 3.20. Esnek OLED örnekleri.....	61
Şekil 3.21. Transparan OLED yapısı	60
Şekil 3.22. TOLED ekran.....	61
Şekil 3.23. Üstten ışık yayan OLED yapısı.....	61
Şekil 3.24. OLED akıllı kart.....	61
Şekil 3.25. Beyaz ışık yayan OLED yapısı	61
Şekil 3.26. Beyaz OLED paneller	61
Şekil 3.27. OLED aydınlatma paneli yapısı.....	62
Şekil 3.28. Dünyanın ilk OLED aydınlatma armatürü.....	62
Şekil 3.29. 2014 – 2023 yılları arasında OLED performans değerlendirmeleri	64
Şekil 3.30. Farklı renk sıcaklıklarında OLED ışık akısı grafiği.....	65
Şekil 3.31. OLED kullanım süresi grafiği.....	66
Şekil 3.32. Mavi ışıksız OLED	66
Şekil 3.33. Geliştirici firmalara göre OLED performans karşılaştırması.....	67
Şekil 3.34. LED ve OLED yapısı.....	69
Şekil 3.35. LED ve OLED ışık dağılımı ve gölge karşılaştırması	70
Şekil 3.36. LED ve OLED performans karşılaştırması.....	70
Şekil 3.37. LED ve OLED ışık	71
Şekil 3.38. LED ve OLED gelişim ve üretim grafiği.....	71
Şekil 3.39. İç mekânda OLED panel kullanımı	72
Şekil 4.1. James Turrell ışık enstalasyonları.....	76
Şekil 4.2. Lobi - OLED aydınlatma tasarımı – Frankfurt, Almanya.....	81
Şekil 4.3. Hamburg Tiyatrosu – Almanya	81
Şekil 4.4. İdemitsu Müzesi - Japonya	82

Şekil 4.5. Şeffaf OLED ekran kullanımı.....	82
Şekil 4.6. Belport Mağazası OLED raf aydınlatması.....	83
Şekil 4.7. OLED deneme kabini aydınlatması.....	83
Şekil 4.8. OLED aydınlatma paneli ile ofis aydınlatması.....	83
Şekil 4.9. OLED araç içi aydınlatması.....	84
Şekil 4.10. "AeroLiner3000" OLED iç mekan aydınlatması.....	85
Şekil 4.11. "O.Loop" esnek OLED panel ile Blackbody OLED aydınlatma Showroom tasarımı.....	86
Şekil 4.12. Renk değiştirebilen OLED aydınlatma panelleri - ofis binası girişi / Tokyo.....	87
Şekil 4.13. Banyoda ayna OLED panel kullanımı.....	87
Şekil 4.14. OLED ray panel montaj.....	88
Şekil 4.15. OLED ray panellerin iç mekânda kullanımı.....	88
Şekil 4.16. OLED ray paneller ile showroom aydınlatması / Londra.....	88
Şekil 4.17. "Kış Bahçesi" toplantı odası – Audi Müzesi / Ingolstadt , Almanya.....	89
Şekil 4.18. Sarkıt Lamba – Berlin.....	90
Şekil 4.19. Seul Üniversitesi Kütüphanesi – OLED masa lambaları.....	91
Şekil 4.20. "BingBang" - OLED Armatür.....	91
Şekil 4.21. "Kaynak" (The Source) OLED aydınlatma armatürü - Aquis Plaza alışveriş merkezi / Almanya.....	92
Şekil 4.22. "I rain" OLED aydınlatma armatürü.....	93
Şekil 4.23. "Thin Air" OLED armatür.....	93
Şekil 4.24. "Pikselleştir" aydınlatma armatürü.....	94
Şekil 4.25. Marley Kafe – Kore.....	94
Şekil 4.26. Rollercoaster OLED aydınlatma armatürü.....	95
Şekil 4.27. "NomiOLED" aplik ve koridor aydınlatmasında kullanımı.....	95
Şekil 4.28. Dominic Harris & Cinimod Studio tarafından tasarlanan OLED avize ..	96
Şekil 4.29. "Living Sculpture" kinetik OLED aydınlatma armatürü.....	96
Şekil 4.30. "Living Sculpture" 3D OLED armatür.....	97
Şekil 4.31. "Manta Rhei" Kinetik OLED aydınlatma armatürü.....	97
Şekil 4.32. "Lucky Eye" OLED aydınlatma paneli ile ayna tasarımı.....	98
Şekil 4.33. "Melek" OLED aydınlatma.....	99
Şekil 4.34. "Vittorina" OLED aydınlatma.....	99
Şekil 4.35. "ONA" OLED masa lambası.....	99
Şekil 4.36. Kaiteki Kafe – Tokyo, Japonya.....	100

Şekil 4.37. Okamura Şirketi – Tokyo, Japonya	100
Şekil 4.38. "Kolay Kapı" (Easy Door) OLED dekoratif duvar	100
Şekil 4.39. OLED dekoratif duvar paneli.....	101
Şekil 4.40. "Baby Doll" dekoratif ayna OLED panel armatür tasarımı	101
Şekil 4.41. "Teka" OLED dekoratif lamba	102
Şekil 4.42. "Jardin" renkli OLED paneller ile ışık enstalasyonu	102
Şekil 4.43. OLED aydınlatma paneli entegre edilmiş ipek perde	103
Şekil 4.44. OLED fiber dokuma tekstil.....	104
Şekil 4.45. OLED aydınlatma giysi tasarımı	104
Şekil 4.46. "OLED kar küresi" (OLED Snow dome) ve "OLED renkli sandalye" (OLED color chair)	105
Şekil 4.47. Dandelion ışık heykeli – Münih.....	106
Şekil 4.48. "Piksel Takımyıldızı" OLED ışık enstalasyonu.....	106
Şekil 4.49. "Infuse" ışık enstalasyonu – Milano, İtalya	107
Şekil 4.50. "OLED Lale" ışık enstalasyonu	107
Şekil 4.51. "Zarf" ve "Yörünge Aynası" ışık enstalasyonu.....	108
Şekil 4.52."Forest of Evolution" OLED ışık enstalasyonu	109
Şekil 4.53. "Kurdele" (The Ribbon) OLED ışık enstalasyonu.....	109
Şekil 4.54. Yapay pencere teknolojisi örneği.....	111
Şekil 4.55. Yapay çatı teknolojisi örneği	112
Şekil 4.56. OLED pencereli uçak simülasyonu	112
Şekil 4.57. "TOPAS 2012" kapsamında tavanında OLED aydınlatma kullanılan araç	113
Şekil 4.58. Konut iç mekan - OLED renk sıcaklıkları senaryosu - 3000K (sol üst), 4000K (sağ üst), 6500K (sol alt), 4000K	116
Şekil 4.59. Konut iç mekan OLED panel boyutları - 60 x 60 cm ² panel (sol-üst), 30 x 30 cm ² panel (sağ-üst), 15 x 15 cm ² panel (sol-alt), 15 x 15 cm ² panel (under TLM conditions) (sağ-alt)	117
Şekil 4.60. Ofis OLED panel modelleri - kare panel (sol üst), altıgen panel (sağ üst), dekoratif panel (sol alt), kare panel (sağ alt)	118
Şekil 4.61. 33 cm x 33 cm OLED panel mağaza aydınlatma projesi.....	119
Şekil 4.62. Gündüz - OLED çatı ve pencere uygulaması önerisi	120
Şekil 4.63. Gece - OLED çatı ve pencere uygulaması önerisi	121
Şekil 4.64. Alışveriş merkezi - OLED yapay pencere aydınlatması önerisi	121
Şekil 4.65. Sınıf - OLED aydınlatma çatı penceresi önerisi	122
Şekil 4.66. Havuz - OLED tavan aydınlatması önerisi	122

Şekil 4.67. Sınıf - OLED tavan aydınlatması önerisi.....	123
Şekil 4.68. Tavan ve zeminde OLED panel kullanımı önerisi.....	123
Şekil 4.69. Merdiven - OLED aydınlatma önerisi.....	124
Şekil 4.70. Tavan ve zeminde OLED aydınlatma uygulaması önerisi.....	124
Şekil 4.71. OLED duvar ve zemin paneli ile aydınlatma önerisi.....	125
Şekil 4.72. OLED duvar paneli ile aydınlatma önerisi.....	125
Şekil 4.73. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar.....	126
Şekil 4.74. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar.....	126
Şekil 4.75. OLED dijital duvar yüzeyi ve tavan önerisi.....	127
Şekil 4.76. Geniş alan OLED ayna paneller ile mağaza önerisi.....	127
Şekil 4.77. Sanat Galerisi - Mdf Paneller Üzerine OLED aydınlatma uygulaması önerisi.....	128
Şekil 4.78. Pencerede ve mobilyada OLED aydınlatma önerisi.....	128
Şekil 4.79. Samara - OLED aydınlatma armatürü.....	129

KISALTMALAR LİSTESİ

OLED	: Organic Light Emitting Diode (Organik Işıık Yayan Diyot)
PMOLED	: Passive Matrix OLED (Pasif Matriks OLED)
AMOLED	: Active Matrix OLED (Aktif Matriks OLED)
WOLED	: White OLED (Beyaz OLED)
FOLED	: Flexible OLED (Esnek OLED)
P-OLED	: Polymer OLED (Polimer OLED)
TOLED	: Transparent Organic Light Emitting Diode (Transparan OLED)
LED	: Light Emitting Diode (Işıık Yayan Diyot)
LEP	: Light Emitting Polymer (Işıık Yayan Polimer)
VTE	: Vacuum Thermal Evaporation (Vakum Termal Buharlaşıtırma)
OEL	: Organic Electro Luminescence (Organik Elektro Lüminesans)
EL	: Electro Luminescent (Elektro Lüminesans)
RGB	: Red, Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
SSL	: Solid State Lighting – Katı Hal Aydınlatması
R&D	: Research and Development (Araşıtırma ve Gelişirme)
CRI	: Color Rendering Index (Renksel geriverim İndeksi)
R2R	: Roll-to-Roll (Rulodan ruloya)
RSSB	: İngiliz demiryolu sanayi kuruluşı
Lili	: Light InLine
NEMO	: New materials for OLEDs from solutions
TDK	: Türk Dil Kurumu
syf.	: Sayfa

1. GİRİŞ

1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Işık, tarih boyunca insan hayatında ki en önemli unsurlardan biri olmuştur İnsanlık genişliğinden yararlanarak doğal aydınlatma kavramıyla tanışmış ve ateşin bulunmasıyla yapay aydınlatmanın gelişim süreci başlamıştır. Elektrik ise bu gelişim sürecinde ki en önemli dönüm noktasıdır. Yapay aydınlatma yaşam için önde gelen bir gereksinim olmasının yanı sıra, mimari bir tasarımın biçimlenip, algılamasında da çok önemli faktördür.

21. Yüzyılda geleneksel aydınlatma kaynaklarına alternatif olarak yeni nesil sistemler geliştirilmektedir. Katı hal aydınlatmaları da bu yeni nesil kaynaklardan biridir. "Işık yayan diyot" (light emitting diode - LED) ve "organik ışık yayan diyot" (organic light emitting diode - OLED) olarak sınıflandırılan katı hal aydınlatma kaynakları getirdiği avantajlar ile aydınlatma sektöründe yeni bir dönemi başlatmıştır. LED aydınlatmalar, yüksek verimlilik, uzun ömürlülük ve işlevsellik gibi birçok özelliğe sahiptir. OLED ise LED aydınlatmadan sonra geliştirilen LED'in organik tabakalar içeren şeklidir. OLED aydınlatma teknolojisi, diğer aydınlatma teknolojilerinden oldukça farklıdır.

OLED aydınlatma sistemleri esnek yapıda, eğilip bükülebilen ince bir yüzeydir ve bu yüzeyden ışık yaymaktadır. Işık dağılımı homojendir. OLED ile hiçbir aydınlatma armatürüne ihtiyaç duymadan farklı kullanım alanlarına yönelik işlevsel tasarımlar oluşturabilmek mümkündür. OLED; esnek yapıya sahip aydınlatma paneli, pencere veya yansıtıcı ayna olarak kullanılabilir. OLED aydınlatma panelleri doğal görünümlü ışık oluşturmak için gerekli özelliklere sahiptir. Örneğin doğal ışık almayan bir mekânda pencere simülasyonu veya perde ile doğal ışık algısı elde edilebilmektedir.

Araştırmanın amacı, aydınlatma kaynağının bir tekstil malzemesi gibi istenilen forma girebilmesinden yola çıkarak, OLED aydınlatma ile mekân tasarımında uygulanabilecek alternatif çözümleri örneklendirmektir. Bazı temel sorunlar çözüldükten sonra geniş alan OLED aydınlatma panellerin ticari üretimi başlayacaktır. Ayrıca OLED aydınlatma panellerinin genel aydınlatma kaynağı gibi kullanılmasının etkilerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Teknolojik gelişmeler (ışık yayan pencereler ve duysal aydınlatma gibi) ile aydınlatma tasarımında önemli bir değişim yaşanacağı vurgulanmaktadır.



1.2 ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Araştırmanın kapsamında öncelikle aydınlatmanın tarihsel gelişimi ve doğal ve yapay aydınlatma kaynakları örneklendirilmiştir. Yapay aydınlatma biçimleri ve yapay ışık kaynağına göre aydınlatma biçimleri tanımlanmıştır. Yapay aydınlatma kaynakları ısıya ışığa yapan kaynaklar, ışıl ışığa yapan kaynaklar ve yeni nesil yapay aydınlatma sistemleri olarak sınıflandırılmıştır.

Üçüncü bölümde, yeni nesil bir aydınlatma teknolojisi olan katı hal aydınlatmalar; ışık yayan diyot "light emitting diode" (LED) ve organik ışık yayan diyot "organic light emitting diode" (OLED) olarak iki gruba ayrılmıştır. LED ve OLED aydınlatmanın gelişim süreci, yapısal özellikleri, üretim teknikleri, türleri ve kullanım alanları tanımlanmıştır. LED ve OLED aydınlatma sistemleri karşılaştırılarak avantaj ve dezavantajları örneklerle incelenmiştir.

Dördüncü bölümünde öncelikle mekân kavramı, algısı ve yapay aydınlatmanın mekân algısına etkisi tanımlanmıştır. İç mekânda yapay aydınlatma kuralları ve iç mekânda yeni nesil uygulamalar sınıflandırılmıştır. Günümüzde uygulanan OLED aydınlatma iç mekân çözümleri OLED panel çözümleri, OLED panel ile armatür çözümleri ve OLED panel ile iç mekân ışık enstalasyonları olarak OLED teknolojisi ile ilgili güncel gelişmeler takip edilerek 4 ayrı grupta örneklerle incelenmiştir.

Yakın tarihte uygulanabilecek OLED iç mekân aydınlatma projeleri; gen 5 OLED aydınlatma paneli, yapay pencere - çatı teknoloji ve OLED panel geliştirme projeleri örneklendirilmiştir. İç mekân tasarımında yakın gelecekte kullanılacak OLED aydınlatma örnekleri verilmiştir. Araştırmanın sonucunda, OLED aydınlatma teknolojisinin iç mekân tasarımındaki önemi ve OLED aydınlatma panelleri ile gelecekte uygulanabilecek tasarım önerileri geliştirilmiştir.

1.3. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

İç mekân tasarımında yapay aydınlatma mekân atmosferinin olumlu ya da olumsuz yönde değişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden aydınlatma teknolojisi hakkında gelişmeler aydınlatma tasarımında önemli bir yere sahiptir. Bir katı hal aydınlatma türü olan organik ışık yayan diyotlara (OLED) vurgu yapılan araştırmada öncelikle aydınlatma hakkında genel tanım ve kavramlar ve tarih öncesi çağlardan 21. yüzyıla kullanılan aydınlatma türleri hakkında gerekli literatür taramaları yapılmış ve açıklamalara yer verilmiştir.

Katı hal aydınlatmalar ile ilgili kitap, makale ve internet kaynaklardan edinilen bilgiler doğrultusunda; LED ve OLED aydınlatma sistemlerinin gelişimi, çalışma prensibi, yapısı, türleri, avantajları ve kullanım alanları incelenmiştir. LED ve OLED sistemlerinin performans değerlendirmeleri hakkındaki grafikler incelenmiş araştırma bu konuda örneklendirilmiştir.

OLED teknolojisi ve OLED aydınlatma panelleri konusunda yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Japonya, Çin, Almanya ve Fransa gibi farklı ülkelerde her yıl yapılan OLED araştırma ve geliştirme proje raporlarından yararlanılmıştır. OLED teknolojisi konusunda yapılan araştırmalar öncelikle 2005 yılı ve sonrasında yazılmış araştırma ve geliştirme projelerini kapsamaktadır. OLED teknolojisi ile ilgili raporlardaki genel bilgiler detaylı olarak incelendikten sonra, OLED aydınlatma ile ilgili bölümlere odaklanılmıştır.

OLED aydınlatma teknolojisinin günümüzde ve yakın gelecek iç mekân tasarımında kullanımının örneklerle incelenmesini kapsayan araştırmada yapay aydınlatma kaynakları, katı hal aydınlatma sistemleri, organik ışık yayan diyotlar (OLED) araştırılmıştır. OLED'lerin iç mekân yapay aydınlatma tasarımında kullanımı hakkında incelemeler yapılmıştır. OLED araştırma ve geliştirme projeleri doğrultusunda gelecek yıllarda iç mekân yapay aydınlatma tasarımında kullanılacak OLED önerileri örneklerle incelenmiştir.

2. GENEL TANIM VE KAVRAMLAR

2.1. AYDINLATMA

"Aydınlatmak, geçişli (transitif) bir fiildir. Yani öznenen bir tümceye geçişin söz konusu olduğu fiiller türündendir; bir şeyi almak, bir şeyi okumak, bir şeyi aydınlatmak gibi. Tanımına göre aydınlatma, bir ışık kaynağının bir başka nesneye ya da belli bir çevreye ışık yollayarak, onun görünürlüğünü sağlaması anlamına gelir. Buna göre aydınlatmanın amacı ışık kaynağının değil, bu kaynağın aydınlattığı çevre ve nesnelerin görünür duruma gelmesidir."¹

Aydınlatma tekniğinin amacı ise, iyi görme koşullarını sağlamaktır.² Çevreyi ve nesneyi görünür duruma getirirken belirli aydınlatma teknikleri ve görsel konfor koşulları, estetik ve psikolojik değerler çerçevesinde dikkate alınmalıdır.

Görsel konfor koşullarını sağlamak için öncelikle aydınlatmada kullanılan lamba ya da ışıklıklardan çıkan ışığın, doğrudan göze gelmesi önlenerek, ışık aydınlatılacak konuya yönlendirilmelidir. Eğer bu sağlanmazsa, göze gelen ışık, az ya da çok, göz kamaşmasına neden olacak, görme organı uyuma yapacak ve aydınlatılmış olan nesne, alan, yüzey vb. daha az aydınlanmış gibi görünecektir. Yani göze gelen ışık, oluşturulan aydınlıktan daha az yararlanılmasına, yeterli olabilecek olan aydınlık düzeyinin yetersiz olarak algılanmasına neden olacaktır.³

Corbusier göre, ⁴ "Gözlerimiz ışıkta biçimleri görmek üzere yapılmıştır."

İnsanlar çevrelerini işitme, görme, koku alma gibi duyularla algılamaktadır. Aydınlatma literatüründe yer alan araştırma sonuçları gösteriyor ki, çevreyi algılayıp değerlendirmede görsel duyunun payı toplam duyulanmanın yaklaşık %95'i

¹ Sirel, Ş., 2001. Aydınlatma ve Mimarlık

² Sirel, Ş.,1992. Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, Aydınlığın Niteliği.

³ YFU, Aydınlatma Tekniği Seminer Notları, 2007, s. 30.

⁴ Corbusier, L., Towards a New Architecture, 1927.

oranındadır. Görsel algı ise, ışığa, aydınlığa bağlıdır. Görsel algıyı sağlayan ışık gördüğü ışınımlardan oluşmaktadır. Işık; göz ile vardır ve gözün ışığı ve rengi nasıl algıladığını bilmek, aydınlatma tekniği açısından önemli bir yere sahiptir.⁵

"Görme koşullarının "iyi" olarak nitelendirilebilmesi, aydınlatma tekniğinde, aşağıdaki sonuçların elde edilebilmiş olması koşuluna bağlanmıştır:

- Görünmesi gereken en ufak parçaları kolayca görebilmek
- Yüzey biçimlerini ve dokuları doğru algılayabilmek
- Devingenliği, yön, hız, ivme vb. bileşenleri ile doğru algılayabilmek
- Renkleri doğru görebilmek ve en ufak renk ayrımlarını fark edebilmek
- "İyi görmeyi" yorulmadan, uzun süre sürdürebilmek

Bu sonuçlardan gerekli olanların seçimi ve bunların sağlanması, aydınlatma tekniğinin eksiksiz uygulanmasına bağlıdır."⁶

Jones,⁷ Aydınlatma tasarımının hem bir sanat hem de bir bilim olduğunu vurgular ve açıklar; gereksinim duyulan aydınlatma miktarı ve ışığın kalitesini belirleyen bazı etmenler niceldir ve bilimdir. Fakat ışık ancak duyular yardımıyla hissedilir ve sayıların birbirlerine eklenerek bu durumu ifade etmeleri anlamsızdır ve bu bir sanattır. Aydınlatma insanları aktif, rahatlamış, üretken ve yaşam dolu yapma yönünde motive ederek olumlu bir etki yaratır ve aynı zamanda mekânın görünürlüğü, karakterini ve atmosferini belirlerken beraber kullanıldığı ortamla da uyumlu bir ilişki kurmalıdır.

2.2. AYDINLATMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Tarih öncesi dönemlerden itibaren aydınlatma konusu toplumların yaşamında önemli bir yer tutmuştur. İnsanlık, ilk aydınlatma kaynağı olarak gün ışığı ve ay ışığından faydalanmıştır. Ateş ve elektrik aydınlatma tarihinde iki önemli dönüm noktasıdır. Aydınlatma ateşin bulunmasıyla yağ, mum, meşale ve kandile uzanan bir gelişim

5 YFU, Aydınlatma Tekniği Seminer Notları, 2007, syf 1, 23

6 Sirel, Ş., 2001. Aydınlatma ve Mimarlık

7 Jones, F. H.,1989, s:43-59. aktaran Kazanasız T., Müzelerin Aydınlatma Tasarımı-ODTÜ Müzesi

göstermiştir ve 19. yüzyıl sonlarında elektrik kaynağıyla çalışan akkor telli lambanın icat edilmesi, aydınlatma kavramında yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur.

Lambanın bulunmasından sonra aydınlatmanın gelişim süreci hızlanmıştır. 1842 yılında elektrik ark lambası ile yapı ve yollar aydınlatılmıştır; 1907 yılında tungsten telli akkor lambalar üretilmeye başlanmıştır; 1935'te yüksek basınçlı cıvalı lambaların üretilmesi, daha çok yol ve fabrika aydınlatmalarında kullanılması önemli bir aşama olmuştur. 1930 yılları sonlarında, floresan lambaların ortaya çıkması aydınlatma için çok önemli bir gelişme olmuştur. Floresan, akkor telli lambalara tercih edilmeye başlanmıştır. "Gelişmiş akkor" diye tanımlayabileceğimiz halojen teknolojisi 1959 piyasada yerini almıştır. Bugün değişik amaçlara hizmet eden türlü güç, biçim, boyut, ışık verimi, tayf yapısı, ömrü, kullanım özellikleri olan lambalar üretilmektedir. Son teknolojik gelişmelerin ürünü olan lambaların, eskilere göre ömrü, ışık verimi, ışık tayfi gibi yönlerden üstünlükleri vardır.⁸

2000'li yılların sonlarında yaygın olarak kullanılmaya başlayan katı hal aydınlatma ışık yayan diyot (light emitting diode / LED) teknolojisinin ilk adımı 1960'larda atılmıştır. LED'in aydınlatma kaynağı olarak kullanılabilmesi için 2000'li yıllara kadar birçok çalışma yapılmıştır ve ışık kalitesi ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda 21. yüzyıl LED teknolojisi için önemli bir dönemin başlangıcı olmuştur. LED aydınlatma; akkor ve floresan lambanın özelliklerine büyük ölçüde ulaşmasıyla iyi bir alternatif olarak genel ve bölgesel aydınlatmada yerini almıştır. Aynı zamanda LED aydınlatma ekonomik ve çevre dostu özellikleriyle de tercih edilmektedir.

Diğer katı hal aydınlatma türü organik ışık yayan diyot (organic light emitting diode / OLED) teknolojisi 2010'lu yılların başında aydınlatma sektöründe yaygınlaşmaya başlamıştır. Klasik lamba yapısı, LED teknolojisi ile elektronik çiplere dönüşürken OLED teknolojisiyle de ince, düzlemsel ve homojen aydınlatma panelleri kullanılmaya başlanmıştır.

Aydınlatma teknolojileri, akkor lambanın bir dönüm noktası olmasından, katı hal aydınlatmalara kadar uzanan bir süreçtir. Aydınlatma tasarımı konusunda her geçen gün yeni bir çözüm ve alternatif ürünler geliştirilmektedir.

⁸ Şerefhanoglu Sözen, M., Aydınlatma Tasarımında Mimarın ve Elektrik Mühendisinin Rolü, İstanbul

2.3. AYDINLATMA ÇEŞİTLERİ

Aydınlatmanın temel ögesi olan ışık, kaynağına göre doğal ve yapay olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal aydınlatmada gün ışığı ve ay ışığından yararlanılmaktadır. Doğal ışığın yeterli olmadığı durumlarda veya ışık etkisiyle farklı bir atmosfer oluşturulmak istendiğinde, enerji kaynakları kullanılarak elde edilen ışık ise yapay aydınlatma olarak tanımlanmaktadır.

Gerek gün ışığı, gerekse lamba ışığı ile oluşturulan aydınlatma düzenleri yapıların mimari biçimlenişlerini ayrı niteliklerde etkilemektedir. Aydınlatma iyi çözümlendiğinde, fiziki ortamın önemli öğelerinden biri olan ışığın, en iyi görme koşullarının sağlanmasını olanak sağlamaktadır. Ancak, doğal ve yapay ışık elde etme, kullanma, seçme, niceliğini ve niteliğini belirleme, denetleme gibi değişik açılardan ele alındığında aralarında çok büyük ayrımlar olduğu da görülmektedir.⁹

2.3.1. DOĞAL AYDINLATMA

Güneş en güçlü ve en renkli, doğal ışık kaynağıdır. Güneş ışığı ve gün ışığını kavramlarını ayrı ayrı tanımlarsak; güneş ışığı, güneşten gelen tek yönlü renk tayfının tamamını kapsayan ışık, kesin gölgelere sahip, parlak renkli ve kesin biçimler görmemizi sağlamaktadır. Güneş ışığı saatler içerisinde değişkenlik göstermektedir. Gün ışığı ise, güneşin doğuşundan batışına dek, güneş görünse de görünmese de, var olan ışıktır. Dolayısıyla gün ışığı doğrudan güneş ışığının yarattığı iyi ışık koşullarını kapsadığı gibi güneş ışığının havadaki pus ve atmosferik sebepler nedeniyle yansıtılarak ya da süzülerek geldiği güçsüz ışık koşullarını da kapsamaktadır. İkinci durumda oluşan çok yönlü ve renk tayfının yalnızca bir kısmını kapsayan ışık; biçimi ve rengi donuk, cansız göstermektedir.¹⁰

Tarih öncesi çağlardan itibaren gün ışığı aydınlatma konusunda önemli bir yere sahiptir. Gün ışığı insanlık için en etkili deneyimlerden biri olmuştur. Güneş ışığının gün boyunca ve yıl boyunca değişimleri takip edilerek gün ışığının nasıl kullanılması gerektiği hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Yüzyıllar boyunca elde edilen

⁹ Göker, K.M., 2002 "İçmimarlık-Tasarımında Aydınlatma; Ilke-Sistem Tasarım-Bağıntısı, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi GSE, İstanbul.

¹⁰ Coles, J., House, N., 2014. İç Mimarlığın Temelleri, 2. Baskı, Literatür Kitabevi.

bilgilerle gün ışığının görsel konfor koşullarına uygun olarak nasıl kullanılabilirliği hakkında ölçütler belirlenmiştir. Sağlıklı, ferah ve estetik değerlere sahip mekânlara tasarlamak doğal aydınlatma için önemli bir olgu olmuştur.

Mimarinin yaşanmasında ışık önemli bir rol oynar. Aynı oda duvarlarındaki açıklıkların boyutlarının ve yerleşimlerinin değişmesi sonucu çok farklı mekânsal izlenimler verebilir. Dolayısıyla bir pencereyi duvarın ortasından köşeye doğru kaydırarak odanın tüm karakterini tamamen değiştirebiliriz. Mekân ışık aldığı şekle göre aydınlık açık mekân, tepeden ışık alan mekân ve yan tarafından ışık alan mekân olarak gruplandırılabilir.¹¹

Le Corbusier¹² "Işık ambiyansı yaratır, ışık boşluğu hissetmeyi sağlar ve ışık aynı zamanda yapının ifade biçimidir." sözleriyle ışığın önemine vurgu yapmaktadır.

Ronchamp Şapeli Le Corbusier'nin en önemli eserlerinden biridir. Gün ışığı etkisiyle kutsal mekânda loş bir ortam oluşturulmuştur. Güney cephesinde farklı büyüklükteki pencereler duvar boyunca düzensiz bir şekilde yer almaktadır. Pencere camları farklı derinliklere ve kırmızı, yeşil sarı gibi farklı renklere sahiptir. Işık yapıya camlardan kontrollü şekilde girmektedir.



Şekil 2.1. Le Corbusier – Ron Champ Şapeli

¹¹ Rasmussen, S. E., 2014, Yaşanan Mimari, 6. Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.

¹² https://www.ted.com/talks/rogier_van_der_heide_why_light_needs_darkness/transcript?language=tr

Tadao Ando; brüt beton ve ışık-gölge ilişkisiyle etkileyici mekânlar oluşturmuştur. Bu yapılarından biri olan Koshino evinde, Ando gün ışığını dar ve uzun pencerelerden ve çatı açıklığından içeri alır ve ışık- gölge etkisiyle oluşan kontrastlar mekânda etkileyici bir görünüm oluşturmaktadır.



Şekil 2.2. Tadao Ando – Koshino Evi – Işık ve gölge etkisi

Brooker ve Stone,¹³ ışığın en temel materyal olduğunu ve ışık olmadan biçimin görselleştirilemeyeceğini ve atmosfer yaratılamayacağını vurgulamaktadır. Ayrıca ışık nesnelere, mekânları aydınlatırken nesnelere etkilerini güçlendirebilmektedir.

Gün ışığı kullanılmış bir mekânda, cisimler, renkler, dokular ve hacimler gerçeğe en yakın şekliyle görülmektedir. Doğal aydınlatmayla yapı içerisinde farklı atmosferler oluşturmak mümkündür.

Mekânda ışığın olduğu kadar gölgenin de etkisi büyüktür. Gölge mekana boyut katarak parlaklık, kontrast ve keskinlik oluşturmaktadır. Bu özellikler mekânın dinamikliğini belirlemektedir. Gün ışığıyla mekân aydınlatma tasarımında dikkat edilmesi gereken

¹³ Brooker, G., Stone, S., İç Mimarlık Temelleri, İç Mimarlıkta Bağlam + Çevre, Literatür Yayınları

teknik unsurlar; ışık rengi, kamaşma derecesi, parıltı, ışık yönü, aydınlatma düzeyi, parıltı dağılımı, kamaşmanın önlenmesi, ışığın yönlendirilmesi, gölgeleme ve ışık renkleri olarak sıralanmaktadır.



Şekil 2.3. Mecenate Sanat Müzesi doğal ışıkla aydınlatma

Phillips'e göre¹⁴, gün ışığı uzun yıllardır sağlıkla da ilişkili olmuştur. Vitruvius mimarlık üzerine on kitap adlı eserinde, mimarların binalar için sağlıklı alanları seçmesi ve binaları özenle tasarlamasıyla hastalıkları önleyebileceğini vurgular. Burada "sağlıklı alan" doğal ışığın içeriye girmesine izin verdiğimiz mekândır. Phillips'in belirttiği gibi gün ışığından yeterli miktarda yararlanılmaması durumunda, insanlarda bazı olumsuz fizyolojik ve psikolojik etkiler ortaya çıkabilmektedir.

İnsan, zaman içinde yaşar. Zamanın algılanması temel bir gereksinimdir ve bu gereksinimi karşılamanın en doğal yolu, insanın doğa ile ya da dış mekân ile görsel ilişkisinin kesilmemesidir. Ne tür yapıda olursa olsun, pencereler, aydınlatma ya da havalandırma için değilse bile, dış mekânla ilişkinin sağlanması için var olmalıdır.¹⁵

¹⁴ Phillips D., 2004. Daylight – Natural Light in Architecture, Architectural Press, Burlington.

¹⁵ Sirel. Ş., 2008. İç Mekanlarda Günışığı Kullanımı

2.3.2. YAPAY AYDINLATMA

Doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu durumlarda yapay aydınlatma mekânda istenilen etkiyi oluşturma da çok önemli bir faktördür. Yapay aydınlatma, yapay ışık kaynaklarından (ateş, mum, elektrik lambası vb.) yararlanılarak yapılan aydınlatma, olarak tanımlanmaktadır.¹⁶

Yalnızca doğal ışığın yeterli olduğu bir bina, alışılmadık kişilerin yaşadığı alışılmadık bir bina olurdu. Bu yüzden binalarda doğal ışığa ek yapay aydınlatma kullanılmaktadır. Yüzyıllar içinde mumların ve gaz lambalarının yerini önce havagazı sonra da çeşitli şekillerde kaynağı elektrik olan aydınlatmalar kullanılmıştır. Tüm bu aydınlatma çözümlerinin her biri kendine özgü bir karaktere, iyi ve kötü özelliklere sahiptir.¹⁷

Yapay aydınlatmanın etkin elemanı ışığın, yapay olarak elde edildiği, yapay ışık kaynağı, lambalardır. Belirli teknik kriterlerin ve tasarım ilkelerinin birleşmesi ile doğru aydınlatma yapılabilir. İyi bir aydınlatma projesi geliştirmek ve uygulamak için gerekli ışık akısı, ışıksal yeğlilik, lümen, aydınlık düzeyi, lüks, ışıksal ışıklılık, ışıksal verim, renk sıcaklığı, ışık rengi, renksel geriverim gibi teknik kriterlere dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.4. Yapay aydınlatma örneği – Barney Mağazası – Newyork

¹⁶ Hasol, D., 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul.

¹⁷ Coles, J., House, N., 2014. İç Mimarlığın Temelleri, 2. Baskı, Literatür Kitabevi.

Yapay aydınlatma sağlıklı ve ekonomik olmalıdır ve cisimlerin canlı görülmeleri sağlanmalıdır. Sirel, iyi bir aydınlatmanın niteliğini tayin eden "aydınlatmanın bileşenlerini" aşağıdaki gibi sıralamaktadır:¹⁸

- **Aydınlık Düzeyi ve Parıltı**

Öncelikle o yer için gerekli aydınlık düzeyinin iyi bir şekilde seçilebilmesiyle sağlanmaktadır. Aydınlık düzeyi genellikle zeminden 80 ile 100 cm yükseklikteki çalışma düzlemine göre ortalama bir değer olarak verilmektedir.

- **Aydınlatmanın düzgünlüğü**

Yer bakımından düzgünlük; göz daima görüş alanındaki parıltıya intibak etmektedir. Aydınlığı düzgün olmayan yerlerde farklı parıltılarla karşı karşıya kalan göz, uygun görme şartlarından uzaklaşmaktadır. Bu sebeple aydınlatılan ve birbirine komşu durumda olan hacimlerin aydınlık seviyeleri arasında fazla bir fark olmamalıdır. Gözün karanlığa adaptasyonu uzun zamana ihtiyaç göstermektedir.

Zaman bakımından düzgünlük; aydınlığın zaman bakımından dalgalanmaları o kadar yavaş ve hızlı olmalıdır ki, gözü rahatsız edici bir etki meydana getirmesin. Aksi halde, yani ışığın titremesi ve bu titreşmenin uzunca bir süre devam etmesi halinde, insanda huzursuzluk ve gözde yorulma meydana gelmektedir.

- **Gölge**

Cisimlerin canlı görünüşleri büyük ölçüde gölge ile sağlanmaktadır. Ancak ışık kaynaklarının aydınlatılacak yere dağıtımında rahatsız edici gölgelerin meydana gelmemesine de dikkat edilmelidir.

- **Işık Rengi**

Normal aydınlatma problemlerinde ışık rengi, doğal ışık rengine yakın olmalıdır. Akkor telli lambaların ışık rengi, doğal gün ışığı rengine tam olarak uymamaktadır. Fakat birçok iş için bunun önemi yoktur. Bazı durumlarda renkli ışık kullanmak işin verimini artırmaktadır.

¹⁸ <http://docplayer.biz.tr/713375-Aydinlatma-teknigi-ders-notlari.html>

- Kamaşma

Kamaşma, yüksek değerdeki parıltının neticesi olarak meydana gelmektedir. Görme duygusunu azaltmakta ve gözü yormaktadır. Sürekli kamaşma altında kalan kimselerde göz hastalıkları ortaya çıkma riski artmaktadır. Kamaşmanın sebepleri, ışık kaynağının çok parlak olması, ışık kaynağının göze yakın olması, madeni eşyalardan yansıma olması ve çalışma yeri ile çevre parıltısı arasında büyük fark olmasıdır.

Kamaşmanın önlenmesi için ışık kaynakları armatürsüz kullanılmamalıdır. Armatürler uygun seçilmelidir. Armatürler çalışma düzlemine göre yeterli bir yüksekliğe asılmalıdır. Aydınlatmada iş yeri ile çevre parıltısı arasındaki farkın az olmasına dikkat edilmelidir.

2.4. YAPAY AYDINLATMA BİÇİMLERİ

Işığın dağılımına bağlı olarak aydınlatma biçimleri değişim göstermektedir. Bu çeşitliliği sağlayabilmek için birçok türde aydınlatma aygıtı vardır. İhtiyaca göre iç mekânlarda kullanılan aydınlatma sistemlerini genel aydınlatma ve bölgesel aydınlatma olarak iki gruba ayrılmaktadır.

İç mekânın tamamının eşit miktarda aydınlatılması genel aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. Örneğin bir ofis gibi hacimsel olarak eşit ışık ihtiyacı olan mekânlarda kullanılmaktadır. Bölgesel aydınlatma ise, iç mekânda belli bir bölgeye vurgu yapılmasıdır.

2.4.1. GENEL AYDINLATMA





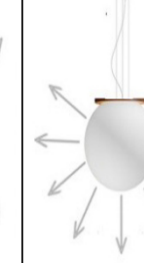
Genel aydınlatma, belli yerlerde özel gereksinimler dikkate alınmadan bir alanın bütünüyle aydınlatılması olarak tanımlanmaktadır.¹⁹ Mekân içerisinde aydınlık düzgün yayılmış herhangi bir vurgu yapılmamıştır. Genel aydınlatmaya diğer bir ismiyle fizyolojik aydınlatma da denilmektedir.

Mekânın tamamı genel kullanım amacı doğrultusunda aydınlatılmaktadır. Görsel konfor ve görsel algılama en iyi düzeyde olmalıdır. Aynı aydınlatma düzeyinin sağlanması görsel konfor açısından önemlidir.

¹⁹ Sirel, Ş., 1992. Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları.

Genel aydınlatma farklı aydınlatma biçimleri kullanılır. İç mekân tasarımında genel aydınlatmada ışık yönüne kullanılan biçimler şunlardır;²⁰

Çizelge 2.1. Yapay aydınlatma biçimleri değerler tablosu

AYDINLATMA BİÇİMİ	DOLAYSIZ AYDINLATMA	DOLAYLI AYDINLATMA	YARI DOLAYLI AYDINLATMA	YARI DOLAYSIZ AYDINLATMA	HOMOJEN AYDINLATMA
AYDINLATMA ARMATÜR ŞEKLİ					
IŞIĞIN YUKARI YAYILIMI	%0-10	%90-100	%60-90	%40-10	%50
İŞIĞIN AŞAĞI YAYILIMI	%90-100	%0-10	%40-10	%60-90	%50
GÖLGE DURUMU	SERT GÖLGE	YUMUŞAK GÖLGE	SERT GÖLGE	YUMUŞAK GÖLGE	OLUŞMAZ
YANSIMA KAMAŞMA DURUMU	OLUŞUR	OLUŞMAZ	OLUŞUR	OLUŞMAZ	OLUŞMAZ
VERİM	YÜKSEK	DÜŞÜK	YÜKSEK	DÜŞÜK	ORTA
ENERJİ HARCAMASI	AZ	ÇOK	ORTA	ORTA	ORTA

²⁰ Altuncu, D., 2007. Restoran ve Bar İşlevi Kazandırılmış Tarihi Mekanlarda Yapay Aydınlatmayla Atmosfer Yaratma, MSGSÜ FBE, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul

- Dolaysız (Direkt) Aydınlatma

"Işık yeğirliği dağılımlı, yayımlanan ışık akısının % 90 - 100 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan ışıklıklar ile yapılan aydınlatmaya denir."²¹ Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın tamamına yakını doğrudan mekânı aydınlatmaktadır. Işığın doğrudan yüzeye gelmesi nedeniyle sert gölgeler oluşmaktadır ve bu yüzden yansıma ve kamaşma miktarı fazladır. İç mekân içerisinde aydınlatma armatürlerin sayısının artırarak, eşit bir şekilde dağıtılmasıyla, sert gölgelerin oluşumu engellenebilmektedir. Yansıma ve kamaşmayı önlemek için armatür adedi artırılmalıdır ve ampuller armatürün derin bölümüne yerleştirilmelidir. Dolaysız aydınlatma için tasarlanmış aygıtlar yansıtıcı özelliğe sahiptir. Düşük enerji harcıyıp buna karşın yüksek verim alınan bir aydınlatma türüdür.



Şekil 2.5. Dolaysız aydınlatma - Restoran tasarımı

- Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma

"Işık yeğirliği dağılımlı, yayımlanan ışık akısının % 0 - 10 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan ışıklıklar ile yapılan aydınlatmaya denir."²² Dolaylı aydınlatmada ışık doğrudan yüzeye gelmez ve mekandaki yüzeylere çarpar. Oldukça az miktarda gölge oluşmaktadır. Görsel konforu bozacak şekilde kamaşma ve yansıma oluşmamaktadır. Fazla enerji harcanmasına karşın mekân aydınlatmasında düşük verim alınmaktadır.

²¹ Sirel, Ş., 2012. Aydınlatma Sözlüğü Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, s. 36.

²² A.g.e., s. 35.

Mekân içerisinde armatürler göz seviyesinden yukarı monte edilmelidir. Mekânda tercih edilen renk, doku, malzeme seçimi dolaylı aydınlatmada önemli bir faktördür. Dolaylı aydınlatma genellikle estetik görünüm elde edilmek istenildiğinde kullanılmaktadır.



Şekil 2.6. Dolaylı aydınlatma örneği

- Yarı Dolaylı Aydınlatma

Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın % 60 - % 90'ı yukarı % 40 - 10'u aşağı yansıtılması yarı dolaylı aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. Işık akısı zemin ve tavana yönelmektedir. Mekânda rahatsız edici gölge ve kamaşma oluşmamaktadır. Tavan düzlemi yansıtıcı olarak kullanılmaktadır. Yarı dolaylı aydınlatmada yüksek enerji harcanır fakat düşük verim elde edilmektedir. Kütüphane, konut vb. gibi mekânlarda bu aydınlatma biçimi kullanılabilir.

- Yarı Dolaysız Aydınlatma

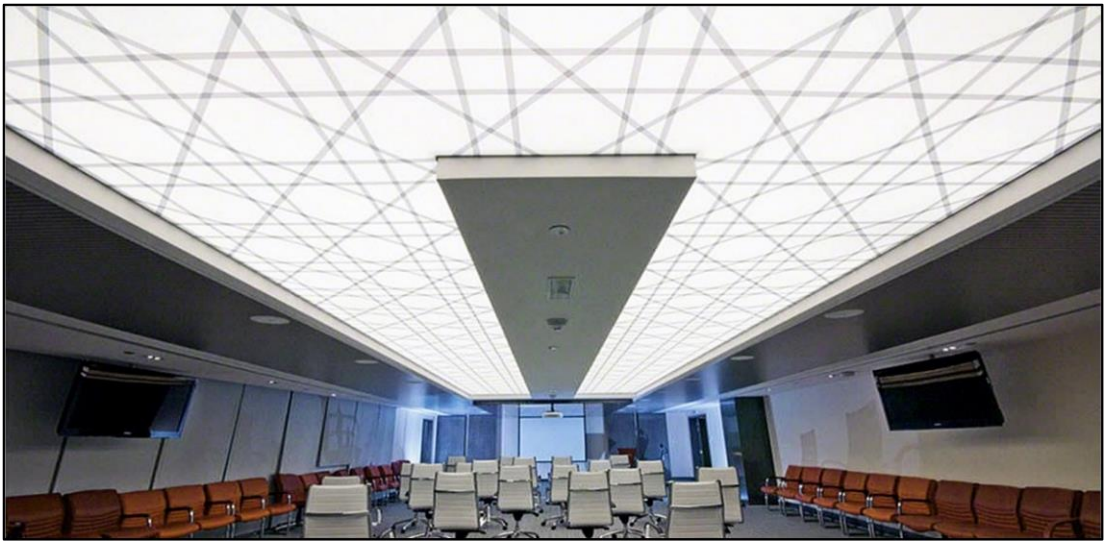
Yarı dolaysız aydınlatmada % 10 - 40'ı yukarıya, % 90 - 60'ı aşağıya yansıtılmaktadır. Işıkların bir kısmı yansiyarak gelir ve bu yüzden gölge daha yumuşak olarak görülmektedir. Bu durum kesin (sert) gölge sınırları oluşmasını engellemektedir. Yarı dolaysız aydınlatmadan iyi verim alınmaktadır. Az miktarda kamaşma sorunu oluşmaktadır. Normal ve normalin üzerinde tavan yüksekliğine sahip olan yerlerde kullanılmalıdır. Mağaza, restoran gibi mekânlarda tercih edilmektedir.



Şekil 2.7. Yarı dolaysız aydınlatma, restoran örneği

- Homojen Aydınlatma

Aydınlatma armatüründen çıkan ışık akısının her yöne doğru eşit olarak dağılmasına homojen aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla homojen aydınlatmada, ışığın yönü hem aşağı hem yukarı doğru olabilmektedir. Gölgeler yumuşak olduğu için yansımaya ve kamaşmaya miktarı azdır. Yüzey yansıtma etkileri diğer aydınlatma modellerine oranla daha önemlidir. Yansımaya aydınlatma verimini etkilediği için mekânda ki malzeme seçimi homojen aydınlatmada önemli bir etkidir. Eğitim yapıları, kütüphane ve ofis gibi iç mekânlarda tercih edilmektedir.



Şekil 2.8. Homojen aydınlatma örneği

2.4.2. BÖLGESEL AYDINLATMA

Bölgesel (Lokal) Aydınlatma, genel aydınlatmaya ek olarak yapılan aydınlatma biçimidir. Genel aydınlatma kullanılan bir mekânda bazı detayları vurgulamak veya mekânda yönlendirme yapılmak istenirse bölgesel aydınlatma kullanılmaktadır. Buna göre bölgesel aydınlatma, büyük bir hacmin ufak bir bölümünde özel aydınlık gerekiyorsa veya belli bir iş için çok fazla aydınlığa gereksinim olduğunda uygulanmaktadır.²³

Genel aydınlatmanın, bölgesel aydınlatmayla birlikte kullanılmasının sebebi görsel konfor koşullarına uygun bir mekân aydınlatması yapabilmektir. Başka bir tanımla, mekânın bir bölümünde bölgesel aydınlatma uygulandığında, yorgunluk, göz kamaşması gibi olumsuz etkenlerin oluşmaması için genel aydınlatma yeterli düzeyde kullanılmadığıdır. Bölgesel aydınlatma amacına göre, vurgu aydınlatması, yönlendirme aydınlatması ve efekt aydınlatması gibi isimler almaktadır.

Vurgu aydınlatması; genellikle spot ışık kullanılarak elde edilmektedir. Bu aydınlatma türünün amacı, mekân içindeki bir nesneye ya da mekânın bir bölümüne dikkat çekmektir.

Yönlendirme aydınlatmasında ise; yönlendirme ışıkları (acil çıkış vb.) bilgi vermek amacıyla kullanılmaktadır. Mekânın aydınlatılması önemli değildir. Bir dizi halinde yerleştirilen yönlendirme ışıklıkları bir ışık hattı yaratarak mekânda yön bulmaya yardımcı olmaktadır. Kişiler tarafından hızlı bir şekilde fark edilecek yüksek parlaklığa sahip küçük ışık kaynakları kullanılmaktadır.

Efekt aydınlatması; belirli bir özelliğe dikkat çekmek için yapılan vurgu aydınlatmasının aksine çekici bir özellik yaratmak amacıyla yapılmaktadır. Efekt aydınlatmasında vurgulanan ışığın kendisidir. Mağazalarda, sergi salonlarında, müzelerde, restoran, kafe ve barlarda uygulanabilmektedir.

Bölgesel aydınlatma bir mekâna uygulanırken teknik parametrelerin yanı sıra tasarımcının mekânda oluşturmak istediği atmosfer de dikkate alınmalıdır.

²³ Şerefhanoğlu Sözen, M., 1972. Konutlarda Aydınlatma, Karaca Basımevi, İstanbul.

Mekânda oluşturulan aydınlık mimarisi ile kullanıcının görme duygusu yanında duygularına da hitap etmektedir. Mekânda verilmek istenen mesaj, diğer öğelerin toplamıyla kullanıcıya hissettirilir. Kullanıcı fizyolojik olarak içinde bulunduğu ortamı farklı aydınlatmalarla farklı şekilde algılayabilmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında kullanıcının geçmişten gelen deneyimleri, o an içinde bulunduğu durum vb. birçok faktör vardır.²⁴



Şekil 2.9. Sosein Restoran, Almanya – Bölgesel aydınlatma örneği



Şekil 2.10. Yönlendirme aydınlatması örnekleri

²⁴ Altuncu, D., 2007. Restoran ve Bar İşlevi Kazandırılmış Tarihi Mekanlarda Yapay Aydınlatmayla Atmosfer Yaratma, MSGSÜ FBE, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul

2.5. YAPAY AYDINLATMA KAYNAĞI ŞEKLİNE GÖRE AYDINLATMA TÜRLERİ

Yapay ışık kaynağı şekli bir mekândaki görsel konfor koşullarını sağlamak için önem taşımaktadır. Işığın yayılımı, yüzeye düşen ışığın miktarı gibi etkenler yapay ışık kaynağının geometrik şekli ile ilişkilidir. Bu noktada yapay ışık kaynağı şekli; noktasal aydınlatma, doğrusal aydınlatma ve düzlemsel aydınlatma olarak üç ana gruba ayrılmaktadır.

2.5.1. NOKTASAL AYDINLATMA

Noktasal aydınlatma; kaynak ile ışınımladığı yüzey arasındaki uzaklığa oranla boyutu, küçük olan ışık kaynağıdır. Başka bir tanımla aydınlatacağı yüzeylere uzaklığı çapından çok büyük olan aydınlatma kaynaklarıdır. Bir nesneyi veya bir yüzeyi çevresine göre güçlü bir biçimde aydınlatır. Işık akısını tüm doğrultulara düzgün bir şekilde yayar. Bu kaynaklara akkor telli lambalar veya LED aydınlatma örnek olarak verilebilir.²⁵

2.5.2. DOĞRUSAL AYDINLATMA

Doğrusal ışık kaynakları; enleri kısa olmasına rağmen boyları uzun olan ışık kaynakları ise doğrusal ışık kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Floresan lambalar doğrusal lambalara örnek verilebilir. Işığın doğrusal yapısı, ışığın mekândaki yüzeylere geniş doğrultusudur. Bir yüzeye düşen ışığın, mekânda bulunan ışık kaynaklarından direkt olarak ya da çevresindeki farklı yüzeylerden yansiyarak gelmesiyle oluşmaktadır. Farklı kaynaklardan gelen ışıklar, düştükleri yüzeyde farklı aydınlık değerleri oluşturmaktadır. Bu durum, mekândaki toplam aydınlık düzeyini etkilemektedir.

2.5.3. DÜZLEMSEL AYDINLATMA

Düzlemsel aydınlatma; ışık kaynağının ışıklı bir düzlem şeklinde olmasıdır. Dikdörtgen, kare, daire vb. geometrik şekillerde kullanılabilir. Düzlemsel aydınlatmada ışık homojen bir şekilde yayılmaktadır.

²⁵ Fitöz, İ. Aydınlatma Ders Notları, M.S.G.S.Ü.

2.6. YAPAY AYDINLATMA KAYNAKLARI

Aydınlatmanın tarihsel gelişimi konusunda belirtildiği gibi yapay aydınlatma kaynaklarında geçmişten bugüne önemli gelişmeler meydana gelmiştir. 21. yüzyılda değişen talep ve ihtiyaçlar doğrultusunda farklı çözüm arayışları devam etmektedir.

Lambalar optik bir ışınım ve genelde görünür ışınım üretmek üzere oluşturulan yapay kaynaklardır. Bir başka anlatımla, yapay bir kaynağın sürekli ışınım yayımlamasını sağlayan minimum parçaların bütünü lamba olarak adlandırılmaktadır.²⁶

Lamba seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken başlıca özellikler:

- Işık Akısı

Bir aydınlatma kaynağının ışık gücünü ifade etmektedir. Birimi "lm" lümen'dir, Φ sembolü ile gösterilmektedir. Işık akısı diğer bir tanımla aydınlatma kaynağından her yöne yayılan ışık miktarıdır. Lambanın lümen değerleri üretici firma tarafından ya da ürün ambalajı üzerindeki lamba bilgileri bölümünden öğrenilebilmektedir.

- Işıksal Etkinlik Düzeyi

Lambanın 1 Watt harcayarak ürettiği ışık akısının değeridir. Isı, balast özellikleri, lambanın yanma pozisyonu, şebeke gerilimindeki farklılıklar, kullanım süresi gibi faktörler lamba veriminde değişimlere neden olabilmektedir.

- Aydınlanma şiddeti (Aydınlık Düzeyi)

Aydınlanma şiddeti yüzey üzerine düşen ışık akısının yoğunluğudur. Örneğin; konuşma dilinde "burası çok aydınlık" deyimi yerine, teknik dilde "burada aydınlık düzeyi çok yüksek" denilmektedir. Aydınlık şiddetinin simgesi "E", birimi "lümen/metre-kare" ya da "lüks", birim simgesi "lm/m²" ya da "lx" ile gösterilir.²⁷

- Işık şiddeti

Işık şiddetinin simgesi "I", birimi kandela, biriminin simgesi ise (cd)'dir.

²⁶ Sirel, Ş., 1997. Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, T.D.K. Yayınları.

²⁷ 2007. Aydınlatma Tekniği Seminer Notları.

- Renk Sıcaklığı

Beyaz ışınım yapan bir ışık kaynağının sahip olduğu ışığın rengini ifade etmektedir. Birimi Kelvin'dir. "K" ile gösterilmektedir.

- Kamaşma

Işıklılıkların uygun olmayan dağılımları ya da aşırı bir karşıtlık sonucu nesnelere ayrıntılarının ayırt edilmesinde yetenek eksikliğine yol açan görme koşulları kamaşma olarak tanımlanmaktadır.

- Renksel Geriverim

Işığın renkli bir obje üzerinde gerçekleştirdiği renk etkisidir. Lamba, renklerin mümkün olduğu kadar doğru algılanmasını sağlamalıdır. Renksel geriverim hesaplanırken gün ışığı %100 kabul edilir, Yapay ışık kaynağına göre bu değer değişkenlik göstermektedir.

- Işıklılık (Parıltı)

Işıklılık, ışık kaynağının görünen belli bir yüzü varsa, yani noktasal değilse, belli bir doğrultudaki ışık yoğunluğunu, kaynağın o doğrultudan görünen yüzey alanına bölerek elde edilen büyüklük gibi tanımlanabilmektedir.

Işıklılık, gözü etkileyen bir ışık kaynağının ışıksal büyüklüğü ile ilgilidir. Işıklılık "L", birimi Nit'dir. Nit birimi yerine çoğunlukla cd/m^2 kullanılmaktadır. Belirli bir gözleme doğrultusunda 1 cd ışık şiddeti doğuran ve bu doğrultuya dik düzlem üzerindeki izdüşümü 1 m^2 olan bir yüzeyin parıltısı 1 Nit (cd/m^2) dir.²⁸

- Dimmerleme (Karartma)

Lambanın aydınlık şiddetinin ayarlanması dimmerleme olarak tanımlanmaktadır. Çoğunlukla ofisler, konferans salonları, sinema salonları vb. gibi aydınlık şiddetinin belli seviyelerde değişmesi istenilen mekânlarda tercih edilmektedir.

- Watt

"Watt" uluslararası standart güç birimine verilen isimdir. "W" ile gösterilir. "Lümen" bir lambanın parlaklığını belirtir, "watt" ise o lambanın yanarken harcadığı güçtür.

²⁸ <http://www.lamp83.com.tr/teknik-bilgiler/>

Aynı özelliğe sahip iki lambanın düşük "watt" değerine sahip olan düşük "lümen" verirken yüksek "watt" değerine sahip olanı yüksek "lümen" vermektedir.

- Kullanım Süresi (Ömrü)

Lambanın ilk kullanımından, kullanılmasının sonlandığı ya da sonlandığı varsayılan süre içinde geçen zamandır. Kullanım süresi yapay aydınlatma kaynağına göre değişkenlik göstermektedir.

L(70) – L(50) değeri; bir katı hal aydınlatmanın fabrikadan çıktığı ilk gündeki değerinin %70'ine ya da %50'sine düştüğü toplam kullanım miktarını simgelemektedir. Bu süre armatürün kullanıldığı ortam sıcaklığına göre değişkenlik gösterebilmektedir.

- Çevresel Etkenler

Lamba seçimi yapılırken hava sıcaklığı, kirlilik gibi çevresel etkenler dikkate alınmalıdır. Işık kaynağındaki herhangi bir kirlilik, kaynağın yaydığı ışığın miktarını önemli derecede azaltmaktadır.

Ayrıca lamba seçiminde; mekân atmosferi, tasarım konsepti ve mekân fonksiyonu gibi etkenlerde önem taşımaktadır. Bu etkenleri ve ihtiyaçları karşılamak için aydınlatma sektöründe istenilen özelliklere sahip çok sayıda yapay aydınlatma kaynağı bulunmaktadır. 21. yüzyılda aydınlatma amacıyla kullanılan kaynakları; ısıyı ışıma yapan kaynaklar, ısıyı ışıma yapan kaynaklar ve yeni nesil sistemler olarak gruplandırmak mümkündür.

2.6.1. ISIL IŞIMA YAPAN KAYNAKLAR

Parçacıklar ya da elektromanyetik dalgalar biçiminde enerji yayımı ya da taşınması ışıma olarak tanımlanmaktadır.²⁹ Elektrik enerjisinin sağladığı ısı ile ışıma yöntemi sayesinde ışık üreten lambalar, çalışma prensibi olarak, bir madeni telin üzerinden akım geçirilerek ısıtılması sonucu etrafa ısı ile birlikte ışık vermesine dayanmaktadır. Bu durum, madeni bir telin bulunmadığı durumlar için halojen grubu metallerin ısıtılması sonucunda da ortaya çıkabilmektedir. Özdeğin ısı yolu ile uyarılması sonucu üretilen ışık, ısısal ışıma olarak adlandırılmaktadır.

²⁹ Sirel, Ş., 1997. Aydınlatma Sözlüğü YEM Yayınları.

Bu prensibe dayanarak üretilen lambalara; akkor telli lambalar, düşük voltajla çalışan tungsten halojen lambalar, doğrusal tungsten halojen lambalar örnek verilebilmektedir.³⁰

a) Akkor telli lambalar; ısıyı ışığa yapan kaynaklardır. Enerji kaynağı elektrik olan akkor telli lambalar en eski yapay ışık kaynağıdır. Akkor telli lambalarda çalışma prensibi; elektrik akımı, yüksek ısıya dayanıklı tungsten telden geçer ve teli yeterli sıcaklığa ulaştırdığında ışık yaymaya başlamaktadır. Böylece elektrik enerjisi ışınımına dönüşmüş olur. Sıcaklığın artmasıyla telin kırmızı ısıyı akkor lambanın sıcak beyaz rengine dönüşmektedir. Işık, akkor lambalarda lambaya uygulanan gerilim değeri ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Akkor telin sıcaklığının yükselmesiyle ışığın renk sıcaklığı artmaktadır. Akkor lambalarda yayımlanan ışınımın büyük ölçüsü ısı ve az miktarı ise görünür ışınımlardan oluşmaktadır.

Aydınlatma amacıyla kullanılmak üzere ilk akkor lambalar vakum pompalarının bulunmasıyla ortaya çıkmıştır. Vakum pompaları ampulün içindeki havanın tümüyle boşaltılmasını sağlamaktadır. 1854'te Thomas Alva Edison gerekli olan enerji hatlarını ve diğer donanımları geliştirerek, akkor lambanın aydınlatma sistemlerinde kullanılabilmesini sağlamıştır.



Şekil 2.11. Akkor telli lamba yapısı

³⁰ Altuncu, D., 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, *Sanatta Yeterlilik Tezi*, İstanbul

Akkor telli lambalar, yapısal özellikleri bakımından kömür telli ve tungsten telli olmak üzere ikiye gruba ayrılmaktadır. Kömür telli akkor lambaların üretimi 1845 yılında zor eriyen madenler olan platin, iridyum ve tantalın kullanımı ile azalmıştır ve 1905 yılında ilk tungsten (tungsten, volfram olarak da adlandırılır) akkor telli lambanın üretimi ile son bulmuştur. Tungsten akkor telli lambalar da üç grup altında incelenmektedir. Bunlar; normal akkor telli lambalar (enkandesan lamba), lambanın ampul olarak adlandırılan cam balonunun içine, ısı iletim katsayısı küçük olan kripton gazı doldurularak üretilen kripton lambaları ve normal akkor telli lambanın cam balonu içine iyot konulması sonucu tungsten parçacıkları ile cam balon içinde kimyasal bir bileşik olarak tungsten iyolit oluşması ve 1400°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bu bileşik tungsten telin yakınında tekrar iyota ayrışması sonucu oluşan halojen akkor lambadır tungsten halojen lamba da denilmektedir.³¹

Akkor lambalar, genel aydınlatma kullanılabilir. Bağlantıları oldukça kolaydır. Hızlı ışık verir fakat kamaşma miktarı yüksektir. Sıcak renk değerlerine sahiptir. Kullanım süreleri (ömürleri) kısadır ve verimleri oldukça düşük ve maliyetleri ise yüksektir.

Akkor lambaların yüksek enerji harcamaları sebebiyle, "Avrupa Birliği Komisyonu" 1 Eylül 2009 tarihinden itibaren 2012'ye kadar kademeli olarak yasaklanmaları doğrultusunda karar almıştır, 2012 yılından bu yana ise akkor lambaların kullanımı yasaklanmıştır.

b) Tungsten halojen lambalar; cam tüpteki gazın içinde iyot ya da brom gibi halojen maddesi ve yapısında flaman olarak tungsten maddesi bulunmaktadır. Sıcaklık belli bir seviyeye ulaşıncaya iyot ve tungsten tepkime oluşturmaktadır. 1400°C'nin üzerine çıktıkça oluşan bileşik tekrardan tungsten ve iyot olarak ayrılmaktadır. Tungsten halojen lambalar normal akkor lambalara göre daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmektedir ve daha verimlidir.

Düşük voltajla çalışan tungsten halojen lambalar; akkor lambaların bir türüdür. Normal lambalara göre daha küçük boyda sahiptirler. Halojen lambalar klasik akkor lamba ile karşılaştırıldığında daha yüksek ışık ve renk verimine sahiptir. Silis ya da

³¹ Altuncu, D., 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, *Sanatta Yeterlilik Tezi*, İstanbul

kuartz dolu bir tüp ve normal bir akkor lamba filamanından oluşmaktadır. Diğer filamanlı lambalarda olduğu gibi direkt açma bağlantılarına takılacak dimmer (karartıcı - ışık şiddeti ayarlayıcı) ile aydınlık düzeyi ayarlanabilmektedir. Filamanın ısıtılmasında gereken sıcaklık sağlanamazsa ve tüp içindeki halojen döngüsü sağlanamazsa dimmerleme başarısız olmaktadır. Düşük voltajla çalışmaları için akkor lambalar kadar ısınmazlar bu da lambalara yakın olarak çalışılması gereken yerlerde, lambanın ısısından kullanıcının etkilenmemesini sağlamaktadır. Aynı zamanda lambanın hasar görmesi durumunda ısı nedeniyle ortaya çıkan çıkabilecek yangın riskini de azaltmış olmaktadır. Boyutları küçük olduğu için müzeler, konutlar, mağazalar vb. yerlerde vurgu aydınlatması yapılabilmektedir.³²

c) Doğrusal tungsten halojen lambalar; bu tür lambaları diğer lambalardan ayıran en önemli özellik lambaya çıplak elle müdahale edilememesidir. İnsan cildinde bulunan bazı salgılar, dokunulan lambanın cam tüp kısmında lekelenmelere neden olmasına ve lambanın kullanım süresinin kısalmasına sebep olmaktadır. Bu tür lambaların enerji verimleri yüksek değildir. Bu nedenle geniş ölçekli alanların aydınlatılmasında tercih edilmemektedir. Ancak sarsıntı, titreşim vb. dış etkilerden etkilenmedikleri ve her durumda sabit bir ışık sağlayabildikleri için daha çok inşaat alanlarında kullanılan geçici aydınlatma sistemlerinde tercih edilebilmektedir.³³



Şekil 2.12. Halojen lamba yapısı



Şekil 2.13. Halojen lamba modelleri

³² A.g.e.

³³ A.g.e., s. 26

2.6.2. IŞIL IŞIMA YAPAN KAYNAKLAR

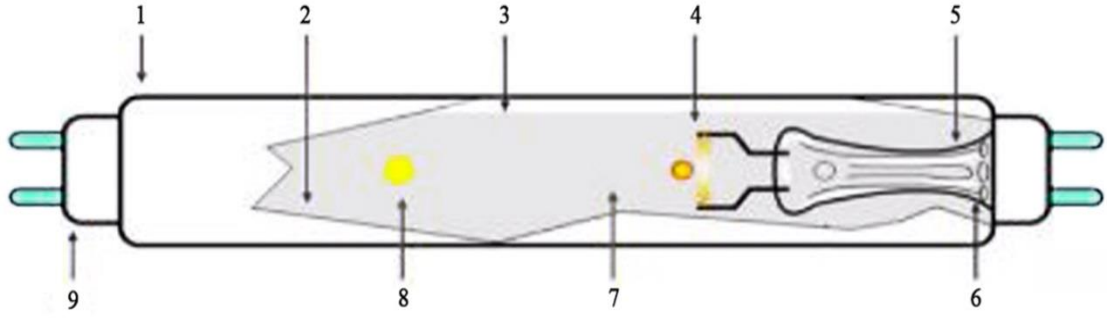
Bu tür lambalar gaz veya metal buharı ile dolu bir tüpün iki ucundaki elektrotlar arasında gerilim oluşturulmasıyla ışık üretmektedirler. Gerilim ile iki elektrot arasında bir akım oluşmaktadır. Deşarj tüpü içerisinde elektronlar yeterli hıza eriştiklerinde gaz atomlarıyla çarpışırlar ve ışık oluşur. Bu tür lambalar boşalmalı lambalar olarak da adlandırılmaktadır. Cam balonun içine doldurulan gaz, lambaların aydınlık düzeylerini verimlerini ve ışığın rengini etkilemektedir. Deşarj lambaları, genel olarak cam balonun içindeki gazın basıncına göre sınıflandırabiliriz. Bunlar; alçak basınçlı lambalar ve yüksek basınçlı lambalar olmak üzere iki çeşittir. Alçak basınçlı deşarj lambalarına; floresan lambaları, kompakt floresan lambaları ve alçak basınçlı sodyum buharlı lambaları örnek vermek mümkündür.³⁴

a) Floresan Lamba:

Floresan lamba 1856 tarihinde Amerikalı fizikçi ve mühendis, Nikola Tesla tarafından icat edilip, geliştirilmiştir. Cıva buharı kullanan alçak basınçlı boşalmalı lambalar floresan lamba olarak adlandırılmaktadır. Alçak basınçlı cıva buharı iyonize olarak ışık yayımlar. Floresan lambada cam tüpün içi floresan maddeyle sıvanmıştır.

Floresan ampullerin iki ucunda elektrotları taşıyan metal başlıklar bulunmaktadır. Başlıkların iç kısmında ise üzeri baryum oksitle kaplanmış volfram elektrotları yer almaktadır. Floresan lamba içinde ise argon gazı ve cıva buharı bulunmaktadır. Floresan lambalar elektriksel deşarj ile ışık açığa çıkarır. Floresan lambalar akkor lambalardan daha fazla ışık verimliliğine sahiptir. Renk seçenekleri gelişmiştir. Floresan lambalar bir balast ve starter devresiyle çalıştırılabilmektedir. Bazı modelleri starter devresine ihtiyaç duyulmadan sadece balast devresi çalıştırmak mümkündür. Balast; lambanın çalışması için gerilimi ve akımı kısıtlayıp belli bir çalışma aralığında kalmasını sağlayan bir devre elemanıdır. Balast kullanımıyla lamba ömrü uzamaktadır. Floresan lambalar ekonomiktir, uzun ömürlüdür ve fazla ısınmazlar. Aydınlık seviyeleri yüksektir. Kamaşma yapmazlar. Floresan lambaların ömürleri lambayı açma, kapama sıklığından etkilenmektedir. Bu yüzden sıklıkla açma, kapama yapmak gereken yerlerde kullanılması tercih edilmemektedir.

³⁴ A.g.e., s. 27

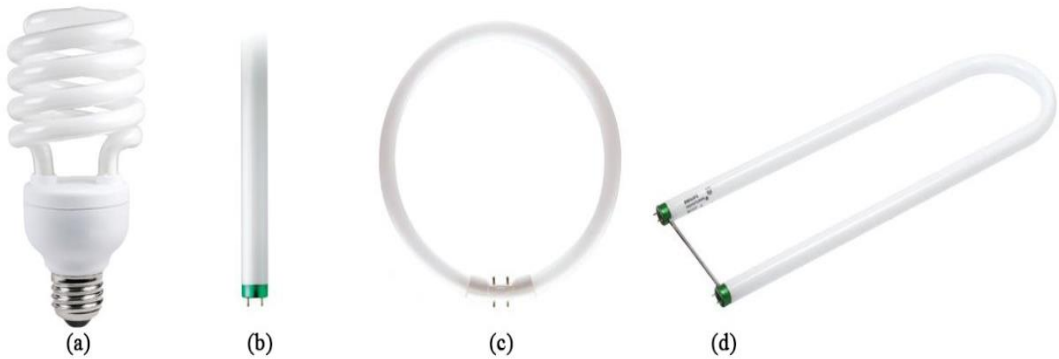


- | | |
|--|---------------------------|
| 1. Cam Tüp | 6. Flaman |
| 2. Gaz | 7. Cıva Buharının Deşarjı |
| 3. Cam Tüpün İç Kısmını Kaplayan Floresan Bileşim | 8. Cıva Atomu |
| 4. Elektrot | 9. Metal Soket |
| 5. Havası Alınarak Asal Gaz Yerleştirilmiş Elektrot Tüpü | |

Şekil 2.14. Floresan lambanın içyapısı

Kompakt floresan lambalar; floresan lambalarla aynı sistemle çalışmaktadırlar ve aynı özelliklere sahiptirler fakat kullanım yerleri, boyut ve şekilleri farklılık göstermektedir. Bu lambalarda balast ve starter gibi elektronik devreler lamba içine yerleştirilerek kompakt bir yapı sağlanmıştır. Dimmer kullanarak ışık ayarı yapmak mümkün değildir. Duy yapısı akkor lambalarla aynıdır. Küçük boyutları tercih edilmektedirler.

Doğrusal floresan lambalar; farklı ölçülerde çap, boru uzunluğu ve başlık genişliğine sahiptirler. Renksel geriverim özellikleri değişkenlik göstermektedir. Kullanım alanlarına ofisler ve fabrikalar örnek gösterilebilmektedir.



Şekil 2.15. (a) Spiral (b) Doğrusal (c) Dairesel (d) U tipi floresan lambalar

b) Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar; 1930'lu yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Sistemleri ve yapıları floresan lambalarla benzerlik göstermektedir. Farklı özellikleri cıva buharı yerine sodyum buharı kullanılmasıdır. Renk ayrımı başarısız olmasına rağmen görüş keskinliği oldukça iyi bir seviyededir. İç mekân aydınlatması için uygun değildir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar; cadde, sokak, otoyol, tünel, havaalanı gibi yerlerin aydınlatmasında kullanılabilir.

c) QL İndüksiyon (atama) lambaları; elektromanyetik indüksiyon ve gaz boşalmalı lambaların bileşeni şeklindedir. Metal indüksiyon bobinlerinden oluşan elektromanyetik transformatörler, içinde gazı bulunduran cam tüp etrafında, elektronik balans tarafından oluşturulan yüksek frekansı kullanarak, elektromanyetik alan oluşturmaktadırlar. Deşarj hattı, serbest elektronların ivmelenmesini sağlayan bir kapalı devre yaratmaktadır. Bu elektronlar, cıva atomları ile çarpışır ve elektronlarını tahrik etmektedir. Bu atomlardan tahrik edilen elektronlar, yüksek enerji seviyesinden daha sabit düşük enerji seviyesine geçerken, ultraviyole radyasyon yaymasıyla tüp yüzeyindeki fosfor katmandan geçerken görülebilir ışığa dönüştürmektedir.³⁵

İndüksiyon lambaları elektrot olmaması nedeniyle uzun ömürlüdür. Verilen ışığın zamanla gücünü yitirmemesi ve diğer kaynaklara göre filaman buharlaşma olmaması nedeniyle lümen kaybı minimumdur. Bakım maliyeti azdır ve tünel ve otoyol gibi yerler için önemli bir avantajdır. Kullanım yerleri; sokak lambaları, otopark aydınlatmaları, dış cephe aydınlatmaları, benzinciler, alışveriş merkezleri, bahçe lambaları, tünel lambaları gibi birçok alanda çeşitlilik göstermektedir.³⁶

d) Cıva Buharlı Lamba; içinde çift elektrotlu deşarj tüpü bulunmaktadır. Tüpün içinde cıva buharı bulunmaktadır. Ampul çalışırken elektrotların bulunduğu hazne mavi ve ultraviyole ışık yaymaktadır. Bu nedenle ampulün camının iç yüzeyi ultraviyole ışınları görülür ışına çeviren floresan maddeyle kaplanmıştır. Özellikle beyaz giysilerin bu ampulün altında parlak bir görünümünün olması ultraviyole ışıklardan kaynaklanmaktadır. Işık etkinliği fazladır. Maliyeti düşük fakat verimi yüksektir. Sarsıntı ve darbelere karşı dayanıklıdır. Isınması gerektiği için ışık verme süresi

³⁵<http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/induksiyon-lambalari-en-uzun-omurlu-lambalar/8945#ad-image-0>

³⁶ a.g.i.k.

uzundur. Bu da iş veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Dekorasyon amaçlı projektör uygulamaları, şehir aydınlatmaları, okul veya devlet kurumu binalarının aydınlatılması kullanım alanlarına örnek gösterilebilmektedir. Kırmızı rengin tonlarını göstermede başarısızdır. Ayrıca armatür bağlantısı yapmak oldukça zordur.³⁷

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar; cıva buharının ışınımı ile oluşmuş lambalardır. Lamba içerisindeki 100.000 Paskal değerinde kısmi basınç bulunmaktadır. Bu yüzden yüksek basınçlı ismi verilmiştir. Deşarj tüpü içerisinde cıva ve argon gazı bulunmaktadır. Bir tel ile deşarj tüpü sabitlenmektedir. Ateşleme yardımcı elektrotla sağlanırken, ana elektrot ise deşarjın devamlılığını sağlamaktadır. Lamba mavimsi beyaz bir ışığa sahiptir. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar uzun ömürlüdür ve kullanımı ucuzdur fakat düşük renksel ve ışıksal verime sahip oldukları için 2006 yılından itibaren Türkiye karayolu aydınlatmalarında kullanılmaları yasaklanmıştır.

e) Metal halide (halojenürlü) lambalar; yüksek basınçlı cıva lambalarının geliştirilmiş şekli olarak tanımlanmaktadır. Kuvars veya seramik malzemeli boşalma tüpünde; cıva haricinde metal tuzları da bulunmaktadır. Bu özelliği ile lambanın ışıksal verimliliği ve renksel geriverim özelliği artmaktadır. Metal halide lambaların ömürleri uzundur. Kompakt bir ışık kaynağı oldukları için kullanımları kolaydır. Renk ayırma ve beyaz ışık verme özellikleri gelişmiştir. Ancak renk sıcaklıkları ve renksel geriverimleri değişkendir. Metal halide lambalar 21. yüzyılda kullanılan en iyi ışık kaynaklarından biridir. Genellikle, mağaza, vitrin, müze aydınlatmaları tarihi eserlerin ve bina cephelerinde ki projektör uygulamaları gibi vurgu gerektiren yerlerde kullanılabilir.

f) Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar; sodyum ve cıva karışımının buharlaşması sonucu ışık vermektedirler. Lambanın en dışı, içten floresan madde ile kaplanmıştır. Cıvanın genişlettiği ışık spektrumu sebebiyle ışık ışınları gözün göremeyeceği dalga boyunda oluşur ve gözün görebileceği dalga boyuna dönüştürülmektedir. Cıva lambaya beyaza yakın bir renk vermektedir. Sodyum nedeniyle yüksek verimli lambalardır. Ayrıca ışık renkleri alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan daha uygun ve kullanışlıdır. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar; sokak, otoyol, tünel, spor sahaları ve bahçe aydınlatmasında tercih edilmektedir.

³⁷ MEGEP, 2007. Elektrik Elektronik Teknolojisi, İç Aydınlatma Tesisatları, Ankara.

Sodyum buharlı lambaların verimi pek çok ışık kaynağından daha yüksektir. Farklı güç ve çeşitteki yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar vardır. Lambaların ortalama verimi 130 lümen/watt civarındadır. Floresan veya alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan daha küçüktürler. Birçok bağlantı tipine uyumludurlar. Lamba ömrü alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan daha uzundur.³⁸

2.6.3. YENİ NESİL YAPAY AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Aydınlatma teknolojisinde 21. yüzyılda birçok önemli gelişme meydana gelmiştir. Fiber optik aydınlatma sistemleri ve LED teknolojisi son yıllarda önemini artırmış yapay aydınlatma kaynaklarıdır. Fiber optik aydınlatma teknolojisi, diğer aydınlatma teknolojilerinden farklı bir yapıya sahiptir. Fiber optik kablolarla ışığın iletilmesi ile çalışan bir sistemdir. Fiber optik aydınlatma sistemleri çok çeşitli amaçlar için kullanılabilir ve aydınlatma tasarımı bakımından geniş imkânlarla sahiptir.

"Işık yayan diyot" (light emitting diode) kelimelerinin kısaltması olarak kullanılan LED ise; ışık yayan bir elektronik devre elemanıdır. Olumlu yönleri oldukça fazla olan LED teknolojisi 2000'li yılların sonunda aydınlatma tasarımcıları ve mimarlar tarafından iç ve dış mekânlarda farklı atmosferler yaratmak için sıklıkla tercih edilmektedir.

2.6.3.1. Fiber Optik Aydınlatma

Fiber optik aydınlatma sistemi, en genel anlamıyla, bir ışık üreticisinden üretilen ışığın istenen bölgeye ışık taşıyan fiber optik kablolar aracılığı ile taşınması işlemidir. Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, ışık kaynağını istenen noktaya yerleştirme özgürlüğü bulunmaktadır. Ayrıca, ışığı ihtiyaca göre bir veya birden çok noktaya dağıtmak ve yönlendirmek mümkündür. Bunun yanı sıra ısı ve elektrik akımı taşımaması nedeniyle fiber optik aydınlatma birçok kullanım noktasında en güvenli aydınlatma şeklidir. Belirtilen özellikler nedeniyle, fiber optik aydınlatma, neon ve diğer geleneksel aydınlatma sistemlerine oldukça iyi bir alternatiftir. Bu farklılıklar ile fiber optik aydınlatma birçok alanda avantaj sağlamaktadır.³⁹

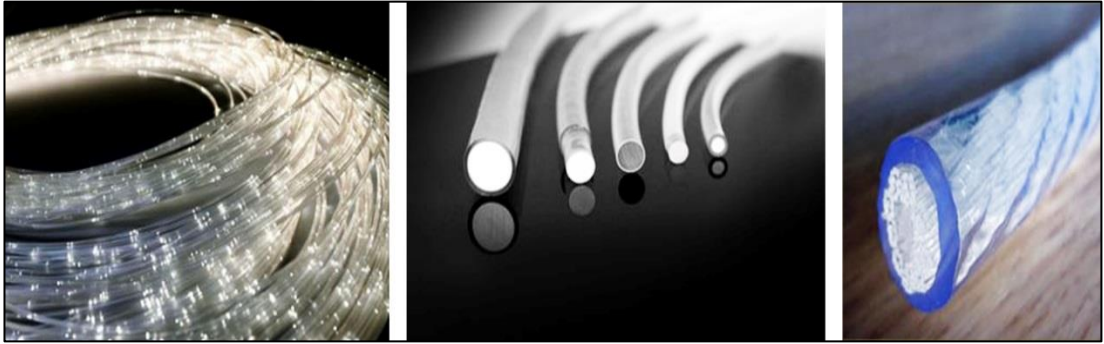
³⁸ Aydınlatma Tekniği Ve Laboratuvarı Deneysel Kitap, 2016. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.

³⁹ Ağroğlu, O., 2006. Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri, *Yüksek Lisans Tezi*, GAZİ FBE, Ankara.

Tek bir kaynakla çok fazla sayıda ışık noktası elde etmek mümkün olduğundan mimariye uygun, yaygın ve dekoratif aydınlatma yapılabilmektedir. Plastik fiberli sistemlerde suda, zeminde ve havada istenilen şekil ve yazılar değişik renkli ışıklarla gerçekleştirilebilmektedir.

Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, optik lifler ve dağıtıcı mercekler her noktaya kolayca ulaşabildiğinden, bilinen ışık kaynaklarının sığdırılmadığı dar alanlarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ışık kaynağının sıcaklık ve morötesi ışın gibi bozucu etkileri bulunmamaktadır.

Fiber optik sistemlerin tüm bu üstünlüklerine karşı sistemin kayıpları önlenemediğinden, ışık akısı düşüktür. Sistemin tamamında aynı aydınlık izleniminin yaratılabilmesi yüksek kaliteli lifler ve detaylı bir işçilik gerektirir ki bu da sistemin ilk maliyetini yükseltmektedir.



Şekil 2.16. Fiber optik kablolar

Uzun bir gelişim süreci sonunda fiber optikler 1975 yılından itibaren "Anemone" isimli lambalar olarak piyasaya sürülmüştür. Işığın kontrollü bir yapı içinde iletimi 19. yüzyılda John Tyndall'ın ışığın bir eğimli su akışı içerisinde geçebileceği fikrini ortaya atmasıyla başlamıştır.

Fiber optik aydınlatma sisteminde, ışık kaynağının üretmiş olduğu ışık, fiber optik kablunun sonuna ya da şeffaf fiberlerde kablo boyunca iletilmektedir. Fiber optik aydınlatmanın noktasal aydınlatma ve çizgisel aydınlatma olarak iki türü bulunmaktadır. Fiber optik aydınlatmanın en önemli avantajlarından biri elektrikle ışığın birbirinden ayrılmış olmasıdır diğeri ise bir tek ışık kaynağı ile ışığı birçok noktaya aynı anda iletmeyi sağlamasıdır.

Çoğunlukla bütün fiber optik aydınlatma sistemlerindeki ışık kaynaklarında ultraviyole filtreleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda aldığımız ışık ısı veya ultraviyole içermemektedir. Optik fiberler ise elektrik ve ısı taşımadığı için, optik kablo ile aydınlatma değerli eserlerin aydınlatılmasında ideal bir çözüm olarak görülmektedir.



Şekil 2.17. Fiber optik tavan aydınlatması

Fiber optik aydınlatmanın oldukça çeşitli kullanım alanları vardır. Bazıları şöyledir:⁴⁰

- Uçak, gemi, otobüs gibi ulaşım araçlarında kullanılabilir.
- Konferans salonlarında okuma bölgesinin aydınlatılması, sergileme dolapları, vitrinler ile yıldızlı gök etkisi oluşturma ile yol gösterici ışık noktalarında kullanılabilir.
- Isıya duyarlı malzeme ya da nesnelerin aydınlatılması (sanatsal objeler, tablo, kâğıt, deri, gıda vb.).
- Fuar, sergi ve mevsimsel belirli alanlardaki etkinlikler için uygulanmaktadır.
- Mimari değişikliklerden sonra yeniden kullanılabilir.
- Salt dekoratif ya da tam tersine fonksiyonel amaçlarla kullanılabilir. Örneğin; bir mobilya ile bütünleştirmek mümkündür.
- Enformasyon sağlayabilir ve yönlendirilebilir (yaya geçitleri, liman işaretleri).
- Işıklı çeşmeler, heykel aydınlatmaları, yıldızlı gökyüzü ve çeşitli animasyonlar oluşturmak mümkündür.

⁴⁰ Ağiroğlu, O., 2006. Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri, *Yüksek Lisans Tezi*, GAZİ FBE, Ankara.

2.6.3.2. LED Teknolojisi

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte yüksek verimli aydınlatma sistemleri elde edilmektedir. Işık yayan diyot (light emitting diode) anlamına gelen LED teknolojisi kısaca yarı-iletken, diyot temelli, ışık yayan bir elektronik devre elemanı olarak tanımlanabilmektedir.

LED aydınlatma birçok olumlu özelliğe sahiptir. Bu yüzden aydınlatma sektöründe tercih edilen aydınlatma kaynakları arasında yer almaya başlamıştır. Düşük enerji harcamalarına rağmen yüksek ışık verimliliğine sahiptir. Cıva ve halojen gazları içermemektedir. LED bu özeliği ile çevre dostu bir aydınlatma kaynağıdır.

LED aydınlatma ile elde edilen renk çeşitliliği oldukça geniştir. Aynı zamanda farklı renk sıcaklıklarına da sahiptir. Doğal ışığa en yakın aydınlatma aygıtlarındandır. Nano saniye derecesinde hızlı bir ışık çıkışına sahiptir. LED'ler cam, filaman vb. kırılğan parçalar içermediği için fiziksel çarpışma ve titreşimlere karşı dayanıklıdır. LED lambalar sessizdir ve dışarıya ısı vermemektedir. Aydınlatma tasarımcıları için geniş bir kullanım alanına sahip olan LED aydınlatma, iç mekân, dış mekân, ulaşım ve elektronikte kullanılmaktadır.



Şekil 2.18. LED Aydınlatma iç mekân örneği

3. KATI HAL AYDINLATMASI

Katı hal aydınlatması, akkor lamba ve floresandan farklı bir yöntemle ışık oluşturmaktadır. Elektrik enerjisini doğrudan ışığa çevirerek, katı bir yapı içerisinde elektronların uyarımı ile görülebilen ışık elde edilmektedir. Katı hal aydınlatması (solid state lighting) kısaca (SSL) olarak gösterilmektedir.

Akımın tek bir yönde ilerlemesini sağlayan yarı iletken diyotlar katı hal aydınlatması teknolojisinde kullanılmaktadır. Katı hal aydınlatmalar aydınlatma tasarımında sağladıkları avantajlar ile tüketiciler tarafından 2000'li yılların sonlarında sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır.

Katı hal aydınlatması, "ışık yayan diyot" (light emitting diode - LED) ve "organik ışık yayan diyot" (organic light emitting diode - OLED) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Işık yayan diyotlar mimari aydınlatmada oldukça önemli bir yere sahiptir. Katı hal aydınlatma teknolojisinde; üzerinde çalışılan araştırma ve geliştirme projeleri ile her geçen gün önemli bir ilerleme sağlanmaktadır. Bu teknoloji geleceğin aydınlatma kaynağı olarak görülmektedir. Çok sayıda bilim adamı, katı hal aydınlatma teknolojisini geliştirmek için, kristaller aracılığıyla ışık üretmek veya üretim maliyetlerini düşürmek gibi konular üzerinde çalışmaktadır.

3.1. LED AYDINLATMA

Aydınlatma dünyasının geleceği olarak gelişimine hızla devam eden LED, kelime olarak "ışık yayan diyot" (Light Emitting Diode) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. LED, elektrik enerjisini ışığa dönüştüren yarı iletken bir devre elemanıdır. Işık kaynağı olarak LED kullanan aydınlatma aygıtları ile yüksek ışık verimi, düşük enerji tüketimi, uzun ömür, daha iyi bir ışık yönlendirme seviyesi, düşük ultraviyole ve kızıl ötesi ışınması, daha yüksek renksel geriverim konularında çok

başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. LED teknolojisi ile çok sayıda renk ve çok çeşitli renk sıcaklıkları kullanmak mümkündür.

3.2.1. LED AYDINLATMA GELİŞİM SÜRECİ

1907 yılında İngiltere’de Marconi Labs firmasından Henry Joseph Round tarafından, Silisyum Karbür’den yapılmış bir metal yarı iletken fonksiyonuna gerilim uygulanması ile ilk "sarımsı katı hal" ışığı tespit edilmiştir. Bu ışığa LED keşfinde ilk atılan adımdır. Daha sonra 1920'lerin ortalarında Rus araştırmacı Oleg Vladimirovich Losev diyotların ışık yaydığını fark etmiştir ve 1927 yılında Philosophical Magazine adlı bir Rus gazetesinde bu konuda bir makale yayınlanmıştır. Bilim adamının 39 yaşındayken hayatını kaybetmesi sonucu çalışmalar yarım kalmıştır.

1955 yılında "Amerikan Radyo Anonim" ortaklığında (Radio Corporation of America) çalışan Rubin Braunstein ise galyum arsenik alaşımlarının kızılötesi ışık yaydığını raporlamıştır. Raporlanan çalışma ışığında 1961 yılında Texas Instruments firmasında çalışan Gary Pittman ve Bob Biard galyum arsenik alaşımına elektrik uygulayarak kızılötesi ışığı gerçekleştirmiştir ve bu uygulamayla kızılötesi LED'in patenti alınmıştır.

1962’de Amerikalı mühendis ve eğitimci Nick Holonyak tarafından ilk görülür LED üretilmiştir. Lümen değeri 0,001’dir. Zaman içerisinde ilerleme göstererek 1960’ların ortasında 0,01 lümen değeriyle kırmızı LED'ler keşfedilmiştir. Galyum fosfat ile yapılmış bir diyotun, iletim yönünde akım geçirildiğinde kırmızı ışık yaymaktadır. Kırmızı LED'lerin uçları şeffaf plastik mercek şeklindeydi ve verim son derece yetersizdi. Holonyak'ın öğrencisi M. George Craford, 1972 yılında ilk sarı LED'i üretmiştir. 1970 sonları ve 1980’lerde ise saat, hesap makinesi gibi cihazların gösterge panellerinde yeşil LED kullanılmaya başlanmıştır. Yeşil LED saf galyum fosfat kullanarak ortaya çıkmıştır. 1990’larda mavi LED geliştirilmiştir ve ışık akısı artarak 1 lümen değerine yükselmiştir. Mavi LED'in bulunması ile kırmızı, yeşil ve mavi renklerin karışımıyla Japon Profesör Shuji Nakamura tarafından beyaz renkli LED aydınlatma geliştirildi. Fosfor kaplama ile kısmen sarıya dönüştürülen parlak bir mavi ışık üreten galyum nitrit yayıcı kullanan ilk yüksek parlaklıkta LED üretilmiştir.

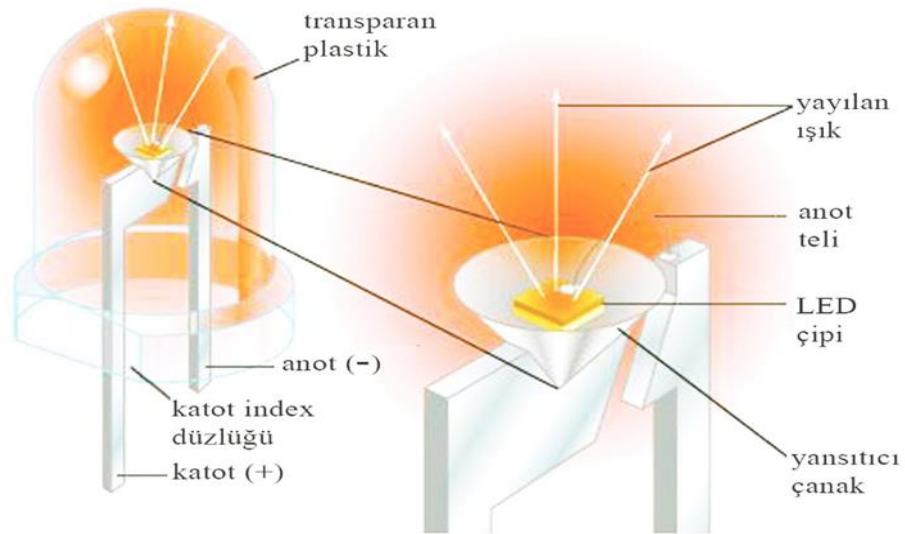
Nakamura çalışmalarından ötürü 2006 yılında "Milenyum Teknoloji Ödülü" (Millennium Technology Prize) almıştır. Beyaz ışık renginin bulunması ile geleneksel aydınlatma kaynaklarının yerine yeni bir alternatif teknoloji ortaya çıkmıştır.

2008 yılında dünya pazarında LED kullanımı %7 iken 2009 yılında bu oran %10'a yükselmiştir. 2020 ise bu oranın %75'e yükseleceği tahmin edilmektedir. LED'lerin yüksek maliyetlileri gün geçtikçe düşmektedir. LED üretiminde en çok galyum arsenik fosfat maddesi kullanılmaktadır.

21. yüzyılda LED'ler aydınlatmanın yanı sıra cep telefonları göstere ve tuş aydınlatması, radyo, CD çalar, navigasyon sistemi gibi cihazlar da kullanılmaktadır. LED aydınlatma tasarımcıları için çok yönlü imkânlaraya sahip bir ışık kaynağıdır.

3.2.2. LED AYDINLATMA YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Aydınlatma sektöründe LED kısaltması ile adlandırılan ışık yayan diyotlar, üzerinden elektrik akımı geçirildiğinde ışık yayan elektronik bir aydınlatma kaynağıdır. Diyot, P ve N tipi iki yarı iletken maddenin birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Diyotu, P kutbu "anot", N kutbu "katot" olarak adlandırılmaktadır. Diyotlar, doğrultmaç ve sinyal diyotları olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Düşük frekanslı devrelerde doğrultmaç diyotları yüksek frekansla ise sinyal diyotları kullanılmaktadır. Aynı zamanda sinyal diyotları düşük gerilim ve akımlarda da çalışabilmektedir. Doğrultmaç ve sinyal diyotları silisyum ve germanyum maddelerinden üretilmektedir.



Şekil 3.1. LED yapısı

▪ LED aydınlatma çalışma prensibi

Enerji kaynağının pozitif tarafına "P" yarı iletken malzeme, negatif tarafına ise "N" yarı iletken malzeme bağlanır ve pozitif taraftan (anot), negatif tarafa (katot) elektrik akımı geçmektedir. Elektronlar ise negatif taraftan pozitif tarafa geçerken bir boşluk ile birleşip foton yaymaktadır. Bu süreç ışık yayımı (elektrolüminesans) olarak adlandırılmaktadır. LED yarı iletken diyot bu şekilde ışık yaymaktadır. Ancak yarı iletken malzemenin pozitif tarafı kaynağın negatif tarafına, negatif tarafı da pozitif tarafına bağlarsa herhangi bir elektron ve akım geçişi olmaz ve ışık yayımını gerçekleştirmemektedir. LED aydınlatma kaynağının yaydığı ışık şiddeti içinden geçen akım ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

LED lambalar, LED paneller gibi LED kullanılan tüm aydınlatma ürünlerinde LED çiplerden yararlanılmaktadır. Yarı iletken malzemeden oluşan LED çipi, LED aydınlatmanın en önemli bölümlerinden biridir. LED çipi noktasal bir ışık kaynağıdır. Kılıf içine yerleştirilmiş yansıtıcı çanak ile ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlanmaktadır.

LED lamba içinde bulunan LED çip adedi, lambanın yayacağı ışık miktarını hiç bir zaman göstermemektedir. Çok farklı kalitede ve boyutlarda LED çipi bulunmaktadır ve üreticiler kendi ürünlerini farklılaştırmak adına farklı boyutlardaki LED çiplerini farklı adetlerde dizerek üretim yapmaktadır. LED aydınlatmada ışık miktarı lümen değerine bağlıdır.⁴¹

▪ LED Aydınlatma Işık ve Renk

LED aydınlatmada ışık istenilen dalga boyunda olduğu için renk filtresi, prizma gibi renk ayrıştırıcılara ihtiyaç yoktur. Buna karşılık akkor lambalarda üretilen ışığın mavi ve yeşil bileşenleri bastırılarak sadece kırmızı bileşeni kullanılmaktadır.

- LED lambalar ile küçük ebatlı armatürler geliştirilip, ışık kolayca yönlendirilebilmektedir.
- LED lamba 200 nanosaniye (ns) içinde ışık vermeye başlamaktadır.
- LED rengine göre ışık etkinliği farklılık göstermektedir.

⁴¹ <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/induksiyon-lambalari-en-uzun-omurlu-lambalar>

Örneğin:

Kırmızı LED; 45 lm/W ile en yüksek verimliliğe sahiptir.

Sarı LED; 35 lm/W, Yeşil LED; 18 lm/W

Mavi LED, ortalama 8 lm/W

Beyaz LED ise 18-25 lm/W arasında değişmektedir.

LED'ler yönlendirilmiş ışık oldukları için ışık değerleri, cd (candela) veya mcd (milicandela) cinsinden verilmektedir. Işık açıları düşük tutularak yüksek candela değerleri telaffuz edilmektedir. LED seçiminde değerlendirme yapılırken bu konu dikkate alınmalıdır.

Bir LED'den yayılan ışık miktarı eksen üzerindeki tek bir noktayla, aydınlık şiddeti değeriyle ölçülmektedir (lv). LED'in şiddeti milicandela (mcd) olarak belirtilir. Bu eksen üzeri ölçüsü, enkandesan lambalar tarafından üretilen ışığı ölçmede kullanılan orta küresel ışık gücü değerleriyle karşılaştırılamamaktadır. Aydınlık şiddeti, LED'e sağlanan akım miktarıyla kabaca orantılıdır. Akım ne kadar büyükse şiddet o kadar yüksektir.

Genellikle LED'ler 20 miliamper'de (mA) işlemek üzere tasarlanmıştır. LED'lerin optik davranışları, ısıyla birlikte belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir. İlk olarak, birleşme ısı arttıkça, LED tarafından yayılan ışık azalmaktadır. Ayrıca genellikle ısıyla birlikte değişen yarı iletken enerji boşluğu nedeniyle yayılan dalga boyunda ısıyla birlikte değişmektedir. LED'ler dalga boyu aralığında ışık yaymaktadır, ancak baskın dalga boyu LED izlenirken görülen renktir.

- LED Renk Sıcaklıkları:

LED lambalar, 10000K ile 2500K arası değişim gösteren renk sıcaklıklarında beyaz ışığa sahiptir. Beyaz ışığın oluşumunda; kırmızı, yeşil ve mavi LED'ler aynı kutupta toplanmaktadır. Beyaz ışık, teoride sayısız dalga uzunluğunu bir araya toplamaktadır. Gözümüz biri kırmızı, biri yeşil biri de mavi olmak üzere üç dalga uzunluğunu bir araya getirip beyaz ışık olarak algılamaktadır. LED lambalardaki beyaz ışığın geniş renk sıcaklığı seçenekleri birçok uygulamada kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Kelvin (K) ile ölçülen renk sıcaklıkları 3 ana gruba ayrılır.

- Sıcak beyaz ışık (2500-3300 Kelvin)

2500 – 3300 Kelvin renk sıcaklıkları sıcak beyaz ışık olarak adlandırılmaktadır. Sıcak ışık yumuşak, iyi bir görüş ve rahat bir atmosfer sağlamaktadır. Sıcak ışık, konutlarda tercih edilebilmektedir.

- Doğal beyaz ışık (4000-4500 Kelvin)

Doğal beyaz ışık 4000 – 4500 Kelvin renk sıcaklığındadır. Genellikle konutlar ve ofislerde tercih edilmektedir. 4000 – 4500 Kelvin renk sıcaklığındaki ışık, detayları daha iyi görmemizi sağlamaktadır. Bu sebeple dikkat gerektiren işler yapılan yerlerde kullanılabilir.

- Soğuk beyaz ışık (5000-6500 Kelvin)

Soğuk beyaz ışık 5000 – 6500 Kelvin renk sıcaklığındadır. Yaz güneşi taklit edilmektedir. Uzun süre 6500 Kelvin ışık bulunan bir mekânda fazla bulunmak içerdiği mavi ışık nedeniyle gözlerimizi rahatsız edebilmektedir. Soğuk beyaz ışık; mücevher mağazası, ayakkabı mağazası gibi objelerin sergilendiği yerlerde kullanılabilir.



Şekil 3.2. Renk sıcaklıkları

- LED Rengi:

LED içerisinde, ışığın oluştuğu noktadaki sıcaklığa jonksiyon sıcaklığı olarak adlandırılmaktadır. LED lambaların rengi, jonksiyon sıcaklığıyla ilişkilidir. Eğer sıcaklık artarsa, dalga boyu spektrumu değişmekte, ışık akıları ve etkinlik faktörleri düşmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, sıcaklık arttıkça renk spektrumunun daha uzun dalga boyu yönünde değiştiğini göstermektedir. LED teknolojisi tüm renk tayfinin renk çeşitliliğine sahiptir. Renksel geriverim indeksi "CRI" (Color Rendering Index) renklerin, yapay ışık kaynaklarının altında nasıl görüldüğünü ifade eder. Bir yapay ışık kaynağının renksel geriverimi ne kadar yüksekse, altındaki renkler, günışığı altındaki doğal renklerine o kadar yakın görünür.



Şekil 3.3. LED renkleri

Kırmızı LED lambaların veriminin yüksek olmasının yanı sıra üretimi kolay ve maliyeti ucuzdur. Yeşil LED lambalar ise verimi en düşük LED lamba çeşididir. Yeşil bir LED'den kırmızı LED'lerdeki kadar ışık elde edebilmek için iki katına yakın LED akımına gereksinim duyulmaktadır.

3.2.3. LED AYDINLATMA AYGITLARI VE LAMBA TÜRLERİ

LED teknolojisi farklı ihtiyaçlara yönelik lamba çeşitliliğine sahiptir. Bu yüzden aydınlatma tasarımında geniş kullanım olanakları sunmaktadırlar.

LED aydınlatma aygıtlarının sınıflandırılması:⁴²

Single LED: Ham parlaklığı ve etkinlik faktörünü belirleyen LED çipi, ışığın rengini ve renk dengesini belirleyen fosfor tabaka, hem LED çipini hem de fosfor tabakayı koruyan, ayrıca ışık ve ısı salınımına yardımcı olan paket kısmından oluşan yarı iletken diyottur.

⁴² http://www.lamp83.com.tr/images/dokumanlar/2014062401-Giris_41sayfa.pdf

Single LED baskılı bir devre kartı üzerine, çizilen elektronik devrenin şeklinde göre tekil veya çoklu adetlerde yerleştirilmektedir. Ortaya çıkan LED modülü, ışık kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Linear LED: Tekil LED'lerin şerit şeklinde esnek de olabilen baskılı bir devre kartı üzerine dizilmesiyle oluşmaktadır. Doğrusal aydınlatma uygulamalarında, istenen boyutlarda kullanılmaktadır. Ayrıca devre kartı esnek olduğu için istenen şekillerde de (örneğin yuvarlak) profil uygulaması yapılabilmektedir. Single LED'in bir türevidir.

COB LED: "Chip on board" aydınlatma için özel olarak tasarlanmış, montajı ve değiştirilmesi daha kolay olan modül LED'lerdir. COB LED'lerde belirli bir ölçüdeki çap içerisinde çok sayıda çip bulunmaktadır. Bu çiplerin üzeri fosfor tabaka ile kaplıdır. Çok sayıda ışık kaynağını içerisinde ihtiva etmesine rağmen bu modüler lamba gibi kullanılmaktadır.

RGB LED: Özel yapısı ve sürücüsü sayesinde renk değiştirebilen LED'lerdir. RGB özellikli bir LED'den 16.7 milyon tane farklı renk elde edilebilir.

DC LED: Doğru akım ile çalışan LED sistemleridir. Bu sistemlerde, LED'in çalışacağı akımı sabitleyen bir sürücü kullanılmaktadır.

AC LED: Alternatif akım ile çalışan bir sürücü vasıtasıyla elektrik şebekesine bağlanarak çalışan LED sistemleridir.

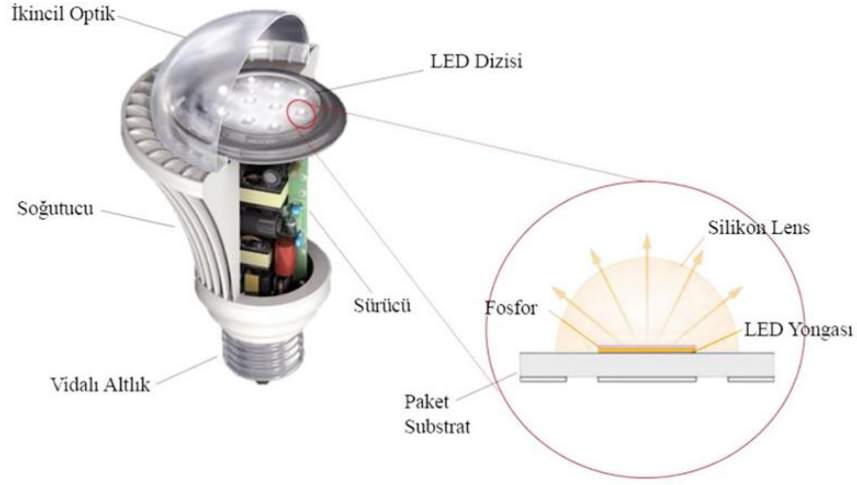
- LED lamba türleri:

LED lamba türleri, yaydıkları ışık bakımından da tercih sebebidir. Oldukça az enerji harcayarak oldukça iyi ve aydınlık bir ışık kaynağı sağlayan LED lambalar, aynı zamanda gözleri rahatsız etmeyen yumuşak ve aydınlık bir yapıya sahiptir.

LED lamba üretiminde kullanılan parçalar arasında LED çipler, bunların monte edildiği bir devre ile güç ünitesi bileşenleri ile yapıyı bir arada tutan ve lamba şekli veren malzemeler bulunmaktadır.

LED lambaları;

LED şerit (strip), LED çubuk, LED spot lamba, LED ampul, LED floresan, LED kapsül ve LED duvar boyama olarak sınıflandırmak mümkündür.



Şekil 3.4. LED ampul bileşenleri

LED ampuller; geleneksel ampullerden daha tasarrufludur. LED ampuller floresan lambalardan daha dayanıklıdır ve daha uzun kullanım süresine sahiptir. LED ampuller ortalama 2-10 watt arasında elektrik kullanmaktadır. Bu ampuller kullanım süresi uzun olduğu için bakım ve yenileme maliyeti düşüktür.

LED Şeritler; esnek, katı ve su geçirmeyen bir yapıya sahiptir. Gruplar halinde birbirine bağlı olan LED şeritler birbirinden ayrılabilir. LED şeritler kesilmesi durumunda su geçirmezliğini azalmaktadır. Eğer kesilen uca silikon dolgu yapılırsa su geçirmezlik özelliği devam etmektedir. LED şeritlerin renk yelpazesi oldukça geniştir. LED şeritlerde rezistans kullanılmaz. LED şeritler iç ve dış mekân dekorasyon aydınlatmasında kullanılmaktadır.

LED spot lambalar; 6 ile 25 derece arasında optik açıları değişmektedir. Geniş açılı spotlar mekân aydınlatmasında kullanılmaktadır.

LED floresan lambalar; geleneksel floresan lambaların yerini alacak önemli bir alternatif aydınlatma kaynağıdır. LED floresan lambalar daha verimli ve dayanıklıdır. Konutlar, ofisler, galeriler, müzeler, mağaza vitrinleri, restoranlar ve oteller gibi pek çok mekânda kullanılır.

LED kapsül; dekoratif armatürler ile uyum sağlamaktadır. Kullanım süresi oldukça uzundur.

LED duvar boyama (wall washer); bina, kulüp, otel, sahne, park, plaza, ticari binalar ve sanat galerilerinin aydınlatılmasında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. LED lamba türleri

Aydınlatma Türü	Örnek Aydınlatmalar
A- Tipi Aydınlatma Klasik LED Ampul	
Dekoratif Aydınlatma (Mum, küre vb. dekoratif ampuller)	
Yönlü Aydınlatma (Reflektörlü lamba, spot ışık armatürler vb.)	
Doğrusal Aydınlatma	
Otopark Aydınlatması	
Sokak Aydınlatması Otoyol Aydınlatması	
Dış Cephe Aydınlatması	
LED Duvar Boyama	

LED Lamba ve Floresan Lambanın Karşılaştırması:

21. yüzyılda çevre dostu ve insan sağlığına zararsız aydınlatmalar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda, LED lamba ve floresan lambayı karşılaştırdığımızda LED lambanın genel aydınlatma sektöründe önemli firmalar tarafından tercih edilmeye başlandığını sonucuna varılmaktadır.

LED lamba ve floresan lambanın genel farklılıkları:

- LED lambalar, floresan lambalara göre yaklaşık ortalama %50 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- LED lambaların ömürleri 15.000 – 100.000 saat arasında değişirken floresan lambalar 7-8 yıl daha uzun ömürlüdür.
- LED lambalar, floresan lambalar gibi cıva içermez, zararlı ışınlar yaymaz ve çevre dostudur.
- LED lambaların yaydığı ışık kararlıdır ve ışık şiddetinde titreme oluşmamaktadır.
- Floresan lambalar gözün algılayamayacağı şekilde titreme yapmaktadır bu durum göz sağlığı için oldukça zararlıdır.

Floresan lambalar kamu binaları, eğitim yapıları gibi iç mekânlarda çoğunlukla tercih edilen enerji tasarrufu sağlayan bir aydınlatma kaynağıdır. Fakat bazı olumsuz özelliklere sahiptir. Örneğin; floresan lambada görünür ışığı oluşturacak devrenin maliyeti normal bir ampulün maliyetinin 5-10 katı fazladır.

Ayrıca floresan lambalar birçok kez yanıp söndürülmeye dayanıksızdır. Işık verme süreleri (ortalama 30 saniye) uzundur.

Diğer bir olumsuz özellik ise soğuk havalardan etkilenerek verimleri aniden düşmektedir. LED lambalar floresan lambaların olumlu özelliklerine sahip olmalarına rağmen olumsuz özelliklerini yok denecek kadar azdır.

LED aydınlatma sürekli gelişim göstererek daha verimli aydınlatma çözümleri sunmaktadır. LED'lerin en önemli özelliği ise enerjinin tümünün ışık kaynağına dönüşüp ısı yaymamasıdır.

3.2.4. LED AYDINLATMA KULLANIM SÜRESİ (ÖMRÜ)

LED lambalar diğer yapay aydınlatma kaynaklarından çok daha uzun kullanım süresine sahiptir. LED lamba zamanla daha az ve soluk ışık verir, çünkü verimli ışık miktarının azalması - lümen düşümü gerçekleşir ve ilk parlaklığı yok olabilir. Lümen düşümünü hızlandıran çeşitli faktörler olarak sürücü akımı ve soğutucu olsa dahi LED lamba içinde oluşan ısı miktarı örnek gösterilebilmektedir. Lümen kararlılığı bir LED lambanın ilk kullanıldığı zaman verdiği ışık akısının yüzdesel bir değeridir. Genellikle %70'in altına düştüğünde LED lambanın kullanım süresinin sonuna gelinmiştir. Buna karşılık; işletme, bakım ve lamba değiştirme maliyetleri değerlendirildiğinde LED lambalar çok daha uzun ömürlüdür.⁴³

LED lambaların kullanım sürelerinin daha uzun olması için bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Bacakların, kılıftan itibaren 2mm'den daha yakın kıvrılmamasına ve kılıfın çatlamamasına dikkat edilmelidir.
- Kılıf çatlaklarından sızacak rutubet, LED'in kullanım süresini büyük ölçüde azaltacaktır.
- Lehim yapılırken bacakların 125°C'den daha fazla ısıtılmaması gerekir. Bu nedenle bacaklar soğutma amacıyla metal maşa veya krokodil (bir tür bağlantı elemanı) ile tutulmalıdır. LED'ler, aşırı sıcaklıklarda çalıştırılmamalıdır.
- 75°C'de çalıştırılan bir LED 25°C'de çalışana göre %50 oranında daha az ışık verebilmektedir ve kullanım süresi azalmaktadır. Bu yüzden LED'ler, devrenin sıcak bölgelerinden uzak tutulmalıdır ve maksimum akım sınırlarına yakın değerlerde çalıştırılmamalıdır.⁴⁴

Yapılan çalışmalar LED lambaların ortalama 15.000 - 100.000 saat kullanım süresine sahip olduğunu ortaya çıkarmaktadır. LED lambaların kullanım süresi, yapılarına, çevresel ve fiziksel etkilere, güç kaynağı özelliklerine, ışık üretim sistemine, kılıfın materyal yapısı, ışık rengi vb. etkenlere göre değişkenlik göstermektedir. LED aydınlatmada ışık rengine bağlı verim düşüklüğü biraz daha fazla güç kullanımıyla ortadan kalkmaktadır.

⁴³ <http://pldturkiye.com/yanlis-bilinen-10-led-gercegi/>

⁴⁴ <http://www.silisyum.net/htm/led/led-kiliflari.html/4>

3.2.5. LED AYDINLATMA AVANTAJLARI

21. yüzyıl yeni nesil aydınlatma sistemleri ile geleneksel aydınlatma sistemleri karşılaştırıldığında yeni nesil aydınlatma sistemlerinin birçok üstün özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, doğru aygıt ve tamamlayıcı parçalar ile kullanılan LED aydınlatma sistemleri, uzun ömür, yüksek dayanıklılık ve düşük enerji kullanımı gibi önemli avantajlara sahiptir. LED aydınlatma ile zengin renk üretiminin yanı sıra çeşitli renk sıcaklıklarında beyaz ışık elde edilmektedir. LED aydınlatma sistemleri kolay kontrol edilebilme özelliğine sahiptir ve iç ve dış mekân aydınlatmasında alternatif çözümler sunmaktadır.

Aşağıda LED aydınlatmanın avantajları maddeler halinde sıralanmaya çalışılmıştır:

- LED lambalar küçük boyutlu ve hafiftir. Yönlü ışık yayabilmektedir.
- LED lamba fiziksel olarak sağlamdır ve kolay kurulum mümkündür.
- LED lamba ortalama 15.000 - 100.000 saat kullanım süresine sahiptir.
- LED aydınlatma ile renk tayfinin bütün renkleri elde edilebilmektedir.
- LED lamba renk değişim özelliğine sahiptir.
- LED aydınlatma ile doğal ışık etkisi sağlanmaktadır.
- LED lambaların dimmer anahtar ile parlaklığı ayarlanabilmektedir.
- LED lambada anahtarlanmanın kullanım süresi üzerinde bir etkisi yoktur.
- LED lamba düşük enerji ile yüksek verim alınmaktadır.
- LED lambanın ısısı, lambanın içinde bulunan soğutucu ile kolay bir şekilde soğutulmaktadır.
- LED lamba çevre dostudur ve cıva içermemektedir.
- LED lamba yüksek etkinlik değerine sahiptir.
- LED lambada elektromanyetik çatışma yoktur.
- LED lamba oldukça hızlı ışık yaymaktadır.
- LED lamba düşük ortam sıcaklıklarında iyi çalışma özelliklerine sahiptir.
- LED aydınlatma suya dayanıklıdır ve güvenlidir, yangın riski yoktur.
- Cam ve flaman gibi öğeler içermediği için kırılmaya karşı dayanıklıdır.
- LED aydınlatma doğru akımla çalışmaktadır.
- LED lambalar olumsuz ortam şartlarından etkilenmemektedir. Şoka ve titreşime karşı dirençlidir.

3.2.6. LED AYDINLATMANIN KULLANIM ALANLARI

LED sistemleri oldukça geniş tasarım imkânları sunan bir aydınlatma teknolojisidir. Çeşitli boyut ve şekillerde üretilebilen LED lambalar, 21. yüzyılda aydınlatma tasarımcıları tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. LED lambalar, aydınlatma pazarında yerini aldığı ilk dönemlerde yüksek maliyete sahip olduğu için sadece dekoratif amaçlı kullanılmıştı ancak ilerleyen zamanlarda gelişen LED teknolojisi ile yüksek maliyetler düşürülmüştür. Aynı zamanda verimlilik ve çevre dostu olma özellikleri ile kullanım alanları genişlemiştir ve 2000'li yılların sonunda genel aydınlatma kaynağı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.

LED aydınlatmanın kullanım alanlarını kısaca aşağıdaki gibi örneklendirebilmekteyiz:

İç mekân LED aydınlatma:

Konutlar, alışveriş merkezleri, mağazalar, sinemalar, konferans salonları, oteller, restoranlar, spor salonları, ofisler, eğitim yapıları, hastaneler, müzeler, sergi salonları vitrin aydınlatmaları ve endüstri tesisleri vb. iç mekânlarda LED aydınlatma kullanılmaktadır. İç mekân atmosferi LED aydınlatma ile kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Örneğin konutlarda duvar kenarlarına yerleştirilen LED şeritler ile sıcak ve rahatlatıcı bir atmosfer oluşturmak mümkündür.

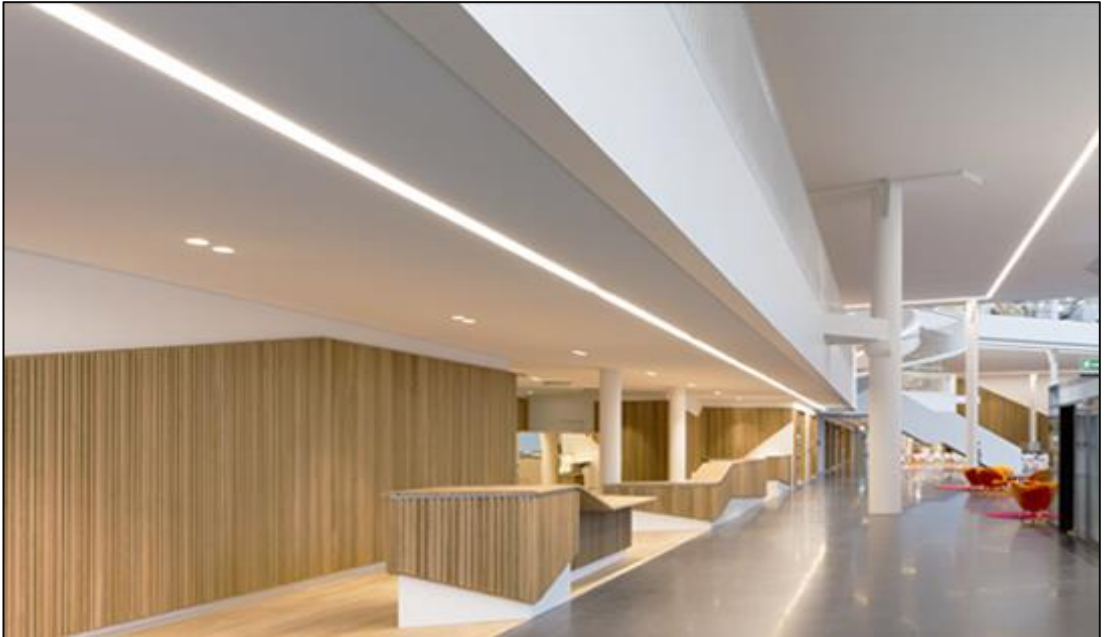


Şekil 3.5. LED şerit lamba ve LED sıva altı lamba ile konut aydınlatması



Şekil 3.6. LED Aydınlatma ile mekân tasarımı

LED aydınlatmanın fonksiyonel özellikleriyle aydınlatma tasarımcısı iç mekânda istenilen renk, form ve biçimi yakalayabilmektedir. Ayrıca LED aydınlatmanın hastane, ofis, eğitim yapıları gibi mekânlarda kullanımı enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 3.7. LED şerit (strip) lamba kullanımı – Swedbank / İsveç

Dış mekân LED aydınlatması:

Sokak cadde aydınlatmaları, otopark aydınlatmaları, bina dış cephe aydınlatmaları, park bahçe aydınlatmaları, karayolu aydınlatmaları, hava alanı aydınlatmaları, helikopter pisti aydınlatması, tarihi eser aydınlatmaları ve köprü, geçit vb. yapıların aydınlatılmasında LED aydınlatma kullanılmaktadır.



Şekil 3.8. LED şerit ile tünel aydınlatması

LED aydınlatma diğer kullanım alanları:

Otomotiv aydınlatmaları, uçak, gemi vb. taşıt aydınlatmaları, elektronik cihazlar, reklam panoları, çeşitli süslemeler, dekoratif mobilya aydınlatması vb. yerlerde LED aydınlatma kullanılmaktadır.



Şekil 3.9. LED lambanın araç içi aydınlatmada kullanılması

3.3. OLED AYDINLATMA

"Organik ışık yayan diyot "Organic Light Emitting Diode" (OLED) kelimelerinin baş harfleri ile tanımlanmaktadır. Organik elektrolüminesans aygıtı "Organic Electroluminescent Device" (OEL) veya ışık yayan polimer "Light Emitting Polymer" (LEP) olarak da anılmaktadır. OLED, yüzeyinin tamamı ışık yayan ince panellerden oluşan bir aydınlatma kaynağıdır. OLED ışık üretiminin sağlanması için anot ve katot arasına organik materyaller yerleştirilmektedir. Bu organik materyaller sisteme elektrik uygulandığı zaman elektrolüminesans yaparak ışık elde etmektedir. 20. yüzyıl ortalarında OLED ile ilgili ilk çalışmalar başlamıştır. 21. yüzyılda ise OLED, aydınlatma sektöründe yerini alarak oldukça kullanışlı ve verimli bir aydınlatma kaynağı olarak gelişimini sürdürmektedir.

3.3.1. OLED AYDINLATMA GELİŞİM SÜRECİ

OLED teknolojisinin gelişiminde ilk adımlar 1950'li yıllarda atılmıştır. 1953 yılında ilk organik elektrolüminesans, alternatif akım kullanılarak Bernanose ve arkadaşları tarafından çalıştırılmıştır. Elektrolüminesans; elektrik alandaki bir malzemeden yayılan ışıktır ve 1960'larda antrasen kristali ismi verilen kömür katranından elde edilen aromatik hidrokarbonun yapısında ilk olarak gözlemlenmiştir. Antrasen kristali ilk organik yarı iletkenlerdendir.

1963 tarihinde bilim adamları organik materyallerin bazı çeşitleri ve onların optoelektronik aktiviteleri ile ilgilenmeye başlamıştır. Optoelektronik (OE), ışıkla etkileşen elektronik aletlerin incelenmesi ve uygulanması işlemidir. Diğer bir tanımla optoelektronikte, ışık enerjisiyle etkileşim kurularak, ışık ve elektrik enerjisinin birbirine dönüşümü sağlanmaktadır. Bilim adamları ilk organik materyaller hakkında yapılan optoelektronik aktivite çalışmalarından sonra 1980'lerde antrasen kristali materyali tekrar gündeme gelmiştir ve 1987'te kimyagerler Ching W. Tang ve Steven Van Slyke tarafından dünyanın ilk çalışan ışık yayan diyotu Kodak laboratuvarlarında geliştirilmiştir. 1988 yılında ise Chihaya Adachi ve Tetsuo Tsutsui ilk çok katmanlı OLED'i geliştirmişlerdir. 1990'larda ise polimer elektrolüminesans keşfedilmiştir.

1990 yılında Jeremy Burroughes ve Donal Bradley ilk polimer esaslı OLED'i (PLED) ve 1997 yılında Teruo Tohma ise ilk pasif matris OLED'i (PMOLED) geliştirmiştir.

OLED’ler ilk, taşınabilir cihazların gösterge ünitelerinde aydınlatma kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra fotoğraf makinesi, cep telefonu ve televizyon ekranlarında kullanılmıştır. 2003 yılında Kodak OLED (AMOLED) ekranlı ilk dijital fotoğraf makinesini geliştirmiştir. Novaled aydınlatma ile Philips aydınlatmanın işbirliği yaparak geliştirdiği beyaz organik diyotlar (WOLED) aydınlatma teknolojisinde önemli bir gelişme olmuştur. İlk dönemde organik ekranların örnekleri tasarlanmıştır. Bu ekranlardaki her piksel, istenilen rengi oluşturacak şekilde aktive edilen mavi, kırmızı ve yeşil OLED katmanlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Japonya, Avrupa ve Kuzey Amerika akademik ve endüstriyel araştırma laboratuvarlarında yapılan büyük projeler ile OLED teknolojisi hızlı bir biçimde gelişme göstermeye devam etmektedir.

Çizelge 3.2. OLED teknolojisi hakkında önemli gelişmeler

YIL	TARİHÇE
1950 - 60	Organik malzemelerde elektroluminans gözlemlendi.
1987	Eastman Kodak tarafından dünyanın ilk OLED aygıtı geliştirildi.
1998	Kodak ve Sanyo dünyanın ilk AMOLED ekranını geliştirdi.
2001	Toshiba 260,000 renk Polimer OLED geliştirdi.
2009	15" OLED TV ekranı geliştirildi.
2010	OLED paneller ile dekorasyon amaçlı avize üretildi.
2010	OLED yazıcı teknolojisi geliştirildi.
2011	Panasonic tarafından dünyanın en verimli beyaz OLED'i geliştirildi.
2011	Renk ayarlanabilir OLED aydınlatma paneli geliştirildi.
2011	NEC aydınlatma dünyanın en verimli OLED aygıtını geliştirdi.
2012	COMEDD tarafından ilk transparan OLED geliştirildi (TOLED)
2014	Konica Minolta en verimli OLED paneli geliştirdi.
2013	Esnek OLED aydınlatma paneli geliştirildi.
2014	LG esnek ve şeffaf OLED TV üretti.
2015	Dünyanın en büyük OLED ekranı geliştirildi.
2015	LG 320 mm X 320 mm OLED ışık paneli üretmeye başladı.
2015	LG Display duvar kağıdı OLED TV geliştirdi.
2016	Lenova tarafından ilk OLED ekranlı laptop piyasaya çıktı.
2016 -17	1000 mm X 1200 mm OLED aydınlatma paneli üretimine başlandı.

3.3.2. OLED AYDINLATMA YAPISAL ÖZELLİKLERİ

OLED teknolojisi kullanılan organik yarı iletkenler; küçük moleküller (monomerler) ve polimerler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. OLED içerisinde organik materyaller katı halde bulunmaktadır. OLED, birkaç katmanın bir arada bulunmasından oluşan bir yapıdır. OLED verimi artırmak için OLED aygıtında kullanılacak materyaller dikkate alınarak seçilmelidir.

3.3.2.1. OLED Katmanları

OLED katmanları, anot materyallerini içeren alt katman ve katot materyalinin içeren üst katman başta olmak üzere elektron transfer tabaka, organik materyallerin bulunduğu katman, boşluk transfer tabakası gibi sıralanabilmektedir.

- Alt Katmanlar

Substrat: OLED alt katmanında bulunarak OLED'i desteklemektedir. Şeffaf, plastik, cam veya folyo malzeme kullanılmaktadır.

Anot materyalleri: Anot materyal seçimi, cihaz üretim sürecinin ilk ve en önemli kısmıdır. Çünkü diğer tüm katmanlar bu yapı üzerine büyütülmektedir ve boşluk enjeksiyon verimi bu materyalin iletkenlik ve iş fonksiyonu enerji seviyesine bağlıdır. Ayrıca, OLED cihazlarının geneli yarı saydam yapıda olup, elde edilen ışığın çıkış yönü anota doğru gerçekleşmektedir.

- Organik (aktif) Katmanlar

Bu katmanlar organik moleküllerden veya polimerlerden yapılmaktadır.

Boşluk enjeksiyon katmanı: Anot ile iletken katman arasında ara yüzey bağlayıcı görevindedir. "Hole injection Layer" (HIL) ile gösterilmektedir.

İletken Katman: Boşluk taşıyıcı katmandır. "Hole transport" (HTL) Ana fonksiyonu, anottan enjekte edilen boşluk yük taşıyıcılarını emisyon katmanına iletmesidir.

Yayıcı katman: "Emissive Layer" anot ve katot arasında bulunmaktadır ve katottan elektronları taşımaktadır. Işık katot tabakasında oluşmaktadır.

Elektron Taşıyıcı: "Electron transport" (ETM) iletken bir materyal olarak katmanın fonksiyonu, katottan enjekte edilen elektronların cihaz içerisine verimli bir şekilde taşınmasını sağlamaktır.

Elektron Enjeksiyonu: "Electron injection" (EIM) katot ara yüzey materyalleri olarak da adlandırılan EIM'ler ise, katot/ETM veya ETM kullanılmayan sistemlerde katot/EM arasına, 0.3-10 nm arasında değişen kalınlıklarda kaplanmaktadır.

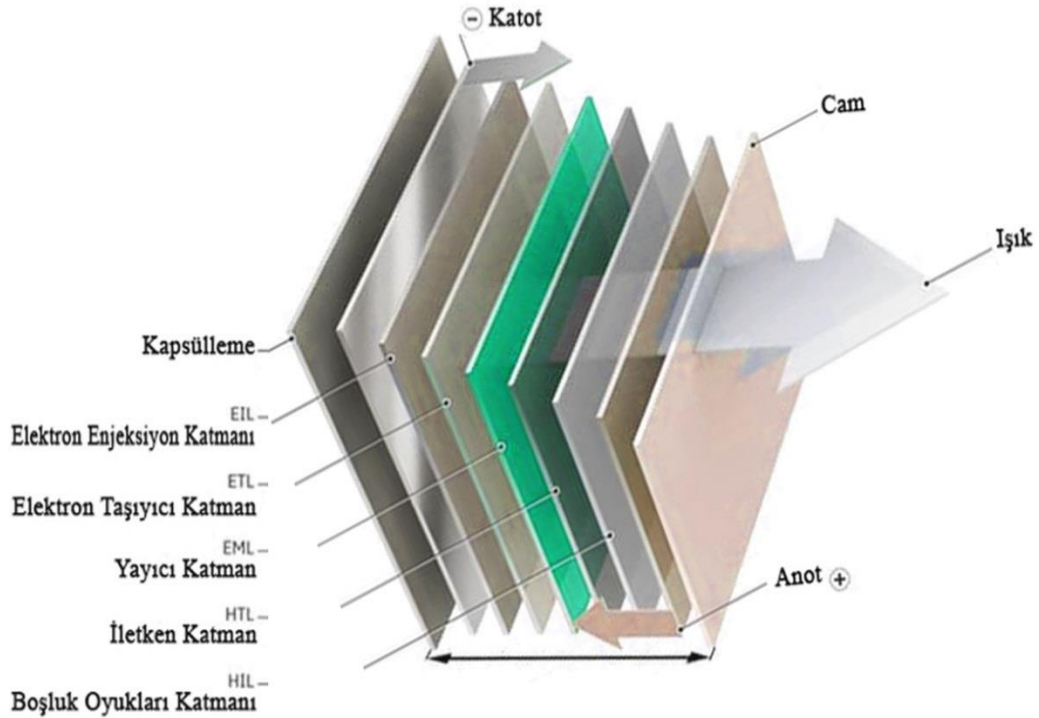
- Şarj Üretim Katmanı
- Üst Katmanlar

Katot materyalleri: Saydamlık özellikleri OLED tipine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Katot, cihaza gerilim uygulandığında elektronları veren tabakadır. Tamamlayıcı görevi vardır.

- Işık Emisyon Katmanı

Işık yayan organik tabakadır. Organik plastik moleküllerden oluşmaktadır. Organik moleküller değiştirilerek farklı renklerde ışık elde edilebilmektedir.

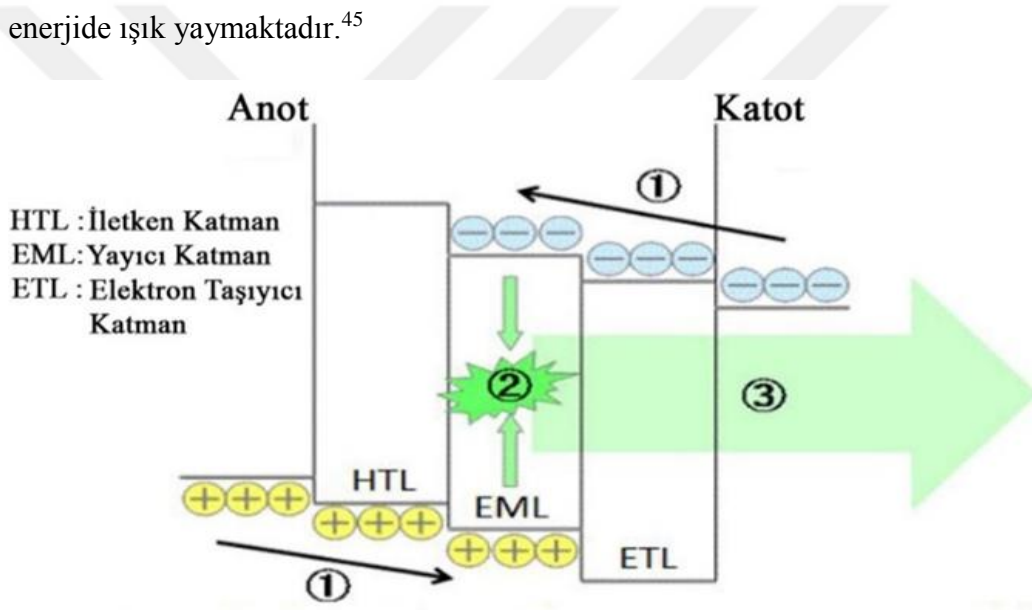
Üst malzemeler: Sızdırmazlık sağlayıcı, nem gidericiler ve yüzey bariyerleridir.



Şekil 3.10. OLED Katmanları

3.3.2.2. OLED Çalışma Prensibi

OLED'lerin çalışma prensibi kısaca uygulanan gerilimin ışık kaynağına dönüşmesidir. Anot ve katot arasında bir gerilim uygulandığında katottan anoda doğru elektron akışı oluşmaktadır. Elektronlar negatif yüklü katottan yayıcı katmana geçmektedir ve bu durumda yayıcı katman da negatif yüklenmiş olmaktadır. Pozitif yüklü anot da iletken katmandaki elektronları çekerek iletken katmanda pozitif yüklü boşluklar (hole) oluşmasını sağlayacaktır. Negatif ve pozitif yükler birbirini çektiği için, iletken katmandaki elektron boşlukları yayıcı katmandaki elektronları çekmektedir. Böylece elektron ve boşluklar birbirleriyle birleşerek rekombinasyon gerçekleşmektedir. Sonuç olarak rekombinasyon nedeniyle elektronların enerjisi azalır ve enerji farkına eşit enerjide ışık yaymaktadır.⁴⁵



Şekil 3.11. OLED Çalışma Prensibi⁴⁶

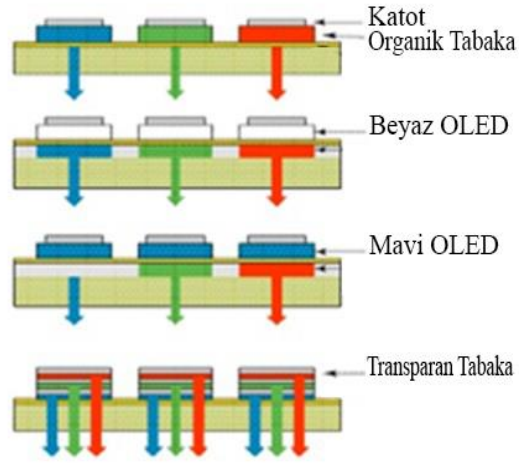
OLED renk çeşitliliğinde LED'lere oranla daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Yayıcı katmanda bulunan organik moleküller ışığa rengini vermektedir. OLED rengi birden fazla renkli organik katman ile oluşmaktadır ve farklı çözümler için farklı renk düzenlemeleri yapılabilmektedir. OLED'e uygulanan elektrik akımı ile ışığın parlaklığı veya yoğunluğu belirlenmektedir, akım arttıkça, parlaklık artmaktadır.

⁴⁵ Naıçacıgil, Z., 2011. Perylene Türevi Organik Yarıiletken İnce Filmlerin Optik Özelliklerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi FBE, *Yüksek Lisans Tezi*, Konya

⁴⁶ Karzazi, N. 2014. Organic Light Emitting Diodes: Devices and applications



Şekil 3.12. OLED katmanları şeması



Şekil 3.13. OLED katmanları

3.3.2.3. OLED Üretim Şekli

OLED üretiminde yüksek maliyeti düşürmek amacıyla her geçen gün farklı üretim yöntemleri geliştirilmektedir. OLED üretim tekniklerine örnekler aşağıda sıralanmıştır;⁴⁷

Vakumlu yoğunlaştırma (VTE): Bu işlem hem yoğunlaşma, hem buharlaşmayı içermektedir. Bir vakum odasında, organik moleküller uygun sıcaklıkta ısıtılarak, buharlaştırılır ve soğutulmuş substrat tabakası üzerinde ince filmlerin yoğunlaşması sağlanır. Bu yöntem pahalıdır ve verimli değildir.

Organik buhar değişimli yoğunlaştırma (OVPD): Düşük basınçlı ortamda, duvarları ısıtılmış tepkime odasında, taşıyıcı bir gaz, buharlaşmış organik molekülleri soğutulmuş substrat üzerine taşır ve yine burada bu moleküller yoğunlaşarak ince film hâlini alır. Taşıyıcı gaz kullanılması, verimi artırmakta ve OLED üretim masrafını azaltmaktadır.

Mürekkep püskürtmeli (Ink- jet) baskı: Bu teknoloji ile OLED'ler substrat üzerine çıktı alınırken olduğu gibi mürekkebe benzer şekilde püskürtülmektedir. Bu yöntem OLED üretim masrafını oldukça azaltmaktadır ve bu yöntem ile çok büyük görüntü panelleri üretmek mümkündür. Esnek OLED üretimi için de önemli bir tekniktir. Geniş ekran televizyon veya elektronik reklam panoları üretilebilmektedir.

⁴⁷ http://www.oled-info.com/tags/manufacturing_equipment



Şekil 3.14. Ink-Jet (Mürekkep Püskürtmeli) baskı ile OLED üretimi

Rulodan ruloya "Roll to roll" baskı (R2R): Esnek OLED ve geniş panel OLED'ler için avantajlı bir üretim sistemidir. Malzeme (metal veya plastik) oldukça uzun kullanılabilir. Rulo baskı (laminasyon teknolojisi) OLED performansını artırmaya olanak tanımaktadır. Bu yöntemin temel noktası panelin iki bileşenini (anot ve katot) kullanılmasıdır. Anot ve katot işlemin ön aşamasında ayrı ayrı hazırlanmaktadır.

Nozzle baskı: Dupont firmasının geliştirdiği bir yöntemdir. Sprey çıktı da denilmektedir.

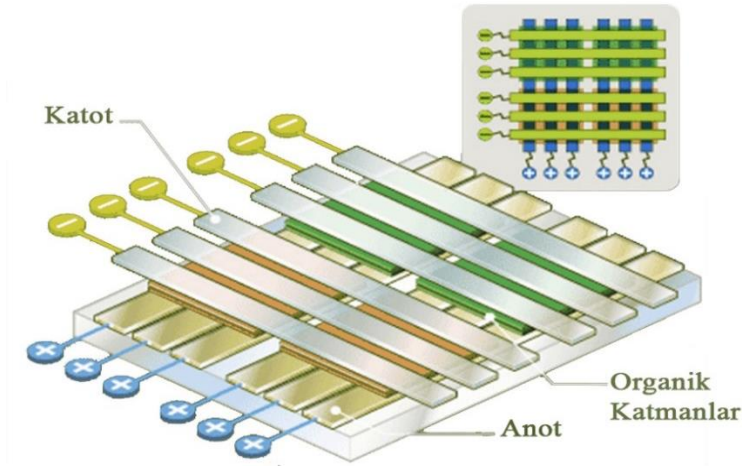
Bunlara ek olarak lazer baskı da OLED üretiminde kullanılan yöntemler arasındadır.

3.3.3. OLED TÜRLERİ VE OLED AYDINLATMA PANELLERİ

OLED'ler aydınlatma kaynağı olmasının yanı sıra televizyon ekranları, bilgisayar monitörleri, taşınabilir cihazların dijital göstergeleri, cep telefonları, dijital medya oynatıcılar, araba radyoları, dijital kameralar gibi pek çok yerde kullanılabilir. Bu yüzden OLED'ler üretim tekniğine ve kullanım niteliğine göre, çeşitli türlerde sınıflandırılmaktadır.

Pasif Matris OLED (PMOLED)

Pasif Matris OLED'lerde organik tabakalar ve katot şeritlere dik olarak düzenlenmiş anot şeritler kullanılmaktadır. Katot ve anot kesişimiyle, ışık yayıldığı yerde pikseller oluşmaktadır. Her pikselin parlaklığı uygulanan akımın miktarı ile orantılıdır. PMOLED'lerin üretimi ucuz ve kolaydır fakat diğer OLED türlerine göre daha çok güç tüketmektedir. Buna karşılık LED ve LCD'den daha az enerji harcamaktadır. PMOLED ekranlar genellikle küçük simgeleri görüntülemek için (küçük ekranlar, MP3 çalarlar, cep telefonu alt ekranları) vb. yerlerde kullanılmaktadır.

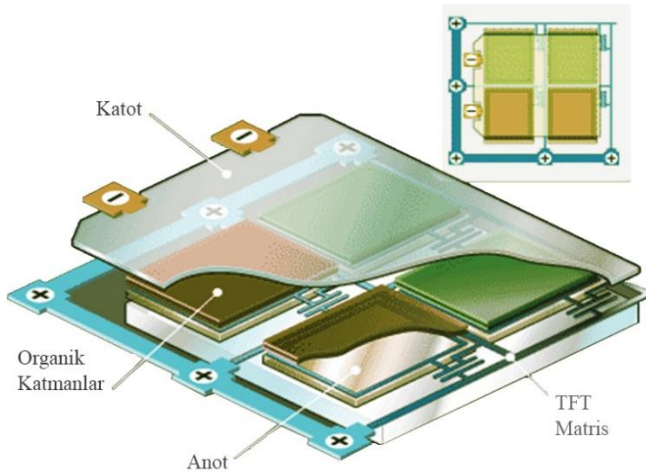


Şekil 3.15. "Pasif matris" OLED çalışma şeması

Şekil 3.16. PMOLED ekran

Aktif Matris OLED (AMOLED)

AMOLED'ler anot, organik moleküller ve katottun tüm katmanlarına sahiptir. Diğer türler arasında en az güç tüketen OLED türüdür. AMOLED'lerin şeritler yerine tam katman katot, organik molekülleri ve anodu vardır, ama anot tabakası ince film transistor (TFT) bir tabaka üzerine yayılmaktadır. AMOLED'ler, PMOLED'lerden daha az güç tüketir, bu yüzden büyük ekranlarda verimlidir. AMOLED'ler için en iyi kullanım alanlarına akıllı cep telefonları, bilgisayar ekranı, geniş ekranlı televizyonlar ve ilan panoları örnek gösterilebilmektedir. ⁴⁸



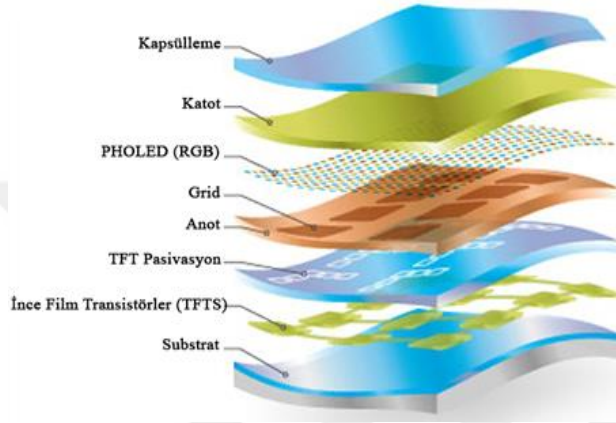
Şekil 3.17. "Aktif Matris" OLED yapısı

Şekil 3.18. AMOLED ekranlı akıllı telefon

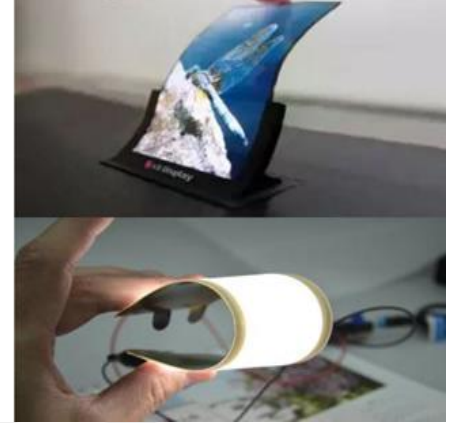
⁴⁸ <http://www.pclabs.com.tr/>

Esnek OLED (FOLED)

Esnek (kırılabilen - flexible OLED) OLED'lerin alt (substrat) katmanları oldukça esnek yapıdadır. Metal, plastik veya esnek camdan üretilmektedir. Oldukça hafif, ince ve dayanıklıdır. Esnek OLED'ler, televizyon, cep telefonun bilgisayar ekranı, aydınlatma ve giysi tasarımı gibi pek çok alanda kullanılabilir. Ekran çatlaması ve kırılması gibi sorunlar daha az görülmektedir.



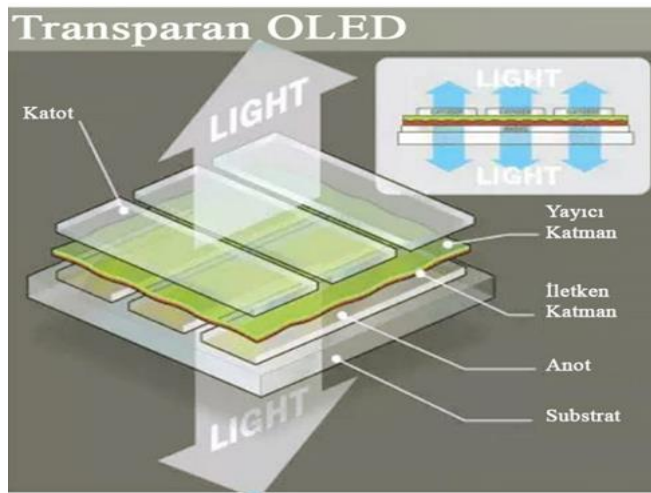
Şekil 3.19. Esnek (flexible) OLED yapısı



Şekil 3.20. Esnek OLED örnekleri

Transparan OLED (TOLED)

Şeffaf (transparan) OLED yapısının bütün tabakaları şeffaftır ve cihaz kapatıldığında, görevi yataklık ve destek olan substrat tabakası dahil, ışık %85 geçirgendir. Şeffaf OLED açıldığında ise, her iki tarafından da ışık geçebilmektedir. Şeffaf televizyon ekranı, bilgisayar ekranı, pencere camı veya ayna yüzeyi gibi kullanılabilir.



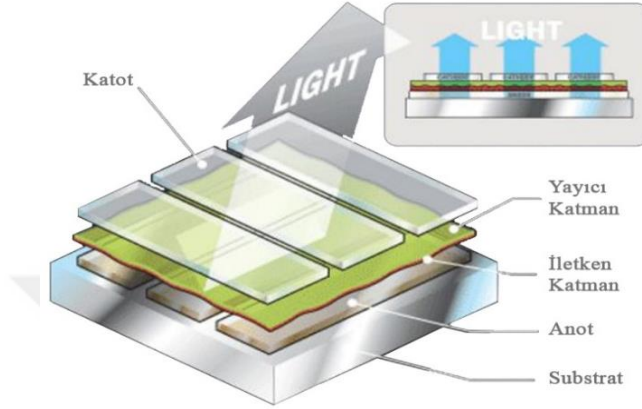
Şekil 3.21. Transparan OLED yapısı



Şekil 3.22. TOLED ekran

Üstten Işık Yayan OLED

Üstten ışık yayan (Top Emitting Diode) OLED türünün substrat tabakası mat veya yansıtıcıdır. En iyi aktif matriks OLED (AMOLED) yapısı ile uyumludur. Akıllı kimlik kartı gibi gelişmiş teknoloji ürünlerde kullanılmaktadır.

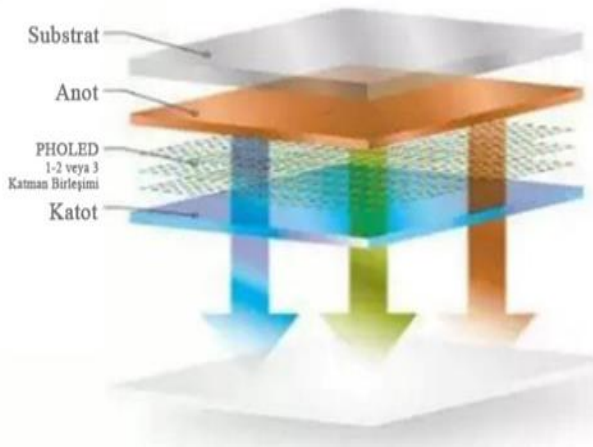


Şekil 3.23. Üstten ışık yayan OLED yapısı

Şekil 3.24. OLED akıllı kart

Beyaz Işık Yayan OLED (WOLED):

WOLED paneller (White Emitting OLED) beyaz ışık yaymaktadır. Floresan lambalara benzerlik göstermektedir fakat enerji tüketimi daha verimlidir. Aynı zamanda akkor lambaların ışık kalitesine sahiptir. Gelecek yıllarda geniş alanları (pencere, duvar, tavan vb.) kaplayacak şekilde üretilebilecektir. Bu yüzden geleneksel lambaların yerine iyi bir alternatif aydınlatma kaynağı olacağı tahmin edilmektedir.

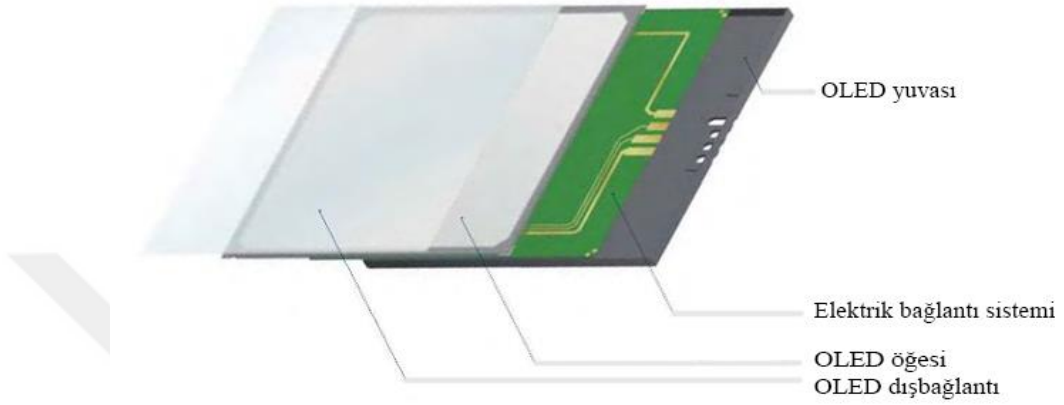


Şekil 3.25. Beyaz ışık yayan OLED yapısı

Şekil 3.26. Beyaz OLED paneller

OLED aydınlatma panelleri

Aydınlatmada kullanılan OLED paneller farklı geometrik form ve biçim özelliklerine sahiptir. Kare, dikdörtgen, daire, çokgen ve esnek yapıda OLED paneller aydınlatma tasarımında birçok çözüm seçeneği sunmaktadır.



Şekil 3.27. OLED aydınlatma paneli yapısı

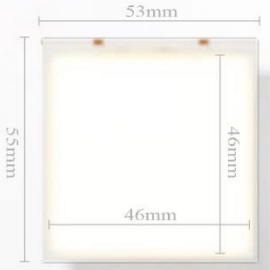

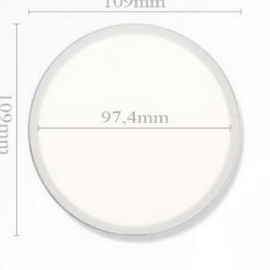


En küçük boyuttaki OLED aydınlatma paneli ortalama 55 mm x 53 mm ölçüleri arasındadır ve 1.97 mm kalınlığa sahiptir. 2017 yılı içerisinde bu ölçü 50 mm x 50 mm olarak üretilecektir. 320 mm x 320 mm ve 406 mm x 50 mm ölçüleri ise 2015 yılında kullanılan en büyük OLED panellere örnek verilebilmektedir. OLED paneller 0.88 mm inceliğindedir. 2008 yılında dünyanın ilk OLED aydınlatma armatürü üretilmiştir. OLED armatürde 132 mm x 33 mm ölçülerinde OLED paneller kullanılmıştır.



Şekil 3.28. Dünyanın ilk OLED aydınlatma armatürü

OLED aydınlatma panel çeşitleri ve panellerin sayısal değerleri aşağıdaki tabloda örneklendirilmiştir:

Çizelge 3.3. OLED panel çeşitleri ve sayısal değerler

OLED PANELLER	SAYISAL DEĞERLER	MODEL-1	MODEL-2	MODEL-3
	Renk Sıcaklığı (K)	2,700	3000	4000
	Güç Tüketimi (W)	0,34	0,36	0,36
	Işık Akısı (lm)	20	20	20
	Işık Verimi lm/W)	60	55	55
	Voltaj (V)	8,5	6	6
	İncelik (mm)	1,97	1,97	1,97
	Kullanım Süresi (LT70)	40.000	30.000	30.000
	Renk Sıcaklığı (K)	2,700	3000	4000
	Güç Tüketimi (W)	13,6	15	15
	Işık Akısı (lm)	800	800	800
	Işık Verimi lm/W)	60	55	55
	Voltaj (V)	8,5	6	6
	İncelik (mm)	0,88	0,88	0,88
	Kullanım Süresi (LT70)	40.000	30.000	30.000
	Renk Sıcaklığı (K)	2,700	3000	4000
	Güç Tüketimi (W)	1,28	1,38	1,38
	Işık Akısı (lm)	75	75	75
	Işık Verimi lm/W)	60	55	55
	Voltaj (V)	8,5	6	6
	İncelik (mm)	0,80	0,80	0,80
	Kullanım Süresi (LT70)	40.000	30.000	30.000
	Renk Sıcaklığı (K)	2,700	3000	4000
	Güç Tüketimi (W)	1,28	1,38	1,38
	Işık Akısı (lm)	75	75	75
	Işık Verimi lm/W)	60	55	55
	Voltaj (V)	8,5	6	6
	İncelik (mm)	0,80	0,80	0,80
	Kullanım Süresi (LT70)	40.000	30.000	30.000
	Renk Sıcaklığı (K)	2,700	3000	4000
	Güç Tüketimi (W)	4,25	4,8	4,8
	Işık Akısı (lm)	250	250	250
	Işık Verimi lm/W)	60	55	55
	Voltaj (V)	8,5	6	6
	İncelik (mm)	0,88	0,88	0,88
	Kullanım Süresi (LT70)	40.000	30.000	30.000

3.3.4. OLED AYDINLATMA PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ

OLED aydınlatma performans değerlendirmelerinde kullanım süresi, verim (lm/W), parlaklık ve Kelvin derecesi gibi unsurlar karşılaştırılmaktadır. Son yıllarda OLED, aydınlatma teknolojisinde gelişimini başarılı bir şekilde sürdürerek ticarileşme aşamasına gelmiş bulunmaktadır.

İlk OLED teknolojilerinde kullanım süresinin ortalama 100 - 200 saat içinde sona erdiği görülmektedir. Daha sonra yapılan çalışmalarla OLED aydınlatma sistemlerinde kullanılan beyaz ışık ile kullanım süreleri yaklaşık 50.000 saate kadar yükselmiştir.

OLED aydınlatma kullanım süresi; kullanılan malzemelerin dayanıklılığı, ısı dengesi, cihazın yapısı, su ve oksijen, cihazı koruyan bariyer malzemelerin sızdırmazlığı gibi çok sayıda faktörden etkisi ile değişkenlik göstermektedir.

OLED'lerin lm/W cinsinden diğer lamba türleri ile karşılaştırılması:

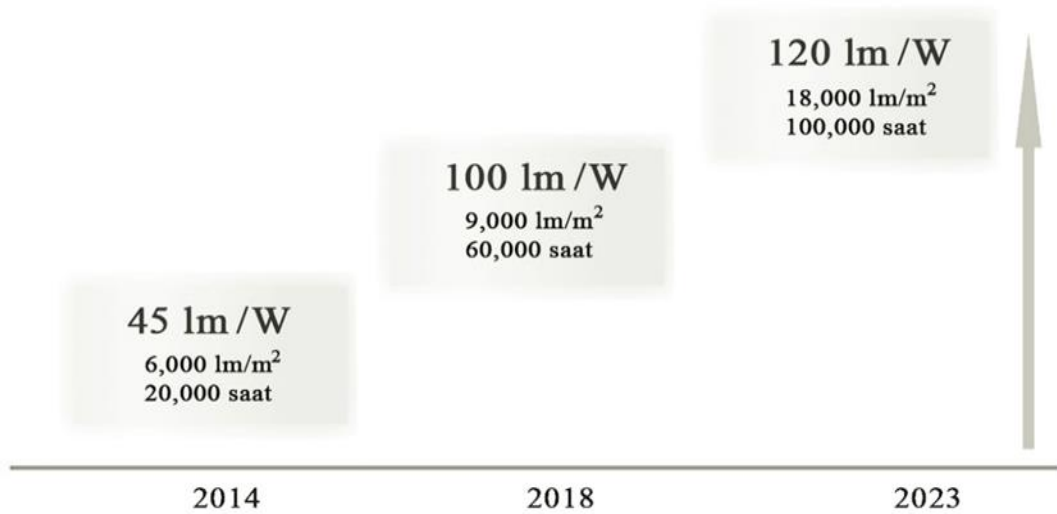
Akkor flamanlı lambalar: 10/15 lm/W

Halojen lambalar: 25/40 lm/W

Floresan lambalar: 50/75 lm/W

LED lambalar: 80/140 lm/W

OLED paneller: 40/80 lm/W – hedeflenen değer; 150-170 lm/W'dır.

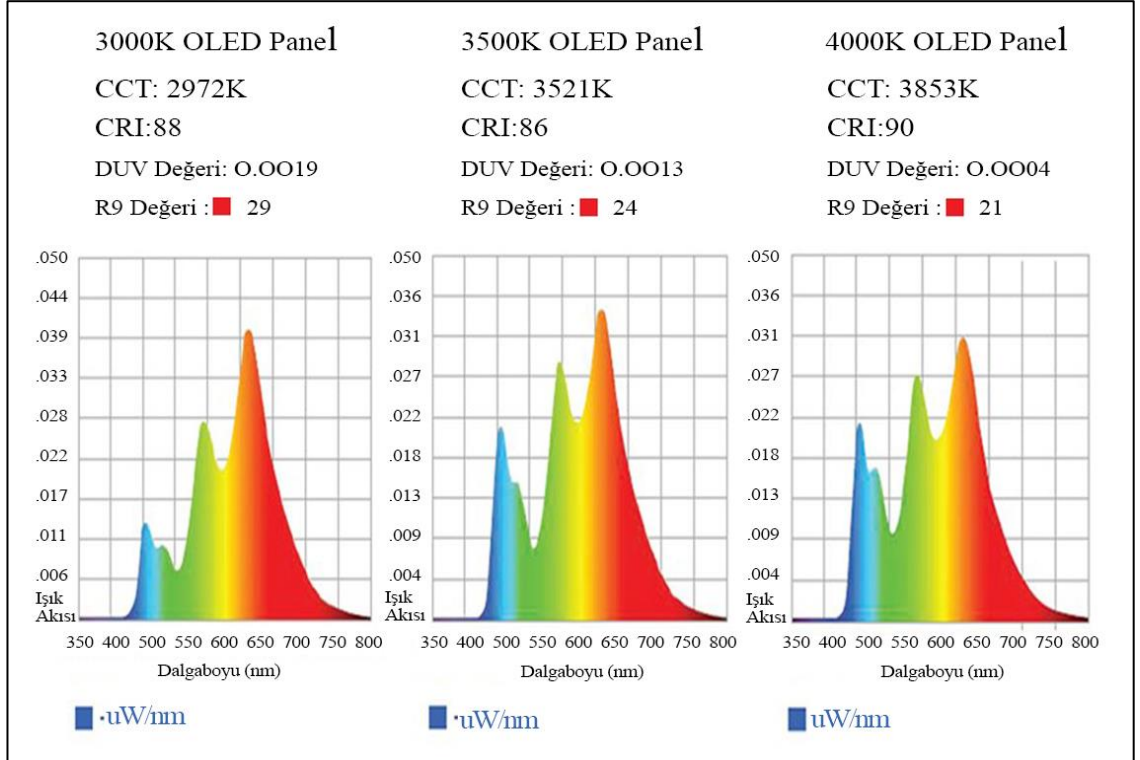


Şekil 3.29. 2014 – 2023 yılları arasında OLED performans değerlendirmeleri

2014 yılı ortalarında Konica Minolta aydınlatma firması 131 lm/W ve 139 lm/W veriminde OLED aydınlatma panellerini geliştirmiştir. Bu panellerde renk sıcaklığı 2857 Kelvin'dir, 1.000 cd/m² parlaklığa ve 55.000 saat (L50) kullanım süresine sahiptir.

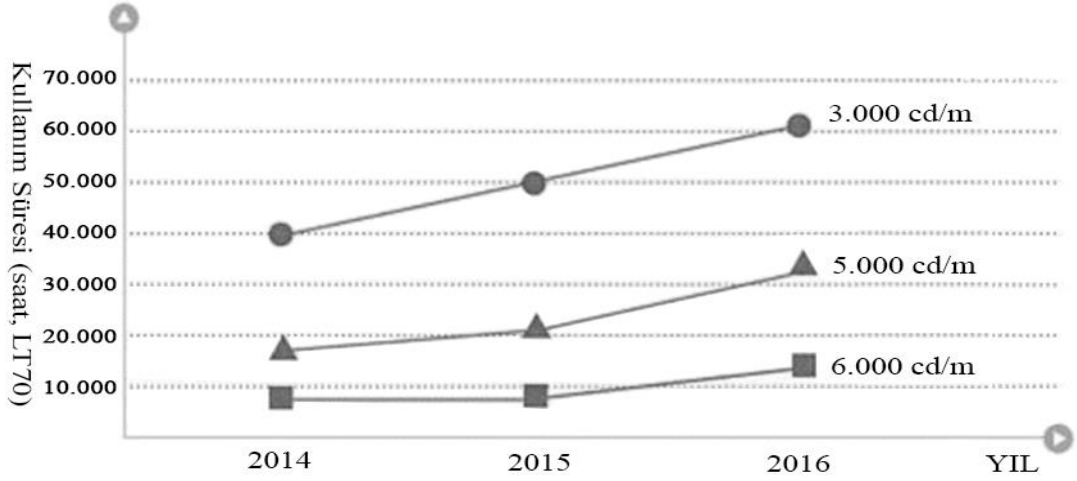
Esnek OLED ışık panelleri (405 mm × 50 mm) 0,41 mm kalınlığında ve ortalama 20.000 saat kullanım süresine sahiptir. Ayrıca Esnek OLED aydınlatma paneli için %85 CRI renksel geriverim ve ışık etkinliği değeri 50 lm/W olarak belirtilmektedir.

OLED aydınlatmada yüksek renk kalitesi çok önemlidir. Çeşitli organik bileşenler OLED cihazların rengini belirler. Bu yüzden kontrol etmekte zorlanılmaktadır. OLED panellerde 3000K, 3500K ve 4000K gibi çeşitli renk sıcaklıkları mevcuttur.



Şekil 3.30. Farklı renk sıcaklıklarında OLED ışık akısı grafiği

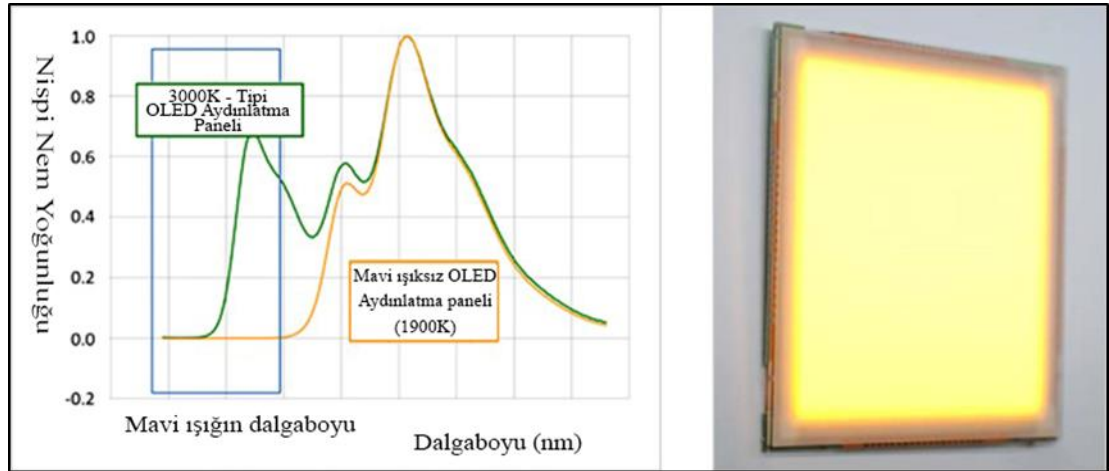
Birçok aydınlatma şirketi 2014 yılında verimlilik üzerine birçok çalışma yapmıştır. 60 lm/W verim değerinde 40.000 saate kullanım süresine sahip OLED paneller geliştirilmiştir. Gelecek yıllarda 40.000 (L70) saat kullanım süresine sahip 100 lm/W panellerin ticarileştirilmesi hedeflenmektedir. 60 lm/W OLED aydınlatma panelleri renk kalitesinde önemli gelişme göstermiştir. 3000 cd/m² parlaklığa sahip 60 lm/W OLED paneller 3000 Kelvin renk sıcaklığına sahiptir.



Şekil 3.31. OLED kullanım süresi grafiği

OLED'lerin en önemli sorunu mavi ışığı yaratmak için kullanılan maddenin diğer tonlara göre çok daha hızlı eskimesidir. Bu durum, zamanla renk dengesini ortadan kaldırmakta ve parlaklığı azaltabilmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak isteyen üreticiler, mavi alt pikselin boyutunu kırmızı ve yeşile oranla büyütülmektedirler. Son dönemlerde mavi OLED panelin verimliliğini ve kullanım süresini geliştirmeye yönelik araştırmalar başarılı olmuştur.

Geliştirilen mavi ışıksız OLED aydınlatma panellerinde mavi ışık kullanılmaz veya minimum seviyede kullanılmaktadır. Geliştirilen mavi ışıksız "3000 Kelvin" OLED aydınlatma panelinde mavi ışık oranı toplam ışığın %1'idir. Örneğin mavi ışığa duyarlı sanat eserleri ve tıbbi aydınlatmalarda kullanılması en uygun ürün 1900 Kelvin renk sıcaklığına sahip mavi ışıksız OLED aydınlatma panelleridir.



Şekil 3.32. Mavi ışıksız OLED

OLED aydınlatma yüksek maliyeti sebebiyle daha düşük maliyetli üretim yöntemleri üzerine çözümler üretilmektedir ve yeni malzemeler geliştirilmektedir.

Raf ömrü bir OLED aydınlatma için önemli performans ölçümlerinden biridir. 2015 yılına kadar yapılan çalışmalarda OLED aydınlatma paneli uygun çevre koşulları (sıcaklık, nem) altında on yıllık bir raf ömrüne sahiptir.⁴⁹

Geliştirici Firma	Verim (lm/W)	Parlaklık (cd/m ²)	Alan (cm)	CRI (Ra)	CCT (K)	L ₇₀ (1000 saat)
Konica Minolta	131	1,000	15	82	2800	27.5 ¹
	118	3,000				
SEL/Sharp	113	1,000	81		3270	400 ¹
	105	5,000				
Panasonic	110	1,000	25	81	2600	40
	98	3,000				
UDC	70	1,000	~200	85	3030	165
	60	3,000		86	2880	25
LG Chem	82	3,000	16 ⁴	84	2900	30
CDT/Sumitomo	56	1,000	13	80	2900	
	48	3,000		82		

Şekil 3.33. Geliştirici firmalara göre OLED performans karşılaştırması

3.3.5. OLED AVANTAJLARI

İncelik

OLED paneller ultra ince düz ve hafif bir yapıdadır. OLED nanometre kalınlıktaki tabakaların üst üste kaplanmasıyla oluşmaktadır. Ortalama 0.3-2.0 mm kalınlığındadır.

Armatür ihtiyacı olmaması

OLED reflektör ve difüzör olmadan aydınlatma sağlayabilme özelliğine sahip olduğu için bu aygıtları gizleyecek herhangi bir armatüre ihtiyaç duymadan estetik bir şekilde aydınlatma kaynağı olarak kullanılabilir.

Esneklik

Organik malzemelerden üretilmeleri OLED'lerin esnek bir yapıya sahip olmalarını sağlamaktadır. Aynı zamanda mekanik darbelere karşı daha dayanıklıdır.

⁴⁹ DOE Solid-State Lighting Program, "R&D Plan, Bardsley Consulting, SB Consulting, SSSL, Inc., LED Lighting Advisors, and Navigant Consulting, Inc., Mayıs 2015.

Hızı

OLED 0.01 milisaniyeden az tepki süresine sahiptir. Bu değer diğer teknolojilerle karşılaştırıldığında çok daha kısa bir süredir.

Işık

OLED diğer aydınlatma kaynaklarından farklı olarak, daha geniş bir alandan homojen ve yumuşak bir ışık çıkışı sağlamaktadır. Doğal ışığa yakın bir aydınlatma sistemidir. OLED paneller kamaşma oluşturmamaktadır. Renksel geriverimleri oldukça iyidir. OLED ile genel aydınlatma için farklı renk ve boyutlarda şeffaf ve esnek paneller oluşturmak mümkündür.

Enerji verimliliği

OLED standart ışık kaynaklarına göre daha az enerji harcamaktadır. Aynı zamanda hızlı ve gürültüsüz çalışmaktadır ve düşük çalışma sıcaklıklarına sahiptir. Halojen ışık verimliliğini aşmakla birlikte yakın bir gelecekte 150 lm/W ve daha fazla verimliliğe ulaşması hedeflenmektedir.

Esneklik

Organik malzemelerden üretilmeleri OLED'lerin esnek bir yapıya sahip olmalarını sağlamaktadır. Aynı zamanda mekanik darbelere karşı daha dayanıklıdır.

Çevre ve Sağlık

Yapısında çevre için tehlikeli maddeler (cıva vb.) içermemektedir. Geri dönüşümü mümkündür ve karbondioksit salınımını azaltmaya destek olmaktadır.

Tasarım İmkânları

OLED panellerin esneklik, şeffaflık ve incelik gibi fonksiyonel özellikleri birçok aydınlatma tasarımı uygulamasında alternatif çözümler sunmaktadır.

Maliyet

Rulodan ruloya ve mürekkep baskı teknolojilerinin gelişmesi ile OLED panelleri çok daha kolay ve ucuza üretmek mümkün olacaktır. OLED üretiminde kullanılan organik materyaller oksijen ve neme karşı çabuk bozulmaktadır. Bu yüzden maliyet artmaktadır.

3.4. LED ve OLED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

LED ve OLED aydınlatma sistemleri iç mekân aydınlatması, dış mekân aydınlatması, ulaşım araçlarının aydınlatılması gibi birçok alanda kullanılabilir. LED ve OLED aydınlatma sistemlerinin farklı özelliklerinin sınıflandırılması:

LED ve OLED aydınlatma sistemlerinin farklı özelliklerinin sınıflandırılması:

- LED inorganik malzemelerden OLED ise organik malzemelerden üretilmektedir. OLED organik bir yapıda olduğu için çevre dostu bir ışık kaynağı olarak kabul edilir. OLED teknolojisi ultraviyole (UV) ışın üretmemektedir. LED'ler çok sınırlı miktarda UV ışın üretmektedir.
- LED ampul noktasal bir ışık kaynağı iken OLED panel düzlemsel ışık kaynağıdır.
- OLED aydınlatma paneli ile ışık homojen yayılırken LED ampul ile ışık daha keskin, daha kontrollü şekilde yayılmaktadır.
- LED aydınlatma armatüre ihtiyaç duymaktadır. Buna karşılık OLED aydınlatma kullanımında herhangi bir armatür gereksinimi duyulmamaktadır.
- OLED aydınlatma oldukça incedir ve aynı zamanda esnek, yarı saydam yapıdadır.

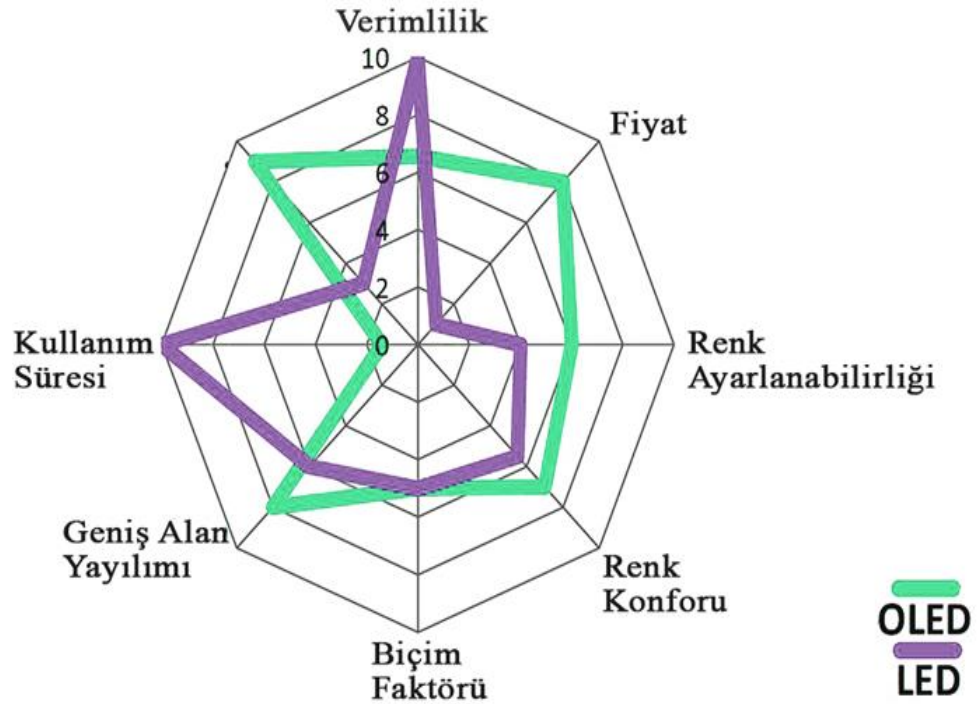
LED	OLED	Işık Kaynağı	LED	OLED
 LED ampul	 OLED Panel	Biçim		
 LED modül -10~15%		Boyut	300x300mm	300x300mm
 Çerçeve -5%		Verimlilik Kaybı	25~30%	0%
 Işık (guide) klavuzu -5%		Kalınlık	6~20mm	~2mm
 Difüzör -5%		Ağırlık	2~3kg	~0.5kg

Şekil 3.34. LED ve OLED Yapısı



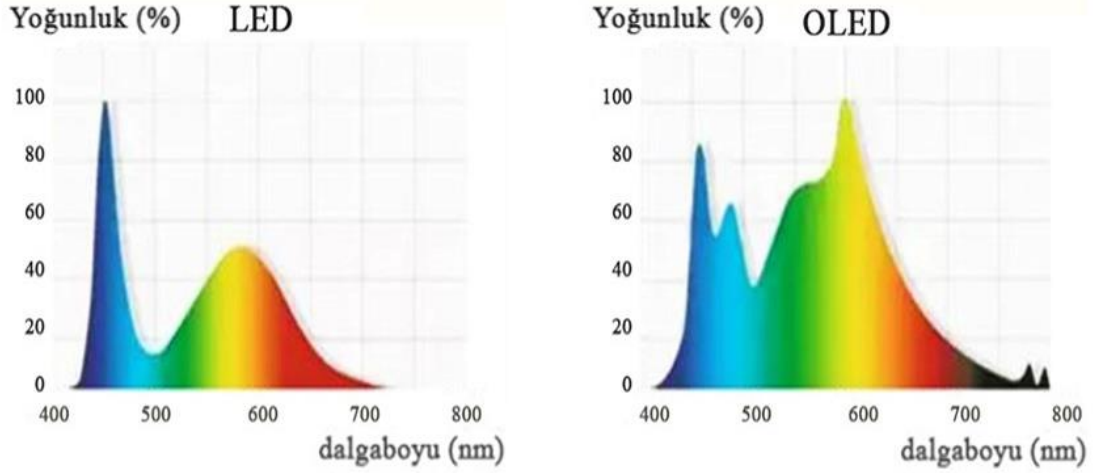
Şekil 3.35. LED ve OLED ışık dağılımı ve gölge karşılaştırması

Her geçen gün OLED teknolojisinde yeni gelişmeler meydana ortaya çıksa da OLED, LED ile kıyaslandığında daha az ışık yaymaktadır. OLED panellerin daha fazla ışık yayması için araştırma ve geliştirme projeleri devam etmektedir.



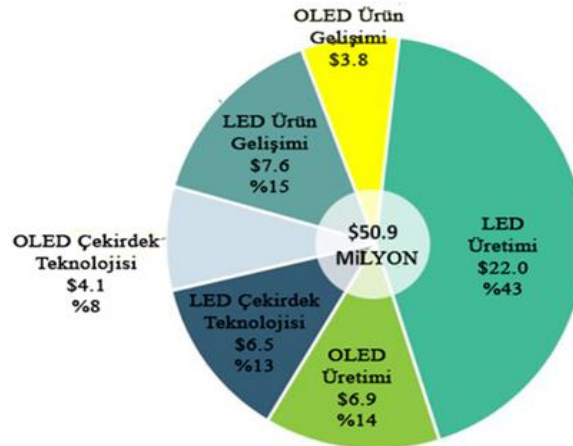
Şekil 3.36. LED ve OLED Performans karşılaştırması

LED ve OLED teknolojileri bir elektrik yükü ile elektronları uyarıcı yoluyla, yarı iletkenler kullanılarak ışık üretmektedir. LED ve OLED gelecekte çok daha fazla aydınlatma sektöründe yer alacaktır. OLED aydınlatma esnekliği ve çeşitliliği LED aydınlatma için önemli bir rakiptir. OLED aydınlatma ışık dağılımı LED aydınlatmaya göre daha oldukça homojendir.



Şekil 3.37. LED ve OLED ışık

2010 yılı sonrasında hızlı bir şekilde gelişim gösteren OLED aydınlatmanın en önemli sorunlardan biri yüksek maliyettir. Bu yüzden LED aydınlatma daha ekonomiktir. Fakat gelecek yıllarda geliştirilen projeler ile OLED maliyet konusunda LED'ler ile yarışır duruma geleceği öngörülmektedir. OLED paneller ile tavan-duvar aydınlatmaları yapılabilecektir. Aynı zamanda esnek televizyon-bilgisayar ekranları, gerçek anlamda elektronik gazete-saat gibi cihazlar üretilebilecektir.



Şekil 3.38. LED ve OLED gelişim ve üretim grafiği

3.5. OLED AYDINLATMA KULLANIM ALANLARI

OLED aydınlatma oldukça ince yapısı ve kolay montaj özellikleriyle aydınlatmada yeni bir alternatif sunmaktadır. Ancak yüksek maliyeti sebebiyle daha küçük ölçekli alanlarda ya da dekoratif bir obje olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan OLED üretim teknikleri ile geniş alan OLED paneller yapay aydınlatmada daha düşük maliyetle kullanılabilir hale gelecektir.

OLED aydınlatma kullanım alanlarından örnekler:

Genel Aydınlatma:

OLED aydınlatma panelleri ve armatürleri ofis, konut, okul, otel, müze, sanat galerisi, alışveriş merkezi, mağaza ve hastane gibi pek çok alanda kullanılabilir.

Tasarım Aydınlatma:

OLED aydınlatma ile dekoratif armatürler ve sanatsal objeler tasarlanabilir ışık enstalasyonları oluşturabilir. Aynı zamanda kolay montaj özelliği ile mobilya üzerinde fonksiyonel uygulamalar yapılabilir.

Yapı ve Akıllı Yüzey:

İç mekân (pencere, duvar, ayna), cephe vb. uygulamalarda OLED aydınlatma panelleri ile fonksiyonel çözümler geliştirilebilir.

Ayrıca ulaşım araçları ve elektronik gibi alanlarda da OLED paneller kullanılabilir.



Şekil 3.39. İç mekânda OLED panel kullanımı

4. İÇ MEKÂNDA YENİ NESİL YAPAY AYDINLATMA UYGULAMALARI VE OLED TEKNOLOJİSİ

Doğal aydınlatmanın yetersiz kaldığı iç mekânlara, görsel konfor koşulları ve estetik değerler göz önünde bulundurularak yapay aydınlatma uygulanmaktadır. Yapay aydınlatma ile mekânı ve nesnelere görsel algılamaya en uygun biçimde aydınlatmak gerekmektedir. Yapay aydınlatmada kullanılan lamba ve aydınlatma armatürlerin formu, ışık şiddeti, rengi gibi özellikler iç mekân tasarımı ve mekân işlevi açısından önem taşımaktadır.

4.1. MEKÂN KAVRAMI VE ALGISI

Geçmişten, 21. yüzyıla birçok "mekân" tanımı yapılmıştır. Mekân somut olarak algılanabilen ve soyut olarak da hayal edilebilen, algıyla kavranabilen ve tanımlanabilen bir yapıdır.⁵⁰ Schulz⁵¹ mekânı, içinde yaşayan kullanıcıların fizyolojik, psikolojik ve toplumsal gereksinimlerini karşılayan bir uzay parçası ve bir boşluk olarak tanımlar. Bu iki tanımı özetler nitelikteki başka bir tanım ise, mekânın duyularımızca sınırlanan uzay parçası olduğudur.⁵²

Zevi, mimarlığın temel ögesinin mekân olduğunu vurgular, mekân sadece görsel bir olgu değildir; mekân yaşanan bir gerçekliktir.⁵³

TDK sözlüğünde ise mekân;⁵⁴

1. Yer, bulunan yer.

⁵⁰ Kahraman, M. D., 2015. İnsan İhtiyaçları ve Mekansal Elverişlilik Kavramları Perspektifinde Yaşanılabilirlik Olgusu ve Mekansal Kalite, Derleme, İTÜ Şehir Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul.

⁵¹ Norberg-Schulz, C. 1971. Existence, Space & Architecture, Studio Vista, London.

⁵² Öztürk, B., 2007. İmgesel Aritmetik Yöntemiyle Mekan Tasarımı ve Bir Tasarım Örneği, *Sanatta Yeterlilik Tezi*, MSGSÜ FBE, İstanbul.

⁵³ Zevi, B., 2015. Mimarlığı Görebilmek, Daimon Yayınları, İstanbul.

⁵⁴<http://www.tdk.gov.tr>

2. Ev, yurt

3. Uzay olarak ifade edilmektedir.

Mekân insanı fiziksel çevreden belli bir ölçüde ayıran ve içindeki eylemler sürdürmesine elverişli boşluk; boşluğun sınırlandırılmasıyla ortaya çıkan ve içindekilerin görsel izlenim ve algısına açık, belirleyici ortam olarak da tanımlanmaktadır.⁵⁵

Mekân ile ilgili tanımlarda bahsedildiği gibi duyularımız mekânı algılamamızda en büyük etkendir. Mekânın şekil almasında kişiler büyük bir rol oynar. Toplumların kültürü, yaşam şekli, coğrafyası ve tarihi değerleri mekânlar arasındaki farklılıkları oluşturmaktadır. Onat, mimarlığı tanımlarken yaşam ve kullanım bütünlüğü sağlamak ve insanla yaşadığı ortam arasında denge kurmak amacıyla fiziksel çevre yaratmaya yönelik olduğu belirtmiştir.⁵⁶

“Mimari mekânın sürekli değişkenlik gösterebilen dinamik bir yapısı vardır. Mimarlık, macera, deneme ve sürekli yeniliktir. Ve aynı zamanda mimarlık polemiktir, eleştirel ve özeleştireldir.”⁵⁷

Zevi; resim sanatı, üç ya da dört boyutu telkin etse de, iki boyutta vardır, heykelin ise üç boyutta yaşamını sürdürür ama insanın bunun dışında kalır; fakat mimarlık içi boşaltılmış büyük bir heykeldir ve insanın bu heykelin içine, yürür ve yaşar, sözleriyle mimari mekânın dördüncü boyutuna dikkat çekmektedir.⁵⁸

Mimarlığı plastik sanatlardan ayıran şey mimari mekândır. Mimarlık, binaların biçim, işlev strüktür ve estetik sorunları kadar iç mekânlarının tasarımından ve çevreleriyle oluşturdukları kentsel mekânın niteliğinden de sorumludur. Mimari mekân yaratmak, geniş anlamadaki doğadan ya da peyzaj mekânından insanın kavrayabileceği bir bölümü sınırlamaktır.⁵⁹

⁵⁵ Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.

⁵⁶ Onat, E., 2010. Mimarlık, Form ve Geometri, 3. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara.

⁵⁷ Yürekli, F., 2011. Mimarlık Mimarlığımız 3. Baskı. Y.E.M. Yayınevi, s. 10, İstanbul.

⁵⁸ Zevi, B., 2015. Mimarlığı Görebilmek, Daimon Yayınları, İstanbul.

⁵⁹ Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.

Aydınlı, mekânın insanın var olmasıyla anlam kazandığını vurgulamıştır ve buna bağlı olarak farklı mekân kavramlarının ortaya çıktığını belirtmektedir ve bu mekânları; fiziksel mekân, mevcut mekân, kavramsal mekân, algılanan mekân olarak sınıflandırmaktadır.⁶⁰

Mekân mimari mekân ve kentsel mekân gibi farklı şekillerde de sınıflandırılabilir. Mimarının konusunda ki diğer bir sınıflandırma türü ise iç mekân ve dış mekândır. Buna göre yapılarda her iki mekân da mevcuttur. Yapının dış yüzeylerinin, çevresindeki diğer yapılarla oluşturduğu ilişkiye dış mekân adı verilirken yapısal (tavan, duvar, döşeme gibi) öğelerle sınırlandırmaya iç mekân denilmektedir.

Yapısal öğeler dışında, iç mekânı sınırlandıran en önemli olgulardan biri de algılarımızdır. Mekân algısı, mekânın özellikleriyle birebir ilişkilidir. Mekân algısının duyumsal ve zihinsel olmak üzere iki süreci vardır. Duyumsal süreç kişi mekâna girdiği an mekânı duyuları ile algılamasıyla gerçekleşir. Daha sonra çevreden edinilen bilgiler ve deneyimler ile zihinsel süreç başlamaktadır.⁶¹

4.2. AYDINLATMANIN MEKÂN ALGISINA ETKİSİ

Kuban'a ⁶² göre ise mekânın var olması için ışığa gereksinimi vardır ve aydınlık yaşamın vazgeçilmez bir ögesi olmasını yanı sıra sınırlanan boşluğun niteliklerini görmeye olanak vermesi bakımından da, yapı mekânının ayrılmaz bir parçasıdır.

Mekânı tanımlarken malzemesi, dokusu, mekânın rengi, mekanın sesi ve mekanın ışığı gibi kavramlar öne çıkar. Bir mekânın var olup olmadığı ve mekânın özellikleri ancak ışığın varlığıyla algılanabilir. Işık, mekâna canlılık ve hareket kazandırabilir ve ışık etkileri ile mekânda farklı atmosferler oluşturulabilir.⁶³

Mekân tasarımında pek çok farklı kombinasyonla yararlanılabilecek bir nitelik taşıyan ışık, nitel ve nicel özellikleri nedeniyle kullanıcısı üzerinde ışık hem görülebilen hem de görülemeyen birçok farklı etkiye sahiptir. Bunlar ışığın; fizyolojik, biyolojik ve

⁶⁰ Aydın, S., 1986. Mekansal Değerlendirmede Algısal Yargılara Dayalı Bir Model. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. FBE, İstanbul.

⁶¹ Lang, J., 1987. *Creating Architectural Theory, The Role of Behavioral Sciences in Environmental Design*, Van Nostrand Reinhold, New York, s. 86-110.

⁶²Kuban, D., 1980. *Mimarlık Kavramları Mimarlığın Kuramsal Sözlüğüne Giriş*. Çevre Yayınları, İstanbul.

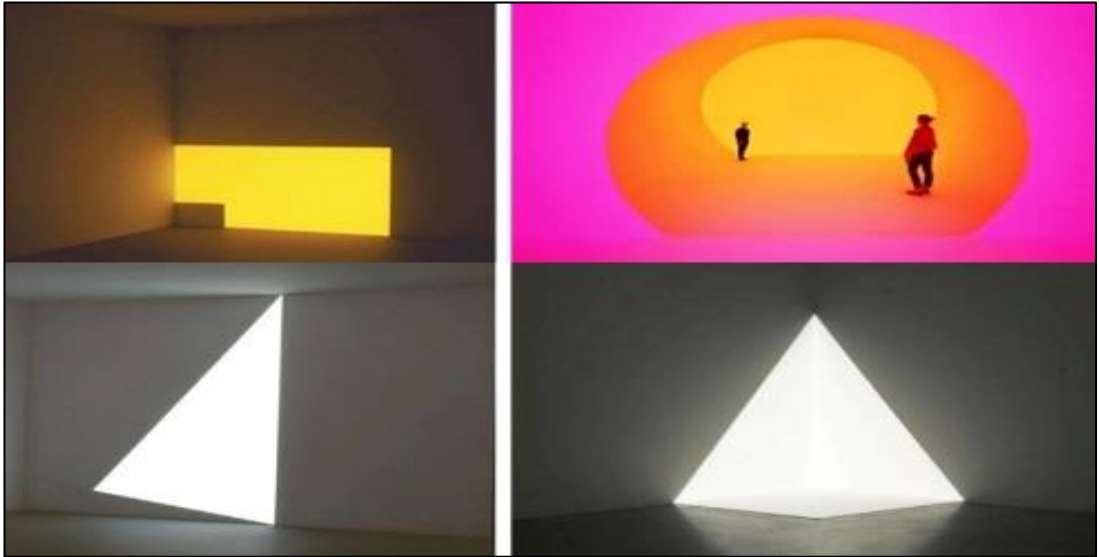
⁶³ Soygeniş, S.,2006. *Mimarlık Düşünmek Düşlemek*, 2. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.

psikolojik özellikleri olarak karşımıza, çıkmaktadır. Işığın fizyolojik özellikleri Işık ışınlarının göze girmesi ile başlar, biyolojik sistem üzerindeki etkileri ile devam eder ve psikolojik etkisi ile son bulur. Bu bakımdan ışık; kullanıcısı üzerinde uyandırdığı canlandırıcı, heyecan verici, kasvetlendirici hüzünlendirici, ilgi, çekici gibi duygusal özellikleri sayesinde mekânların algılanmasında farklılıklar sağlamaktadır.⁶⁴

Bir mekânda doğal ışık yetersiz ise ya da özel bir amaç için fazladan ışık gereksinimini olduğunda yapay ışık kullanılmaktadır. İç mekânın fizyolojik ve estetik ihtiyaçları göz önüne alınarak yapay aydınlatma tasarımı yapılmalıdır. Yapay aydınlatma ile bir gece kulübü gibi enerjik bir ortam oluşturmak mümkünken aynı zamanda kütüphane sakinliğine sahip bir mekân tasarlanabilmektedir. Yapay aydınlatmayı kontrol ederek mekânın atmosferini istediğimiz gibi değiştirmek mümkündür.

Sınırlayıcı, bölücü öğelerin yanı sıra ışık ve gölge de mekân oluşumuna katılır. İnsanın mekân içindeki hareketleriyle görsel algılar değişmektedir.⁶⁵

James Turrell ışık enstalasyonlarında, ışığın mekân algısında ki önemi görülmektedir. Işık şekillendirilebilir ve mekânın derinliğini algılamamızı sağlamaktadır. Aynı zamanda gölgelerin etkisi de ışık kadar büyüktür.



Şekil 4.1. James Turrell ışık enstalasyonları

⁶⁴ Turgay, O. ve Altuncu, D. 2011. İç Mekanda Kullanılan Yapay Aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri, Cankaya University Journal of Science and Engineering, Sayı:8, Syf:167-181, Ankara.

⁶⁵ Hasol, D., 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.

4.3. İÇ MEKÂNDAN YAPAY AYDINLATMA KONUSUNDA GENEL KURALLAR

İç mekân aydınlatmasında öncelikle mekânın işlevsel özellikleri dikkate alınır. Daha sonra istenilen atmosfere uygun renk sıcaklığı ve ışık şiddeti belirlenir. Kullanılacak armatür seçimlerinde görsel konfor koşullarına dikkat edilmelidir.

"Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü" tarafından "Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar" kitapçığından yayımlanan yapay aydınlatma konusunda genel kurallardan bazı örnekler:⁶⁶

- Belirli nesnelere ve alanları aydınlatacak ışık, buralara yönlendirilmeli kesinlikle göze gelmemesi gelmemelidir. Gözün ışık kaynağını görmesi, hem rahatsız edici ve yorucudur, hem de oluşturulan aydınlıktan yararlanmayı azaltmaktadır.
- Gölge niteliği bakımından, içinde yaşanan iç mekânlarda yumuşak ve saydam gölgeli bir aydınlık oluşturmak uygun olur. Kara gölgeli aydınlıklar ise oluşturdukları ışıklılık karşıtıkları nedeni ile ilgi çekici fakat yorucu olmaktadır.
- Aydınlatmada aydınlatan ışığın rengi ile aydınlanan nesne ve yüzeylerin renkleri arasındaki ilişkiler çok önemlidir. Değişik spektrumlu ışıklar, özdeksel renklerde çok büyük renk türü değişikliklerine neden olabilmektedir.
- Sert gölgeli aydınlıklar, sert ve gerçekdışı görüntülere oluşturabilir bu yüzden yalnızca özel amaçlar için kullanılmalıdır.
- Bakılan alan ile çevre alan arasındaki ışıklılık oranları yorucu karşıtıkları (kontrastlar) oluşturmamalıdır.
- Büyük karşıtıkları, küçük karşıtıkları görülebilmesini engeller. Bu kural renk konusu için de geçerlidir. Daha önce söz konusu olmuş olan, ışığın göze gelmemesi, yani gözün ışık kaynağını görmemesi kuralı bu yolla da açıklanabilir. Görsel algılama, renk ve ışıklılık karşıtıkları

⁶⁶ <http://docplayer.biz.tr/19875821-Aydinlatma-tasariminda-temel-kurallar.html>

algılanmasından başka bir şey olmadığına göre, aşırı karşıtlıklar oluşturarak, bakılan yerin eksik algılanması engellenmelidir.

- Mat nesnelere, üzerlerinde oluşturulan aydınlık ile görünür duruma gelmektedir. Parlak nesnelere ise üzerinde oluşan çevre görüntüsü ile algılanmaktadır.
- Mat nesnelere aydınlatılmasında elde edilecek sonuç, bu nesnelere üzerinde oluşturulacak aydınlığa dolayısıyla bunların ışıklılığına bağlıdır.
- Çok küçük mat ve parlak yüzeylerden oluşmuş iki boyutlu dokuların vurgulanması mat ve parlak yüzey elemanları arasında yereli ışıklılık ayrımı oluşturmakla elde edilmektedir.
- Parlak nesnelere yansıttıkları yüzeylerde büyük ışıklılık karşıtlıkları varsa, bu nesnelere daha parlak görünmektedir. Bu nesnelere yansıttıkları yüzeylerde ışıklılık karşıtlıklarının azalması ile nesnelere algılanan parlaklıkları da azalmaktadır. Işıklılık karşıtlığı olmayan, ya da çok az olan bir ortam içindeki parlak nesnelere mat görünmektedir. Parlak nesnelere, olduğundan da daha parlak ya da aksine mat görünmesini gerektiren durumlar vardır.
- Parlak nesnelere biçimlerinin algılanması, bunlar üzerinde çizgisel görüntülerin oluşmasına bağlıdır.
- Aydınlatmada, aydınlatan ışığın rengi ile aydınlanan nesne ve yüzeylerin renkleri arasındaki ilişkiler çok önemlidir. Değişik spektrumlu ışıklar, özdeş renklerde çok büyük renk türü değişikliklerine neden olabilir.
- Çeşitli mekânlarda değişik ışık renklerinde oluşan ışıklı iklimler de birbirinden çok farklı ve yerine göre çok iyi ya da çok kötü olabilmektedir.

Tanımlanan kurallar çerçevesinde ve gelişen teknolojiler ışığında aydınlatma tasarımcıları ve iç mimarlar tarafından iç mekân atmosferine en uygun yapay aydınlatma tasarımı gerçekleştirilmektedir.

4.4. İÇ MEKÂNDAN YENİ NESİL YAPAY AYDINLATMA UYGULAMALARI

21. yüzyıl iç mekân tasarımlarında yeni nesil aydınlatma teknolojileri "fiber optik aydınlatma, LED teknolojisi" çoğunlukla tercih edilmektedir. Yeni nesil aydınlatmalar farklı renk, esneklik ve yüksek verim gibi özelliklere sahiptir.

Yeni nesil bir aydınlatma olan LED teknolojisiyle yapay aydınlatma tasarımının en iyi örnekleri sergilenebilmektedir. Işık vurguları ile iç mekânların tasarlanan mimari kimliğini güçlendirebilmektedir ve böylece farklı atmosferler oluşturmak mümkündür. Bilgisayarla kontrol edilebilen LED teknolojisi kullanılarak çeşitli renk, efekt ve animasyon ile kinetik bir mekân oluşması sağlanabilmektedir.

LED teknolojisinden sonra aydınlatma tasarımında yeni bir alternatif sunan OLED teknolojisi iç mekân yapay aydınlatmasına farklı bir boyut getirmiştir. OLED panel ile ampul ve armatür gereksinimi duymadan sadece aydınlatma kaynağı ile iç mekân aydınlatması yapabilmenin yanı sıra farklı boyut ve formlarda, modern, fütüristik aynı zamanda geleneksel çizgide çeşitli armatürler oluşturabilmek mümkündür. OLED aydınlatma kaynağının fonksiyona yönelik çözümleri iç mekân aydınlatma tasarımlarında başarılı sonuçlar vermektedir.

OLED teknolojisi bir aydınlatma kaynağı olmasının yanı sıra bir tasarım ögesi olarak kullanılabilir. Çeşitli sanatsal ışık heykelleri tasarlamak mümkündür. Bu bağlamda OLED sadece bir aydınlatma kaynağı olmakla sınırlı değildir. Aynı zamanda dekoratif ve sanatsal bir ögedir.

4.5. OLED AYDINLATMA İÇ MEKÂN ÇÖZÜMLERİ

OLED aydınlatma fonksiyonel özellikleri ile iç mekân yapay aydınlatma tasarımına yenilikçi çözümler sunmaktadır. OLED aydınlatma kaynağı ile iç mekânda genel aydınlatma, bölgesel aydınlatma ve dekoratif amaçlı aydınlatma yapılabilmektedir. OLED aydınlatma panelleri diğer lamba teknolojilerinden farklı olarak armatürsüz kullanımı ile de estetik bir görünüm oluşturabilmektedir. Aynı zamanda ayna, çelik, alüminyum, ahşap gibi çeşitli malzemelerle bütünleşme sağlayarak aydınlatma armatürü veya dekorasyon ögesi olarak kullanılabilir.

Ayrıca OLED bir aydınlatma kaynağı olarak kullanılmadığı zamanlarda cam bir yüzey ya da bir ayna görevi görebilmektedir.

4.5.1. OLED PANEL ÇÖZÜMLERİ İLE AYDINLATMA

OLED aydınlatma paneli tamamen homojen ışık dağılımına sahip düzlemsel bir ışık kaynağıdır. Bu yüzden OLED aydınlatma çok az parlama yapmaktadır. OLED aydınlatma panelleri çok düşük ısı altında ışık üretebildikleri için etrafa ısı yaymamaktadırlar. Bu bağlamda OLED aydınlatma paneline temas edildiğinde herhangi bir rahatsızlık yaşanmamaktadır. Aydınlatma tasarımında kullanılmak üzere her amaca uygun OLED aydınlatma paneli geliştirilebilmektedir.

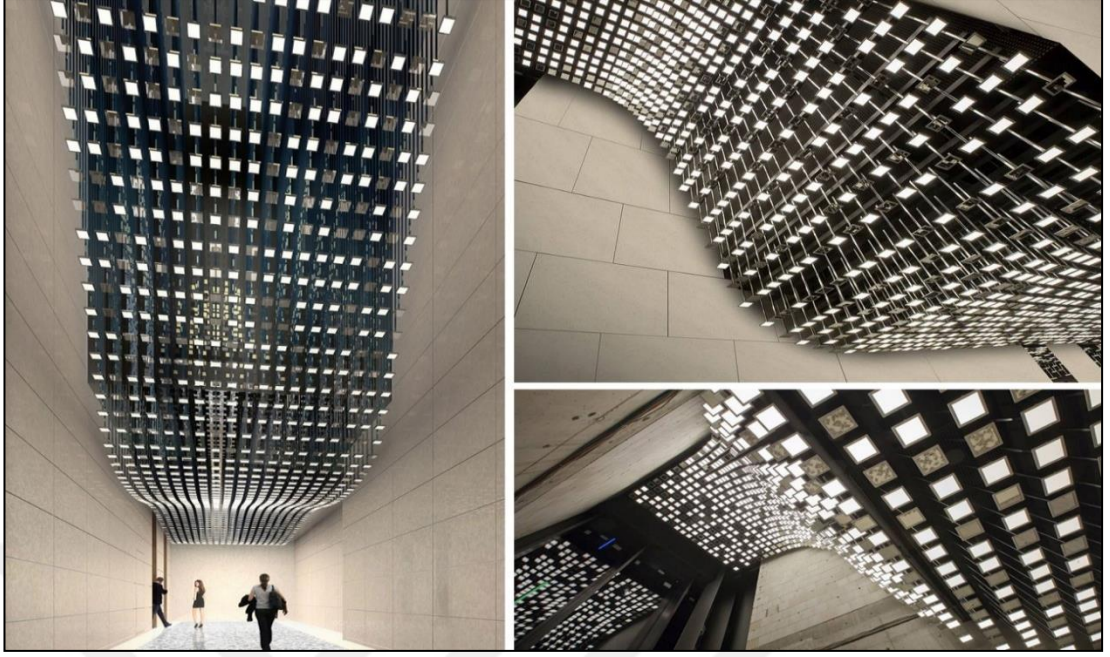
OLED aydınlatma paneli ortalama 1-2 mm inceliğinde bir yüzeyden oluşur. İç mekân aydınlatması, dış mekân aydınlatması, otomobil ve uçak gibi ulaşım araçlarında da kullanılabilir. Karbon ve hidrojen gibi organik maddelerin kullanılması OLED aydınlatma panellerinin diğer önemli bir özelliğidir. Bununla birlikte, verimli bir aydınlatma kaynağı olan OLED paneller uzun kullanım süresine (ortalama 20.000 - 40.000 saat) sahiptir. OLED teknolojisinin gelişmesi ile kullanım süresinin 100.000 saate çıkabileceği öngörülmektedir.

2000'li yılların sonunda iç mekân yapay aydınlatma tasarımlarında kullanılmak amacıyla çeşitli fonksiyonlara yönelik OLED aydınlatma panelleri geliştirilmiştir.

OLED aydınlatma paneli iç mekân kullanım örnekleri;

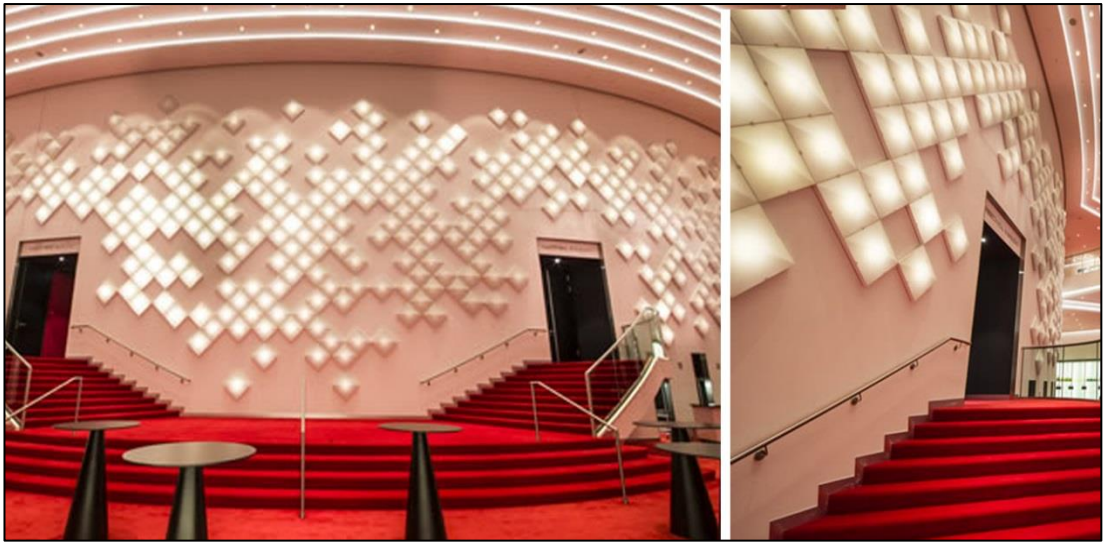
HATEC şirketi Almanya'nın en büyük OLED projelerinden biri gerçekleştirmek için mimar Eike Becker ve proje geliştiriciler "GroB Partners" ile işbirliği yapmıştır. Konut ve ofis kompleksi olan mekânın lobisi ziyaretçilerini oldukça görkemli bir OLED aydınlatma tasarımı ile karşılamaktadır. 1200 OLED açık konumda (state-on) panel ve ortalama 500 adet kapalı konumda (state-off) OLED panel karışık bir biçimde yerleştirilmiştir. Tavandan aşağı akan bir şelale görünümüne sahiptir. Bu tasarım ile görülmektedir ki; iç mekânda yapabileceği sınırsız özellikler ile OLED aydınlatma mimari aydınlatma tasarımında önemli bir dönüm noktası olacaktır.⁶⁷

⁶⁷ <https://www.oledworks.com/solutions/projects/hatec-lobby/>



Şekil 4.2. Lobi - OLED aydınlatma tasarımı – Frankfurt, Almanya

Bir diğer OLED aydınlatma paneli ise Almanya'nın Hamburg şehrinde bulunan "Elbe" tiyatrosunda (Theatre an der Elbe) kullanılmıştır. Tasarımcı Hugo Timmermanns tiyatronun modern mimarisine uygun bir şekilde OLED paneller ile dinamik bir atmosfer oluşturmak istemiştir. Fuayede vurgulamak istenen duvar yüzeyi 500 adet OLED aydınlatma paneli ile aydınlatılmıştır. Lobi ve fuaye örneklerinde görüldüğü gibi tasarımda kullanılan OLED aydınlatma paneller mekâna ilk girişteki etkiyi ve mekân atmosferini olumlu yönde değiştirmektedir.



Şekil 4.3. Hamburg Tiyatrosu – Almanya

OLED aydınlatma panelleri, doğal ışığa yakın olma özelliği ile müze aydınlatmalarında buna ek olarak düşük ısı sebebiyle mağaza, kozmetik ve gıda ürünlerinin aydınlatılmasında tercih edilmektedir. OLED aydınlatma panelleri sanat eserlerine zarar verebilecek ultraviyole ışın içermemektedir. Japonya - Idemitsu müzesinde OLED aydınlatma panelleri tercih edilmiştir.

Aynı zamanda şeffaf OLED ekranlar ile camın arkasında video veya fotoğraf görüntüleme imkânı sağlamaktadır. Bu özellik gelecekte müzelerde yaygın olarak kullanılacaktır.



Şekil 4.4. Idemitsu Müzesi - Japonya



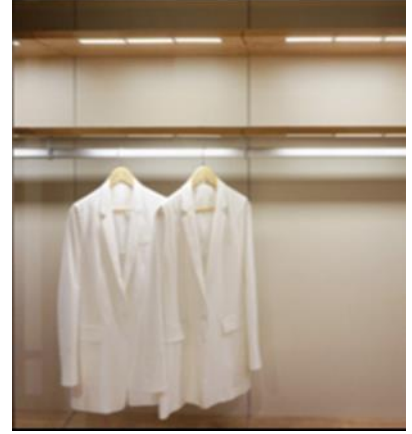
Şekil 4.5. Şeffaf OLED ekran kullanımı

Kore'de bir alışveriş merkezinde bulunan "Belport" kozmetik mağazası alüminyum raflarında 200 mm x 50 mm OLED aydınlatma panelleri tercih edilmiştir. OLED panellerin tercih edilmesinde ki öncelikli sebep; düşük ısı yaymasıdır. Aynı zamanda ürünlere zarar verecek "UV" ışınları içermemektedir.⁶⁸

OLED panellerin ince ve hafif özelliğe sahip olması mağazanın alüminyum raflarına kolay bir şekilde monte edilmesini sağlamıştır. Ayrıca OLED aydınlatma panelleri düşük parlama ile görsel konforu artırarak müşteriler ve çalışanlar için göz yorgunluğunu azaltmaya yardımcı olmaktadır.

OLED aydınlatma panelleri küçük boyutlu olduğu için iç mekân tasarımcılarına ve aydınlatma tasarımcılarına karmaşık - küçük mekânlarda fonksiyonel çözümler sunmaktadır. OLED aydınlatma panelleri mağazaların deneme odalarında rahatlıkla kullanılabilir.

⁶⁸ <http://www.mschostudio.com/belport/>



Şekil 4.6. Belport Mağazası OLED raf aydınlatması Şekil 4.7. OLED deneme kabini aydınlatması

OLED panel aydınlatmanın daha az gölge ve daha düşük parlama gibi özellikleri nedeniyle ofisler için görsel konfor koşullarına oldukça uygun aydınlatma tasarımları yapmak mümkündür. Ayrıca OLED aydınlatma panelleri çalışma ortamında doğal ışığa en yakın atmosferi oluşturmaktadır.



Şekil 4.8. OLED aydınlatma paneli ile ofis aydınlatması

Ulaşım araçlarının iç mekân aydınlatmasında kullanılan OLED paneller

OLED aydınlatma teknolojisi sadece araçlarda değil uçak ve tren gibi her türlü ulaşım aracında rahatlıkla kullanılabilen, fonksiyonel ve verimli bir alternatif yapay aydınlatma kaynağıdır.

OLED aydınlatma panelleri otomobil iç mekân aydınlatmasında önemli bir gelişme olarak görülmektedir. Koreli bir araba özelleştirme şirketi olan "Chang's Custom" OLED paneller kullanarak aydınlatılmış dünyanın ilk aracını geliştirmiştir. Araç, Seul'daki Auto Salon 2016'da sergilenmiştir. Araç içinde OLED panellerin tercih edilmesinin öncelikli sebeplerinden biri homojen bir şekilde ışık yayabilen bir yüzey ışık kaynağı olmasıdır. OLED aydınlatma panelleri aynı zamanda ince ve hafif oldukları için araç iç mekân aydınlatmasında başarılı çözümler sağlamaktadır.

2016 yılında LED ve halojen ampuller kullanılan araç tavanı aydınlatması ve iç kapı aydınlatmasının yerine OLED aydınlatma panelleri kullanılmıştır. Tavan aydınlatması için 320 mm x 110 mm OLED aydınlatma panelleri kullanılmıştır. OLED paneller dimmer özelliği ile sürücü tarafından kontrol edilebilmektedir. İç kapı aydınlatması için 200mm x 50mm OLED aydınlatma panelleri kullanılmaktadır.

OLED ışık panelleri tarafından yayılan sıcak ve yumuşak ışık, otomobilin iç mekânında rahatlatıcı bir atmosfer oluşturmaktadır. OLED tarafından sağlanan aydınlatma araç iç mekânına mükemmel bir uyum göstermektedir. OLED ışık panellerini iç aydınlatma için kullanmanın en önemli avantajının küçük alanlar için başarılı çözümler sunmasıdır. Chang's Custom'in CEO'su Jong Soo Chang, OLED aydınlatma panellerinin, yolculara lüks hissi verirken, sürücü için de psikolojik konfor yaratacağına inandıklarını belirtmektedir. Chang's Custom, OLED teknolojisinin otomotiv iç aydınlatma pazarına meydan okuduğunu ifade etmektedir.⁶⁹



Şekil 4.9. OLED araç içi aydınlatması

⁶⁹ http://www.ledinside.com/news/2016/8/lg_display_customizes_oled_interior_lighting_for_automobiles

İngiliz demiryolu sanayi kuruluşu "RSSB" tarafından 2014 yılında, "Yarının Tren Tasarımı" (Tomorrow's Train Design Today) başlıklı yenilikçi projeler geliştirmeye yönelik bir yarışma düzenlenmiştir. 48 başvuru alan yarışma sonucunda kazanan tasarımlar arasında yer alan "Aeroliner3000" projesi 2016 yılı eylül ayında Berlin'de düzenlenen "Innotrans" 2016 fuarında tam ölçekli modeli sergilenmiştir. 2017-2018 yıllarında İngiltere'de üretilmesi hedeflenmektedir.

"AeroLiner3000" çift katlı bir tren tasarımıdır. Tren iç mekân aydınlatma tasarımında tavan içine 38 adet (üst katta 22 adet ve alt katta 16 adet) OLED dikdörtgen panel yerleştirilmiştir. OLED panellerin uzunluğu 24 cm ve genişliği 6,3 cm'dir. 300 lümenlidir. OLED paneller ışığın homojen bir şekilde daha geniş bir alana yayılmasını sağlamaktadır. Belge ve kitap okumak isteyen yolcuların aydınlatma koşulları OLED aydınlatma panelleri ile iyileştirilmiştir.⁷⁰



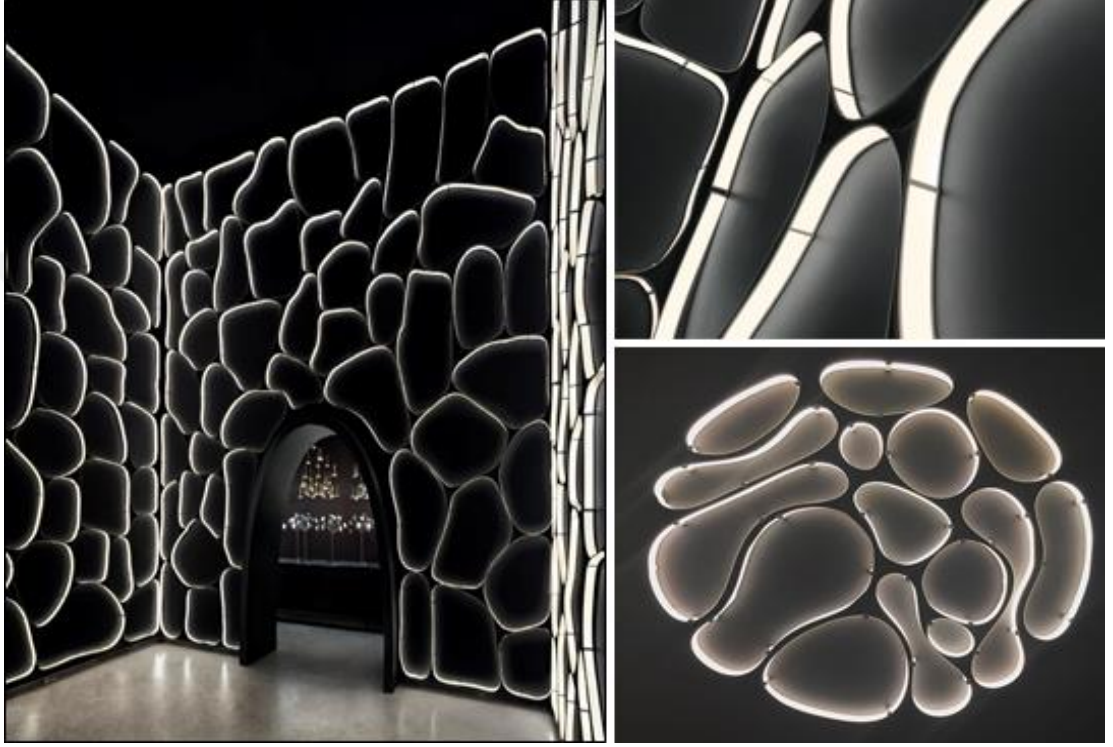
Şekil 4.10. "AeroLiner3000" OLED iç mekân aydınlatması

Esnek OLED paneller

Esnek OLED aydınlatma panelleri farklı tavan, masa, zemin ve duvar aydınlatma uygulamalarında kullanılmaktadır. Oluşturulmak istenen mekânın kimliğine göre bu tasarımlar özelleştirilebilir, böylece mimarların ve tasarımcıların hem özel hem de ticari alanlar için özel gereksinimler doğrultusunda çözümler üretmeleri sağlanmaktadır. Bu çok yönlülük, geniş yelpazede tasarım potansiyeli yaratmaktadır.

⁷⁰ <http://www.andreasvogler.com/portfolio/aeroliner3000/>

Tasarımcı Thierry Gaugain tarafından tasarlanan "O.Döngü" (O.Loop) duvar paneli esnek OLED teknolojisini kullanarak oluşturulmuştur. Aydınlatma tasarımı, 2 farklı uzunlukta esnek OLED panel kullanılmıştır. Tasarım, uygulanmak istenen projeye göre (boyut, yükseklik ve farklı sayılarda) düzenlenebilmektedir. Böylece herhangi bir alana, şekle ve boyuta uyum sağlayabilmektedir.



Şekil 4.11. "O.Loop" esnek OLED panel ile Blackbody OLED aydınlatma Showroom tasarımı

Renk değiştirebilen OLED paneller

OLED aydınlatma panellerinin sadece beyaz ışık verme özelliği yoktur. Farklı renklerle iç mekânda farklı fonksiyonlara yönelik çözümler üretmek mümkündür. Dekoratif veya fonksiyonel kullanım için mimari uygulamalarda atmosferik aydınlatma oluşturmak için kullanılmaktadır. Kontrol edilebilir ve ayarlanabilir olması ile mağaza ve otellerde kullanımının yanı sıra bar, restoran ve gece kulübü mekânları için de uygundur. Yumuşak ışık çıkışı, kolay entegre olma önemli özellikleri arasındadır.

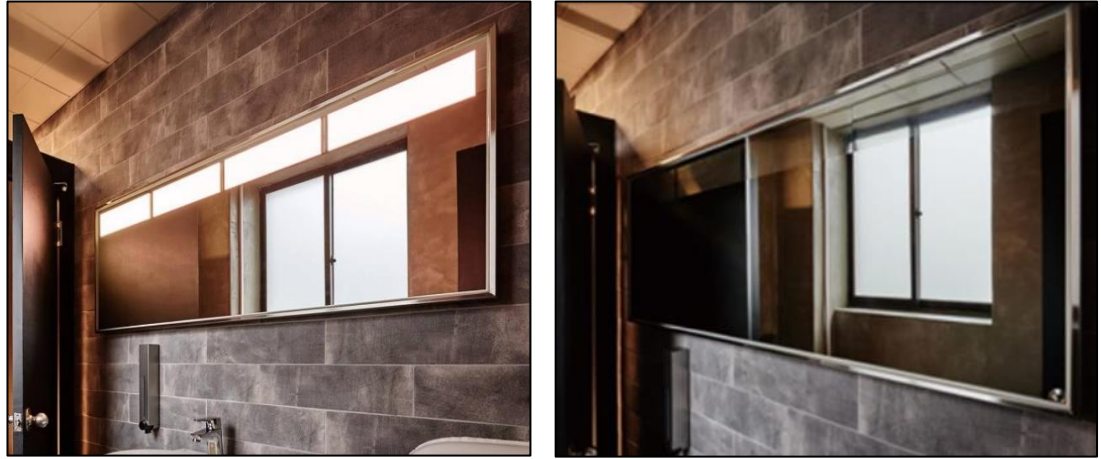
Daha önce sadece kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) sistemi ile ışık elde edilirken şimdi daha parlak ve daha doğru renk oluşturmak için, kırmızı, sarı ve mavi (RYB) sistemi de kullanılmaktadır. Işık yüzey boyunca tamamen eşit şekilde dağılır.



Şekil 4.12. Renk değiştiren OLED aydınlatma panelleri - ofis binası girişi / Tokyo

Ayna OLED paneller

Ayna içerisine yerleştirilen OLED paneller açık konumda ışık yayarken kapalı konumda ise ayna olarak görünmektedirler. Ayna OLED aydınlatma panelinde kızılötesi sensörler kullanılmıştır. Kişinin hareketlerine göre kapalı veya açık konuma geçmektedir. Ayna OLED paneller, banyoda, koridorda, dolap içerisinde veya dekoratif amaçlı kullanılabilirlerdir.



Şekil 4.13. Banyoda ayna OLED panel kullanımı

OLED Ray Paneller

OLED ray panel modeller herhangi bir armatre ihtiyaç duymadan farklı ortamlarda kolay montaj yapılmasına olanak sağlamaktadır. Her ray OLED panel içine birden fazla panel bağlanabilen basit bir alüminyum gövdeden oluşmaktadır.

OLED ray paneller konut, ofis gibi mekânlarda aydınlatma kaynağı olarak kullanılabilir. OLED ray paneller arka yüzündeki montaj braketi ile rayaya kolaylıkla monte edilebilir.



Şekil 4.14. OLED ray panel montaj



Şekil 4.15. OLED ray panellerin iç mekânda kullanımı



Şekil 4.16. OLED ray paneller ile showroom aydınlatması / Londra

4.5.2. OLED PANEL İLE ARMATÜR TASARIMLARI

OLED panellerin esneklik, renk, incelik, her malzemeye uyum sağlama gibi birçok fonksiyonel özelliği ile farklı armatürler tasarlamak mümkündür.

OLED panel ile armatür tasarımı örnekleri:

Almanya'nın Ingolstadt şehrindeki Audi müzesi toplantı odası aydınlatması için aydınlatma tasarımcısı ve sanatçı Michael Hammers tarafından bir OLED armatür tasarlanmıştır.

"Kış bahçesi" (Winter Garden) adı verilen toplantı odasında 15 adet OLED aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Aydınlatma armatüründe ise 36 adet OLED aydınlatma paneli bulunmaktadır. OLED panellerin her birinin uzunluğu 124,5 mm, genişliği 124,5 mm ve kalınlığı 3,3 mm'dir. Renk sıcaklığı 3.250 Kelvin ve ışık akısı 120 lm'dir. Ayrıca OLED paneller 4.000 cd/m² değerindedir ve 10.000 (L50) saat kullanım süresine sahiptir.

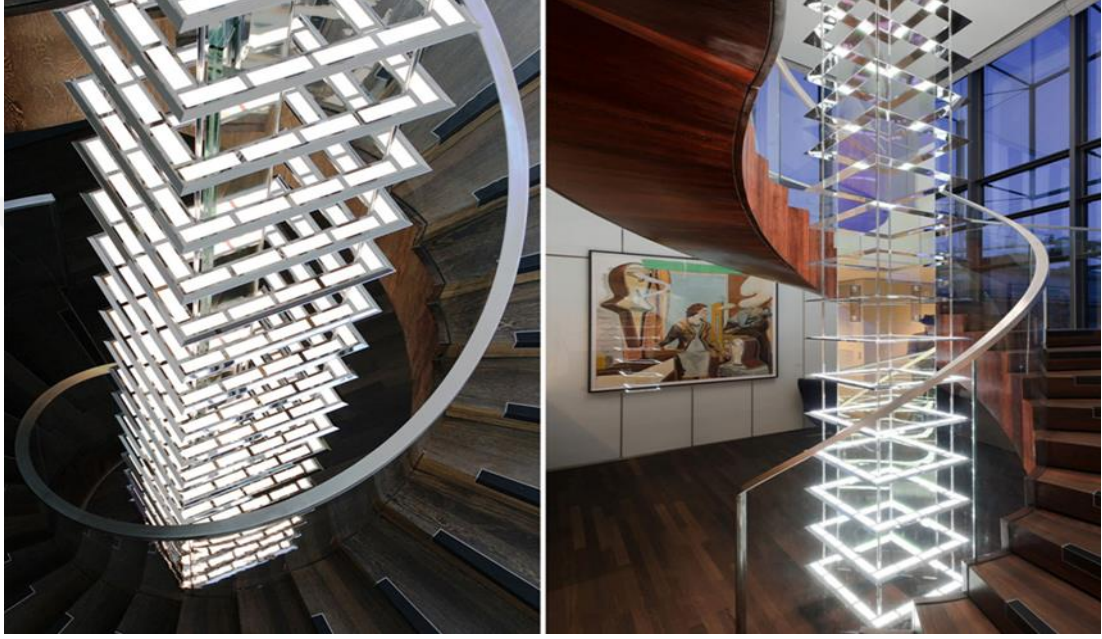
OLED armatürün çerçevesi alüminyumdan yapılmıştır. Toplamda 58.000 lümen ile aydınlatılan toplantı odasında OLED armatürün her biri 3.900 lümenidir. OLED panellerin çok ince olması sebebiyle armatür tasarımının neredeyse görünmez olduğu ve ışığın havada yüzüyor gibi görüldüğü belirtilmektedir. Ayrıca dünyada yalnızca OLED armatür ile aydınlatılan ilk toplantı salonudur.⁷¹



Şekil 4.17. "Kış Bahçesi" toplantı odası – Audi Müzesi / Ingolstadt , Almanya

⁷¹ <https://www.oledworks.com/solutions/projects/audi-tt/>

"Sarkit Lamba" (Pendant Lamp), 2011 yılında Kardorff Ingenieure Lichtplanung tarafından tasarlanmıştır. Berlin'de "Unter den Linden" fuayesinde zarif ve sanatsal bir şekilde yer almaktadır. 7 metre yükseklikte olan OLED Aydınlatma armatürü fuayenin sarmal merdiven boşluğunu doldurur. Krom, alüminyum çerçeve ve OLED panel modüllerinden oluşmaktadır. Çeşitli renk ve ışık yansımaları ile bakış açısına göre görünümü değişebilmektedir.

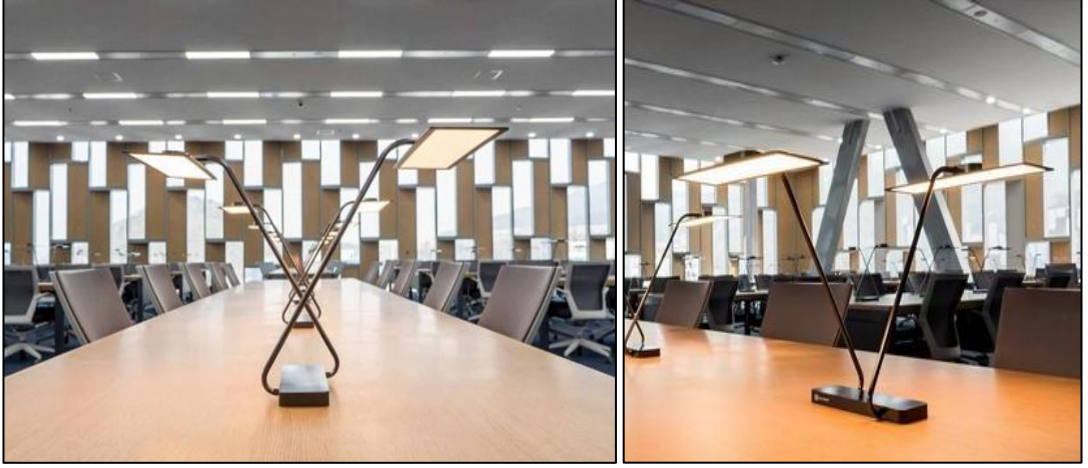


Şekil 4.18. Sarkit Lamba – Berlin

Diğer bir OLED panel aydınlatma örneği ise Seul Ulusal Üniversitesi kütüphanesinde (Güney Kore) kullanılmıştır. Kütüphane OLED masa lambası kullanışlı tasarımı ve göz yorgunluğunu engelleyici parlaklığa sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Kütüphane için kullanılan OLED masa lambalarında toplamda 1.100 OLED aydınlatma paneli kullanılmıştır. OLED panelleri 320 mm x 110 mm ölçülerine ve 60lm/W verime sahiptir. 40.000 saat kullanım süresi bulunmaktadır. OLED aydınlatma panelleri 0,88 mm kalınlığındadır. OLED masa lambaları ise alüminyum gövde ile birlikte 2 mm kalınlıktadır. Oldukça ince bir tasarıma sahiptir. Lambaların parlaklığı dokunmatik sensor kullanılarak 300lx ile 850lx aralığında ayarlanabilmektedir.⁷²

⁷² http://www.ledinside.com/lighting/2015/2/lg_chem_installs_oled_lighting_at_top_koreanuniversity



Şekil 4.19. Seul Üniversitesi Kütüphanesi – OLED masa lambaları

"Bingbang" OLED aydınlatma armatürü Bertrand Medas tarafından tasarlanmıştır. Tasarımın ana teması "bingbang" teorisi diğer bir deyişle patlamasıdır. Patlama sonrasında aniden ışık her yöne kaçarak kozmik bir olay gerçekleşmektedir. OLED armatür panelleri kaçan ışığı simgelemektedir. "BingBang" lobi, alışveriş merkezi, konut, merdiven boşluğu gibi iç mekânlarda kullanılabilir. 3000K ve 6000K arası renk sıcaklığına sahiptir. Uzunluğu 140 cm, genişliği 120 cm, yüksekliği 305 cm'dir. "BingBang" restoran ve bar tasarım ödülüne sahiptir.⁷³



Şekil 4.20. "BingBang" - OLED armatür

⁷³ <http://www.archiexpo.com/prod/blackbody/product-71265-738610.html>

"Kaynak" (The source) OLED aydınlatma armatürü Almanya'nın Aachen şehrinde bulunan Aquis Plaza alışveriş merkezinin tüm katları dahil olmak üzere cam çatıya kadar uzanan bir heykel görünümü oluşturmaktadır. Carl Stahl mimarlık tarafından tasarlanan OLED aydınlatma armatür 18,5 metre uzunluğuna sahiptir ve dünya çapında kendi türündeki örneklerin en büyüklerinden biridir. Toplam 432 OLED aydınlatma panelinden oluşmaktadır. Her panel rengi ayrı ayrı kontrol edilebilmekte ve farklı efektler oluşturulabilmektedir.



Şekil 4.21. "Kaynak" (The Source) OLED aydınlatma armatürü - Aquis Plaza alışveriş merkezi / Almanya

Thierry Gaugain tarafından tasarlanan "Yağmur" (I.Rain) OLED aydınlatma armatürü bir ışık duşu gibi düşünülmüştür. OLED aydınlatmanın oldukça düz ve hafif olması armatürün tasarımında önemli bir avantajdır. 20.000 saat kullanım süresine sahiptir. Projeye göre boyut, yükseklik ve OLED sayısı uyarlanabilmektedir.

"I.Rain" OLED armatür tasarımı merdiven boşluklarına, sergileme salonları, koridorlar ve lobi gibi birçok mekânda kullanılabilir. Mekân fonksiyonuna göre kullanılan OLED panel sayısı (37-137) değişebilmektedir. İstenildiğinde herhangi bir odaya veya projeye uyum sağlamak için piksel sayısı artırabilmektedir. "I.rain" OLED aydınlatma armatürü klasik (beyaz boyalı pirinç), pirinç, cam, bakır, krom ve siyah nikel gibi çeşitli kaplamalara sahiptir.



Şekil 4.22. "I rain" OLED aydınlatma armatürü

"ThinAir" OLED armatür 4 OLED panelden oluşmaktadır ve toplantı odaları resepsiyon masaları, otel lobileri ve mağazalar gibi vb. iç mekan aydınlatması için uygundur. "ThinAir" ile iç mekan aydınlatma tasarımında kendini özgü ve benzersiz bir ortam oluşturmak hedeflenmiştir. Parlaklığın az olması sebebiyle görsel konfora uygundur. Yaklaşık 50.000 saat kullanım süresine sahiptir. "ThinAir" 12 mm kalınlığa sahiptir.⁷⁴



Şekil 4.23. "Thin Air" OLED armatür

"Pikselleştir" (Pixelate) Pablo Alvarez tarafından tasarlanan bir OLED aydınlatma armatürüdür. Havada kayan ve hayalet vatoz olarak adlandırılan bir balığın hareketinden yola çıkılarak tasarlanmıştır. Pixelate krom kaplama ve ultra ince OLED panellerden oluşmaktadır. Modern bir tasarıma sahiptir ve her OLED panelin birbirinden bağımsız bir hareketi vardır.

⁷⁴ <https://www.oledworks.com/solutions/projects/thin-air-oled-luminaire/>

"Pikselleştir" (Pixelate) OLED armatür 720 x 720 mm, 840 x 840 mm, 960 x 960 mm, 780 x 780 mm 910 x 910 mm ve 1040 x 1040 mm ölçülerinde üretilebilmektedir. Renk sıcaklığı 3250 Kelvindir.



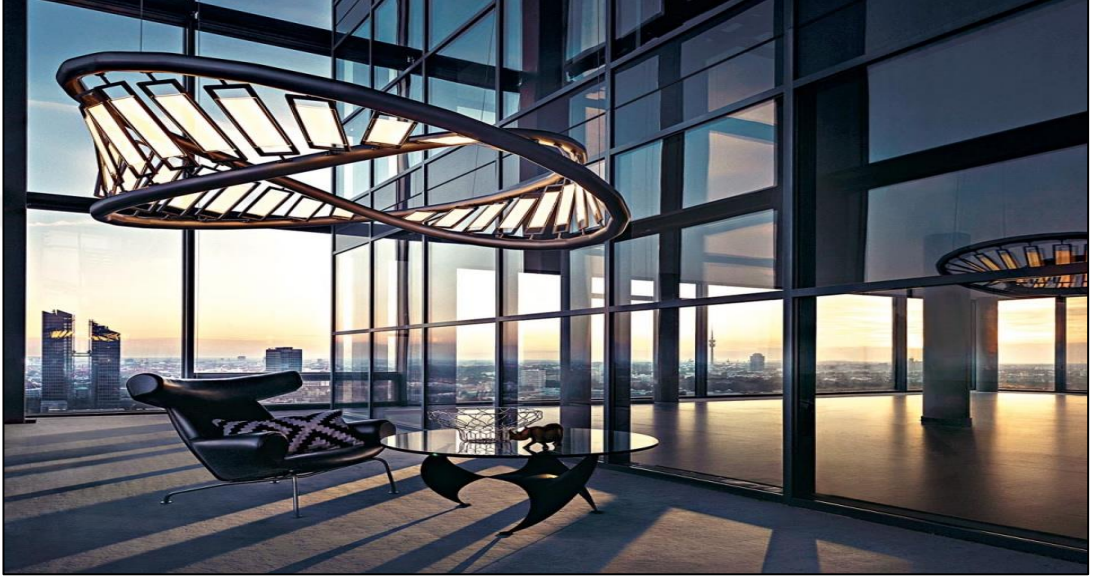
Şekil 4.24. "Pikselleştir" (Pixelate) aydınlatma armatürü

Kore şehrinde Marley kafe için tasarlanan "Kelebek" (Butterfly) OLED ışık panelleri rahat ve dinlendirici bir atmosfer oluşturmak için kullanılmıştır. Paneller 53 x 55mm 1.97 mm kalınlıktadır. 8 adet OLED panel kelebek kanatlarını yansıtmak için bir araya getirilmiştir. OLED aydınlatma hareket sensorlerine bağlıdır ve kişi yanına yaklaştığında "kelebek OLED paneller" kanat çırpır gibi hareket etmektedir. "Kelebek" OLED aydınlatma panelinde pirinç plakalar kullanılmıştır. Parlama oluşturmamaktadır. Ortalama 40.000 saat kullanım ömrü vardır ve 3000K - 4000K renk sıcaklığına sahiptir.



Şekil 4.25. Marley Kafe – Kore

"Rollercoaster" isimli OLED aydınlatma armatürü kapalı durumdayken bir cam ve metal heykel görünümündedir. Işık açıldığında (state-on) ise bir aydınlatma kaynağına dönüşmektedir. Eğitim ve araştırma Alman Federal Bakanlığı tarafından desteklenen TOPAS2012 araştırma projesinin bir parçası olarak geliştirilmiştir. Her OLED panel uzunluğu 18 cm x genişliği 6,5 cm bir yüzeye sahiptir. Çok iyi bir şekilde homojen ışık sağlamaktadır.



Şekil 4.26. "Rollercoaster" OLED aydınlatma armatürü

Nomi OLED aplikler bir mum alevinin modern bir yorumu olarak tasarlanmıştır. Koridor aydınlatmalarında rahatlıkla kullanılabilir. 3000K, 3500K ve 4000K renk sıcaklıklarına sahiptir. Renksel geriverim indeksi 85-90 (CRI) arasındadır ve 30,000-40,000 (L70) saat kullanım süresi bulunmaktadır.



Şekil 4.27. "NomiOLED" aplik ve koridor aydınlatmasında kullanımı

Dominic Harris tarafından tasarlanan "Moon Chandelier" OLED armatür Ay'ın evrelerini yansıtmaktadır. "Moon Chandelier" küre içinde dairesel OLED aydınlatma panelleri kullanılmıştır. OLED armatürde 19 kristal top mevcuttur. Malzemeler akrilik ve karbon fiberdir.



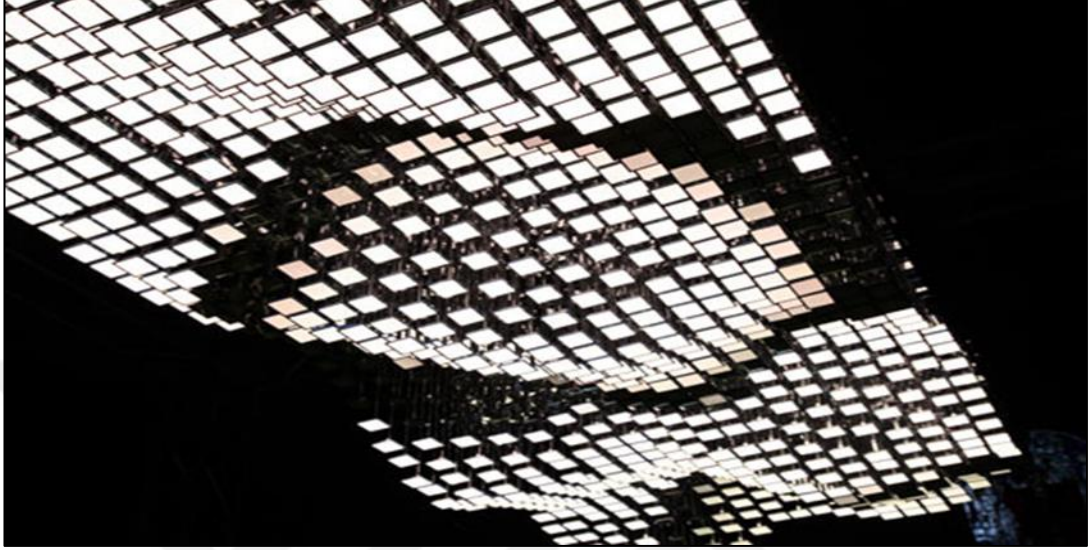
Şekil 4.28. Dominic Harris & Cinimod Studio tarafından tasarlanan OLED avize
Kinetik OLED Aydınlatma Armatürleri

Christopher Bauder tarafından tasarlanan "Living Sculpture" 3D OLED panel modül sistemi aydınlatmada devrim olarak nitelendirilmiştir. Işığın çok yönlülüğünü ve potansiyelini gösteren OLED aydınlatma ile 3 boyutlu bir tavan tasarlanmıştır.



Şekil 4.29. "Living Sculpture" kinetik OLED aydınlatma armatürü

Bilgisayar uygulaması ile OLED paneller kontrol edilebilir böylece farklı animasyonlar ve sonsuz kombinasyonlar oluşturulabilmektedir. "Living Sculpture" kinetik OLED armatürde 1.8 mm kalınlığında OLED paneller kullanılmıştır.



şekil 4.30. "Living Sculpture" 3D OLED armatür

"Manta Rhei" Joachim Sauter tarafından tasarlanmıştır. OLED aydınlatma armatürü mekanik hareketlere sahiptir. Armatür 10 adet OLED paneli taşıyan her biri 1,4 ve 1,2 metre uzunluğundaki, esnek metal bıçaklardan oluşur. İnce çelik teller ile tavana asılmıştır. Kullanılan motorlar ile farklı modeller harekete geçebilmektedir.



şekil 4.31. "Manta Rhei" Kinetik OLED aydınlatma armatürü

4.5.3. OLED PANEL İLE İÇ MEKÂN TASARIMINDA DEKORATİF UYGULAMALAR

OLED aydınlatma panelleri iç mekân duvar, zemin, mobilya yüzeyi gibi alanlarda dekorasyon amaçlı kullanılabilir.

Aldo Cibic ve Tommaso Cora tarafından tasarlanan OLED aydınlatma duvar paneli "Şanslı Göz" (Lucky Eye) olarak adlandırılmıştır. Tasarımcılar "Antik Venedik" cadı aynalarından esinlendiklerini belirtmişlerdir.

İç mekân dekorasyonunda kullanılmak için tasarlanan OLED duvar panelinin iki farklı boyutu bulunmaktadır. Küçük olan OLED duvar paneli çapı 689 mm'dir. Derinliği 68 mm ağırlığı 25 kg'dır. Büyük OLED duvar paneli boyutu ise, çapı 1812 mm, derinliği 158 mm ağırlığı 45 kg'dır. Renk sıcaklıkları 2750K - 4000K derecesindedir.



Şekil 4.32. "Lucky Eye" OLED aydınlatma paneli ile ayna tasarımı

İtalyan tasarımcı Pugnale ve Nyleve iç mekân dekorasyonunda kullanılması amacıyla OLED aydınlatma panellerini kullanarak 2 adet dekoratif aydınlatma tasarlamışlardır. Birincisi "Melek" (Cherub) kitaplık rafı veya konsol gibi yerlerde kullanılabilen bir OLED aydınlatma tasarımıdır. Dik açılı bir dirseğe monte edilmiş iki OLED panel üzerine küçük bir melek heykelinden oluşmaktadır. Öğütülmüş alüminyum malzeme kullanılmıştır.

Diğer tasarım "Vittorino" da ise merkezinde bir tüyü aydınlatan, dışa doğru değil içe bakan dört adet OLED aydınlatma paneli kullanılmaktadır.

Her iki tasarımda ki OLED panellerin inceliği sebebiyle iç mekân dekorasyonunda oldukça estetik bir görünüm ortaya çıkmaktadır. OLED aydınlatmalar mevcut bir kablosuz aydınlatma ağına sorunsuzca entegre edilebilir ve bir IOS cihazı kullanılarak kontrol edilebilmektedir.



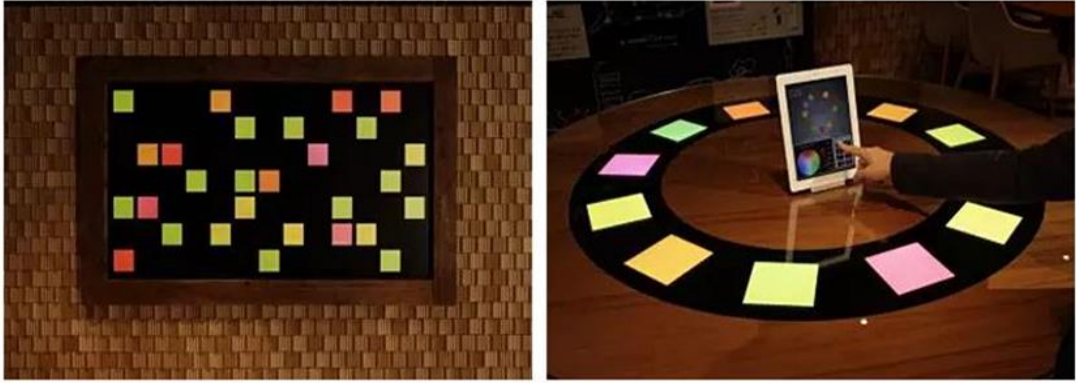
Şekil 4.33. "Melek" OLED aydınlatma Şekil 4.34. "Vittorina" OLED aydınlatma

ONA isimli dekoratif OLED masa lambası doğada bulunan organik şekillerden yola çıkılarak tasarlanmıştır. OLED panel ile kontrplak tabandan oluşmaktadır. Hafif ve kolay taşınabilir özelliğe sahiptir. Organik formu ile dergi ve kitapları depolamak için kullanılabilir. Bu bağlamda OLED masa lambası, aydınlatma armatürü olmasının yanı sıra fonksiyonel çözümlerde sunmaktadır.



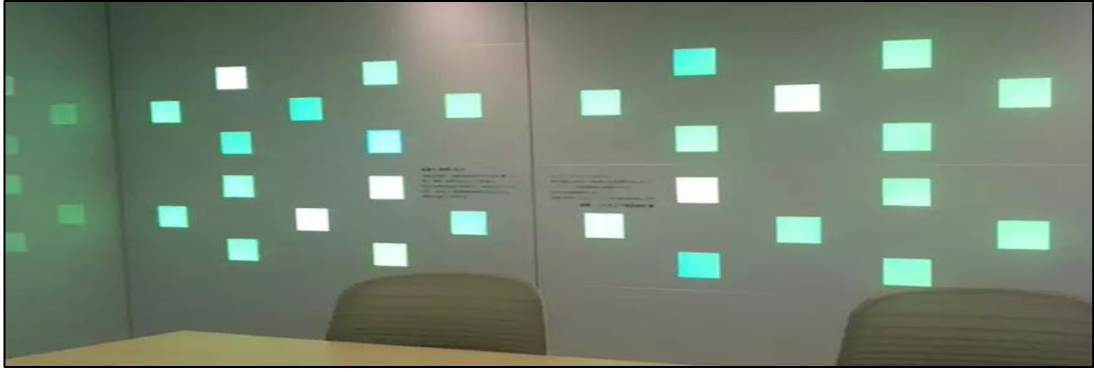
Şekil 4.35. "ONA" OLED masa lambası

Tokyo'da 2012 yılında açılan Kaiteki kafede, duvarlarında ve masalarında renkli OLED aydınlatma paneli kullanılmıştır. Kafe müşterileri her masaya yerleştirilen tablet bilgisayarlar ile OLED panel rengini değiştirebilmektedir. Masalarda 12 adet OLED aydınlatma paneli ve duvar panellerinde ise 28 adet OLED aydınlatma paneli kullanılmıştır.



Şekil 4.36. Kaiteki Kafe – Tokyo, Japonya

Tokyo - Okamura şirketinde bölücü duvar panellerinde renkli OLED aydınlatma kullanılmıştır. OLED paneller istenilen rengi almaktadır.



Şekil 4.37. Okamura Şirketi – Tokyo, Japonya

"Easy Door" italyan tasarımcı Thierry Gaugain tarafından tasarlanmıştır. OLED panellerden oluşan dekoratif duvar kaplaması 450 cm uzunluğa, 150 cm genişliğe ve 370 cm yüksekliğe sahiptir. Ağırlığı 500 kg'dır. Renk sıcaklığı ise 2750 – 4000 Kelvin arasındadır.



Şekil 4.38. "Kolay Kapı" (Easy Door) OLED dekoratif duvar

İsviçre - Shoppi Tivoli alışveriş merkezinde, Bureau Hindermann tarafından tasarlanan "MyNAB- Neue Aargauer Bank" duvar panellerinde 330 kare OLED panel kullanılmıştır. OLED'lerin biri odaya, ikinci duvara yönlendirilmiştir. Ön OLED ışık paneli yanarsa, arka panel otomatik olarak soluklaşır ve odadaki ışık miktarı, animasyona rağmen sabit kalmaktadır.⁷⁵



Şekil 4.39. OLED dekoratif duvar paneli

Mimar ve tasarımcı Evelyn Susan Schmidt, "BabyDoll" isimli dekoratif OLED aydınlatma tasarımında peri masallarından ve çocukluğunun büyüsünden yola çıkmıştır. "BabyDoll" cilalanmış bir çelik yüzey üzerine metal ile çerçevesi yapılmıştır. Aynanın merkezinde genel bir askı bulunmaktadır. OLED ayna aydınlatma panelinde 30 adet kare panel kullanılmıştır. OLED panel ışığı metal yüzeyinde yansıtarak, ışığın etkisini artırmaktadır.



Şekil 4.40. "BabyDoll" dekoratif ayna OLED panel armatür tasarımı

⁷⁵ <https://www.oledworks.com/solutions/projects/neue-aargauer-bank/>

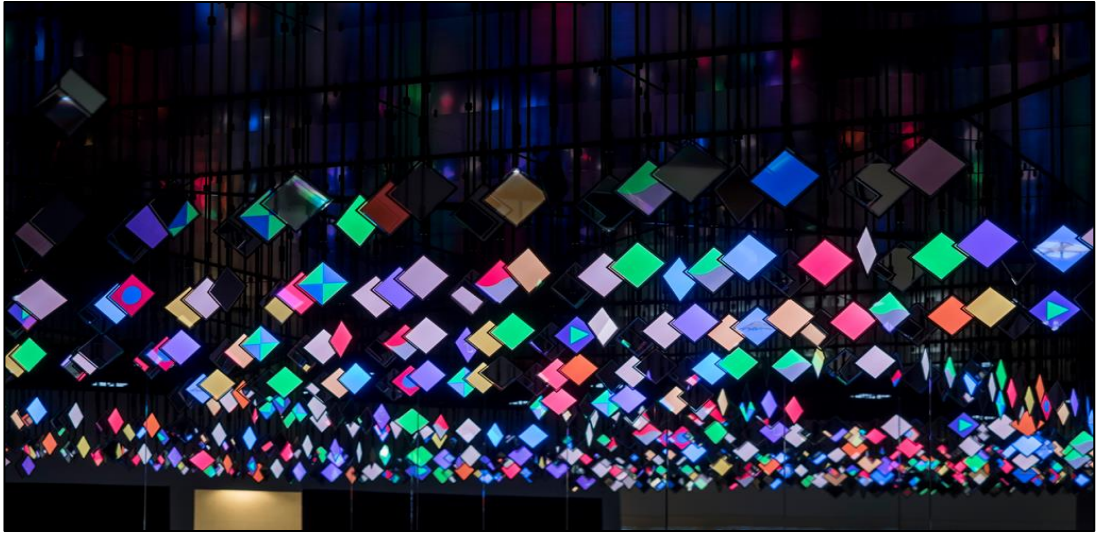
"Teka" Aldo Cibic and Tommaso Cora tarafından tasarlanmıştır. Zamansız bir tasarım olarak nitelendirilen "Teka" tasarımında 19. Yüzyıl mikroskoplarından esinlenilmiştir. 15 adet OLED panel kullanılmıştır. Uzunluğu 60 cm, genişliği 25 cm, yüksekliği 53 cm'dir. Renk sıcaklığı 2750 - 4000 Kelvin'dir ve 15.5 kg ağırlığa sahiptir.



Şekil 4.41. "Teka" OLED dekoratif lamba

2016 yılında Almanya'nın Frankfurt şehrinde düzenlenen "Aydınlatma ve Yapı" (Light and Building) fuarında Japon aydınlatma tasarımcısı Motoko Ishii "OLED Jardin" adıyla tanımlanan ve polimer OLED panellerinden oluşan "Uzayda bahçe" temalı renkli OLED panel aydınlatmaları sergilemiştir.

Yeni polimer OLED panel olarak adlandırılan dekoratif aydınlatmanın farklı renk, şekil ve çeşitli boyutları mevcuttur. Çeşitli uygulamalar için tasarım esnekliği sağlamaktadır. Renkli RGB OLED panellerin ışık verimi yaklaşık olarak 5 lm / W aralığındadır ve sadece dekoratif uygulamalarda kullanılabilir.



Şekil 4.42. "Jardin" renkli OLED paneller ile ışık enstalasyonu

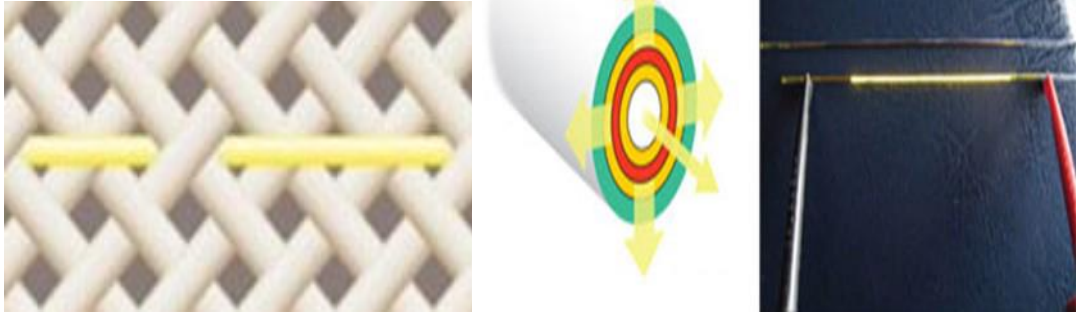
OLED aydınlatma teknolojisi tekstil yüzeyi ile entegre edilebilmektedir. Bu tür teknolojik tekstiller "fotonik tekstil" olarak adlandırılmaktadır. Tekstil ve aydınlatmayı birleştiren fotonik tekstil teknolojisinin OLED aydınlatma ile birlikte kullanımı sonucunda oldukça fonksiyonel ve estetik tasarım seçenekleri ortaya çıkacağı öngörülmektedir. OLED panellerin performansının gelişmesiyle, fotonik tekstil konusunda yeni uygulamalar ve ürünler elde edilebilecektir. Esneklik, nefes alma, konfor ve düşük enerji tüketimi gibi olumlu özellikleri sahip OLED paneller ile üretilen tekstiller; ışık yayan perde veya döşemelik kumaş olarak iç mekân tasarımında kullanılabilir.



Şekil 4.43. OLED aydınlatma paneli entegre edilmiş ipek perde

Araştırmacılar tekstil özellikli OLED lifler geliştirme üzerine çalışmalar yapmaktadırlar. OLED aydınlatma entegrasyonu tekstil imalat işlemi sırasında gerçekleştirilecek ve böylece sonraki adımda aydınlatma paneli ekleme gereksinimi ortadan kalkacaktır. Mimarınin veya modanın gereksinimlerini karşılayacak şekilde şekillendirilebilen bir "OLED kumaş" ortaya çıkacaktır. Bu OLED kumaşlar daha fazla tasarım özgürlüğü sağlayacak ve çeşitli ihtiyaçlara göre uyarlanabilecektir.

OLED liflerinin bir başka önemli özelliği ise, tek bir boyutta değil tüm yüzey alanı boyunca ışık yayma yeteneği olacaktır. Araştırmacılar, çeşitli iplik ve elyaf üzerine OLED materyalleri imal ederek tekstil uyumlu OLED lifleri geliştirme olasılığını araştırmaktadırlar. "OLED kumaş" ile üç boyutlu (3D) geniş alana ışık yayan yüzeyler oluşturulabilecektir.



Şekil 4.44. OLED fiber dokuma tekstil

Tekstil tabanlı elektronik cihazlarda önemli performans elde edilmiş olsa da, performansı artırmak için daha fazla çaba gerekmektedir. Elektronik tekstil ürünlerinin mekanik özelliklerini ve özelliklerini anlamak için teorik ve deneysel araştırmaların önemli bir bölümü gerçekleştirilmiştir. Tekstil temelli cihazları giyilebilir elektronik cihazlarda ticari hale getirmek için, seri üretim, giysilerle bütünleştirme, toksik olmayan teknoloji ve uzun süreli kullanım da dahil olmak üzere fotonik tekstil söz konusu sorunları aşabilirse, giyilebilir elektronik alanında yeni bir dönem başlayacaktır.⁷⁶

Yapılan araştırma ve geliştirme projeleri ile katı haldeki OLED teknolojisinin gelişimi ile zamanla daha fonksiyonel tekstiller ürünleri üretilebilecektir.



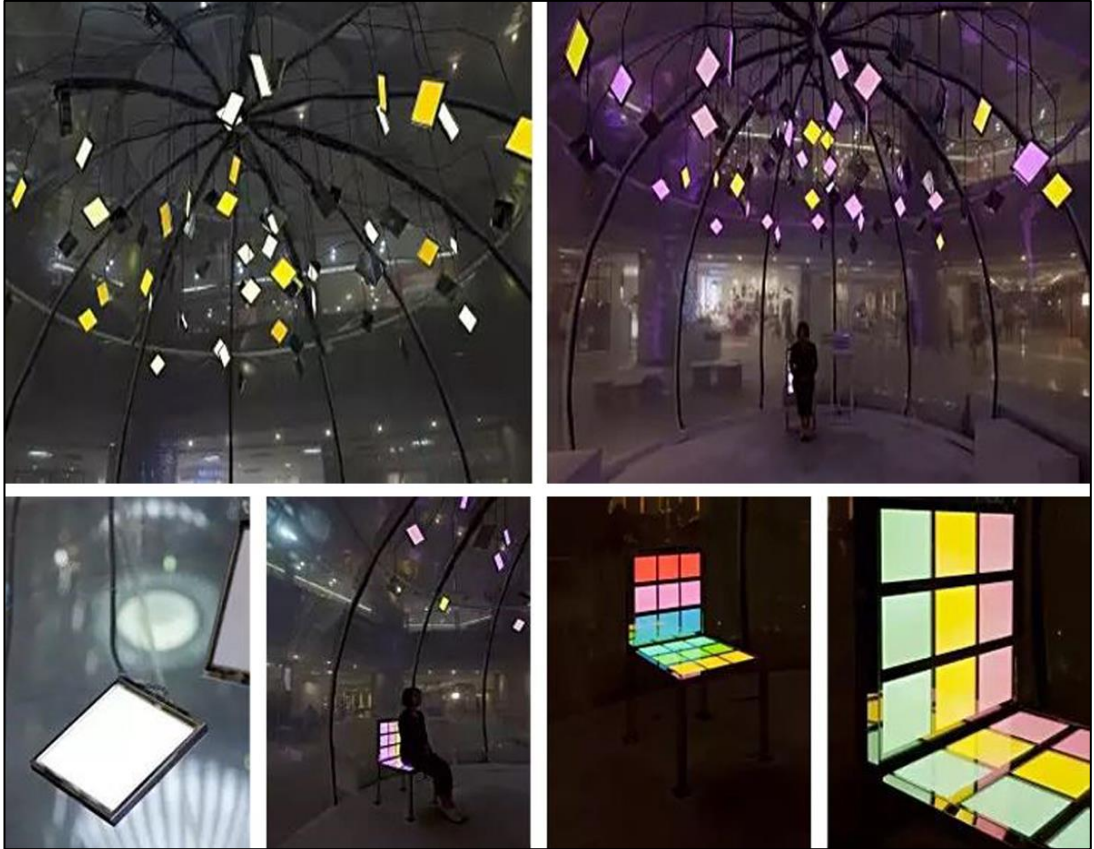
Şekil 4.45. OLED aydınlatma giysi tasarımı

⁷⁶ TextilisationOfLight_2016_interactive-ex.Appendix_AstridMody.pdf

4.5.4. OLED SANAT VE IŞIK ENSTALASYONLARI

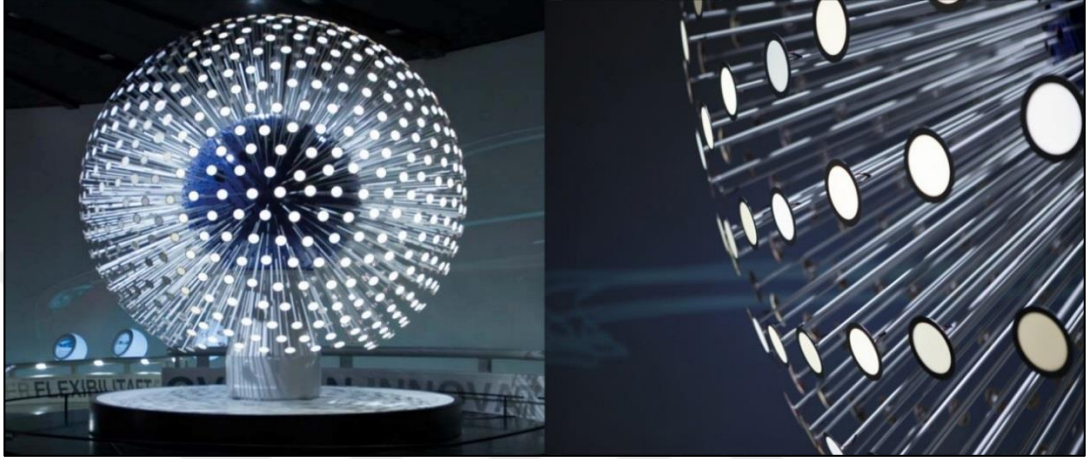
Yeni nesil aydınlatma teknolojisi OLED, aydınlatma uzmanları, aydınlatma tasarımcıları ve kullanıcılar için heyecan verici olanaklar sunmaktadır. OLED aydınlatma paneli kullanılarak birçok sanat ve ışık enstalasyonu tasarlanmıştır. Tasarım ve mimari aydınlatma mühendisliğini bir araya getiren OLED sanat ve ışık enstalasyonları konusunda uzmanlığa sahip kişiler tarafından tasarlanmıştır.

Tasarımcı Takahiro Matsuo tarafından tasarlanan "OLED Karküresi" (OLED Snowdome) ve "OLED renkli sandalye" (OLED color chair) ışık enstalasyonları 2011 yılında Tenjin, Fukuoka IMS ticaret kompleksinde sergilenmiştir. Tasarımcı, ışıltılı bir kar küresi içinde olma atmosferini ziyaretçilerine deneyimletmeyi amaçlamıştır. Ziyaretçiler tarafından oldukça beğenilen "OLED Kar küresi" ışık enstalasyonu 70 adet OLED aydınlatma paneli, "OLED renkli sandalye" ise 18 OLED aydınlatma panelinden oluşmaktadır.



Şekil 4.46. "OLED kar küresi" (OLED Snow dome) ve "OLED renkli sandalye" (OLED color chair)

Münih'teki BMW Müzesinde yaklaşık 1000 adet OLED aydınlatma paneli kullanılarak parlak bir ışık heykeli oluşturulmuştur. Ocak 2013'ün sonuna kadar "Müze Tablası" olarak adlandırılan alanda sergilenmiştir. Işık Heykeli Karahindiba "Dandelion" olarak adlandırılmaktadır. BMW araçlarıyla çevrili mekânda OLED aydınlatma panelleri görsel bir vurgu yapmaktadır.



Şekil 4.47. Dandelion ışık heykeli – Münih

Berlin - IFA 2016'da "Piksel Takımyıldızı" (Pixel Constellation) OLED aydınlatma panelleri sergilenmiştir. Jason Bruges Studio tarafından aşırı beyaz ve koyu renk zıtlıkları ifade etmek için alan boyunca dağınık olarak yerleştirilen OLED aydınlatmalar "takımyıldızı" olarak tasvir edilmiştir. 80 adet esnek OLED aydınlatma paneli 700 adet 100 mm x 100 mm kare OLED aydınlatma paneliyle birlikte tavana yerleştirilmiştir.



Şekil 4.48. "Piksel Takımyıldızı" OLED ışık enstalasyonu

2013 yılı Nisan ayında İtalya'nın Milano şehrinde bulunan çağdaş sanat müzesi Superstudiopiu'da sergilenen "Infuse" OLED ışık enstalasyonu mimar Chikara Ohno, aydınlatma tasarımcısı Izumi Okayasu ve tekstil tasarımcısı Yoko Ando tarafından tasarlanmıştır. Yumuşak ışık değerine sahip OLED aydınlatma panelleri ve sis ile ruhani bir atmosfer oluşturulmak istenmiştir. Ziyaretçiler mekân içerisine girdiğinde dinlendirici bir müzik eşliğinde OLED paneller ve sis arasında dolaşmaktadır. OLED paneller renk değiştirmektedir. Ayrıca tavandan sarkan tekstil malzemesi akıcı ve sessiz bir şekilde hareket etmektedir.



Şekil 4.49. "Infuse" ışık enstalasyonu – Milano, İtalya

Japonya - Huisch Tembosch tema parkında düzenlenen "Japon Laleleri Festivali" için 15.000 adet esnek OLED panelinden oluşan bir sanat enstalasyonu tasarlanmıştır. OLED paneller ile oluşturulan "OLED laleler" en büyük OLED enstalasyonları arasındadır.



Şekil 4.50. "OLED Lale" ışık enstalasyonu

Mimar ve tasarımcı Ron Arad ve tasarımcı Zinoo Park OLED paneller kullanarak tasarladıkları sanat enstalasyonları Eylül 2016 tarihinde Londra tasarım festivalinde sergilenmiştir. OLED aydınlatma ile ışığın bir tasarım ögesi olarak nasıl kullanılabileceğini göstermeyi hedeflemişlerdir.⁷⁷

Arad'ın "zarf" (envelope) ismi verdiği OLED sanat enstalasyonu için kare formlu OLED aydınlatma panellerinden oluşan dijital bir yüzey tasarlamıştır. Her bir OLED aydınlatma panelinin şekil ve boyutu aynıdır fakat rengi ve açısı farklı kullanılmıştır. Yüzey üzerinde harfler, cümleler, düşünceler, ifadeler ve resimler yer almaktadır.

Royal College of Art mezunu Kore'li tasarımcı Zinoo Park ise "Yörünge Aynası" olarak tanımladığı bir ışık heykeli tasarlamıştır. OLED panelleri aynalara bağlı yörünge yapısı ile birleştiren tasarımcı, sürekliliğin görsel belirsizliğini ifade etmektedir.

Zinoo Park, OLED aydınlatma tasarımcılara geleneksel aydınlatmanın sınırlamalarını göz ardı etme özgürlüğü sunduğunu ifade etmektedir. Ve doğal ışığa benzerlik ve yapısal estetiğin herkese sıcak bir his verdiğini belirtmiştir.⁷⁸



Şekil 4.51. "Zarf" ve "Yörünge Aynası" ışık enstalasyonu

⁷⁷ <http://www.osadirect.com/news/article/1787/lg-display-oleds-used-by-ron-arad-and-zinoo-park-in-inspirational-art-exhibit-at-100-design/>

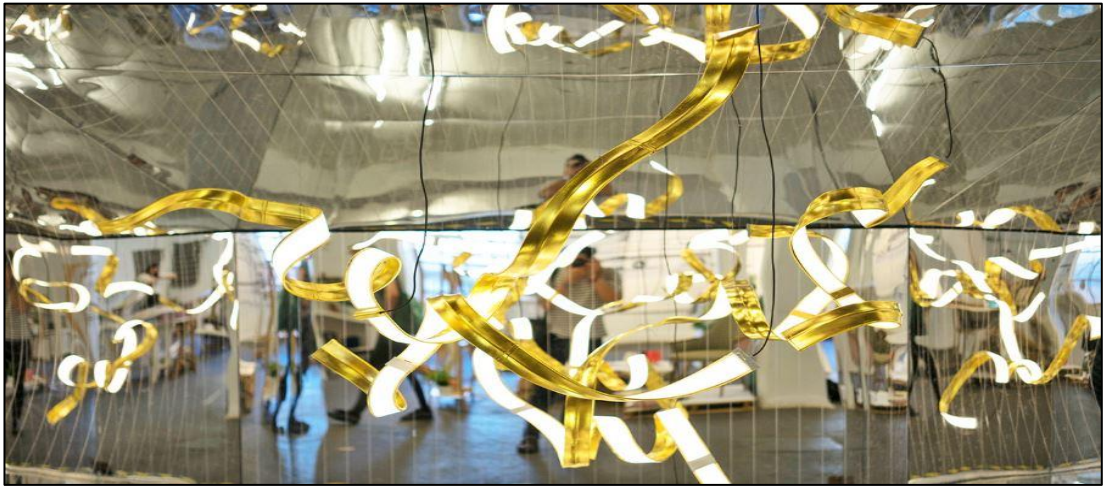
⁷⁸ <http://www.lgoledlight.com/press-release/ron-arad-and-zinoo-park-to-explore-oled-light-at-design.do>

"Forest of Evolution" enstalasyonu sanatçı Naohiko Mitsui tarafından tasarlanmıştır ve 2011 Milano Tasarım Haftası'nda sergilenmiştir. Tasarımcı Naohiko Mitsui OLED paneller ile küçük bir "doğal" orman oluşturmak istemiştir. 24 metrekarelik bir alanda oluşturulan "OLED ormanda" 9 adet OLED panel kullanılarak fütüristik bir ağaç tasarlanmıştır. OLED paneller 2.3 mm kalınlığındadır. Renk sıcaklığı 4900 Kelvindir.



Şekil 4.52. "Forest of Evolution" OLED ışık enstalasyonu

"Kurdele" (The Ribbon) aydınlatma tasarımcısı Min Sang Cho tarafından tasarlanmıştır. Esnek OLED'ler ile farklı bir tasarım oluşturmak amaçlanmıştır. OLED paneller 3D teknikleri ile basılmış daha sonra parçaların birbirine benzememesine özen gösterilerek el ile şekillendirilmiştir. Min Sang Cho "Kurdele" esnek OLED panellerin ışık yansımalarını artırmak için altın parlaklığını tercih etmiştir.



Şekil 4.53. "Kurdele" (The Ribbon) OLED ışık enstalasyonu

4.6. GELECEKTE UYGULANABİLECEK OLED İÇ MEKÂN AYDINLATMA PROJELERİ

OLED aydınlatma sistemleri 2000'li yılların sonunda hızlı bir şekilde gelişme göstermeye başlamıştır. Üretici şirketler ve üniversitelerin yaptığı araştırma ve geliştirme projeleri ile OLED aydınlatma panellerinin üretim maliyetlerinin azalacağı öngörülmektedir.

2000'li yılların sonunda sadece küçük ölçülerde OLED aydınlatma panelleri üretilebiliyorken 2020'li yıllarda büyük ölçekli OLED aydınlatma panellerini daha verimli ve ekonomik kullanmak mümkün olacaktır. Esnek ve fonksiyonel OLED aydınlatma panelleri ile sınırsız tasarımlar yapılabilmektedir.

4.6.1. GEN 5 OLED AYDINLATMA PANELLERİ

2016 yılı mart ayında yeni bir OLED aydınlatma paneli üretim tesisi yatırım yapılacağı açıklanmıştır. Planlanan tesis dünyada ilk Gen-5 (1000 mm x 1200 mm) OLED aydınlatma paneli üretim tesisi olacaktır. OLED paneller Güney Kore'nin Gumi şehrinde üretilecektir. Fabrikada ayda ortalama 15.000 cam yüzey kullanılacağı öngörülmektedir. Bu sayı piyasa durumuna bağlı olarak değişebilir. Seri üretimin 2017 yılında başlaması hedeflenmektedir.⁷⁹

Üretici şirket ekonomik ölçeği vermek için yeni tesis ile ortaya çıkan üretim maliyetini beklemektedir. Büyük cam OLED alt katman üretimi ve geniş alan OLED paneller de dahil olmak üzere farklı boyut da OLED aydınlatmayı geniş bir yelpazede üretmek mümkün olacaktır.

Gen-5 OLED panellerin kullanım alanlarına örnekler:

- Genel aydınlatma
- Bölgesel ve dekoratif aydınlatma
- Ulaşım araçları

⁷⁹ <http://www.oled-info.com/lg-display-build-gen-5-oled-lighting-fab-mass-production-expected-h1-2017>

4.6.2. YAPAY PENCERE VE ÇATI AYDINLATMASI TEKNOLOJİSİ

2017 yılı ve sonrasında şeffaf OLED panellerin entegre olduğu pencerelerin kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Gün boyunca Şeffaf OLED pencereden güneş odayı aydınlatacak gece ise tavan armatürü ya da duvar lambası çalıştırmadan, pencereden gelen ışıkla aydınlanabilmek mümkün olacaktır.

Bilim kurgu ya da fütüristik bir düşünce gibi görülen OLED yapay pencere aydınlatma ürünlerinin yakın zamanda çok yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Konut, okul ve ofisler gibi pek çok mekânda yetersiz ışık akışını kontrol etmek için bu "akıllı pencereler" kullanılabilir.

"Akıllı pencereler" aynı zamanda perde ve stor gereksinimi ortadan kaldıracaktır. OLED pencere istenildiğinde iç mekânı göstermeyen bir teknolojiye sahip olacaktır.



Şekil 4.54. Yapay pencere teknolojisi örneği

OLED akıllı pencerelerin başka bir benzer alternatif kavramı çatı pencerelerine uygulanan OLED aydınlatma panelleridir. Bu aydınlatma kaynağı tasarımcıların oldukça benzersiz görümlü ürünler oluşturmaları sağlayacaktır. Daha fazla özgürlük ve daha fazla enerji verimliliğini OLED paneller ile sağlamak mümkün olacaktır. Aynı zamanda OLED güneşten alacağı enerji ile şarj olabilecektir ve gece bu şekilde ışık elde edilebilecektir.



Şekil 4.55. Yapay çatı teknolojisi örneği

OLED pencere uçak

İngiliz inovasyon kuruluşu CPI'dan (Centre for Process Innovation) gelişen OLED teknolojisiyle uçaktaki minik pencerelerinin yerini penceresiz uçakların alacağını öngören bir simülasyon tasarlamıştır. Kabin içine yerleştirilmiş esnek ekranları kullanarak uçağın tüm gövdesi panoramik bir manzara sahip olacaktır.

OLED pencereler aynı zamanda ultra ince, yüksek çözünürlüklü televizyon ve bilgisayar ekranı olarak kullanılacaktır. Bu bağlamda yolcular OLED pencereleri interaktif 'dijital duvar kâğıdı' olarak kullanabilecektir. OLED pencerelerin her türlü kişileştirme imkânını sunması planlanmaktadır. Ayrıca kullanılacak malzemenin daha hafif ve daha dayanıklı olması zararlı gaz salınımını büyük ölçüde azaltırken, yakıt masraflarında da büyük tasarruf sağlayacağı belirtilmektedir.



Şekil 4.56. OLED pencere uçak simülasyonu

4.6.3. OLED PANEL GELİŞTİRME PROJELERİ VE OLED 100.EU

OLED panel performansının artırmak ve maliyetlerini azaltmak amacıyla aydınlatma sektöründe birçok kuruluş OLED geliştirme projeleri üzerine çalışmaktadır. 2000'li yıllarda kullanılan OLED katmanları, OLED malzemeleri, OLED üretim ekipmanları gibi unsurlar OLED panellerin maliyetini artırmaktadır. Bu bağlamda yeni malzemeler, yapılar ve süreçlerin geliştirilmesi OLED araştırmalarının öncelikli hedefi olarak söylenebilmektedir. OLED araştırma projeleri ile elde edilen gelişmeler yakın gelecekte daha geniş, esnek ve şeffaf OLED panellerin mimari aydınlatma tasarımlarında kullanılmasını sağlayacaktır.

OLED panel araştırma ve geliştirme konusunda önemli çalışmalara bazı örnekler:

"TOPAS 2012"

2010 yılının ocak ayında başlayan "TOPAS 2012" (aydınlatma sistemleri uygulamaları için bin-lümen organik fosforlu cihazlar) projesi konsorsiyum ortakları, aydınlatma çözümleri için yenilikçi malzemeler ve yeni üretim makineleri geliştirmeye odaklanmaktadır.⁸⁰ TOPAS 2012 kapsamında tavanında OLED paneller kullanılan bir araç konsepti geliştirilmiştir. OLED paneller aracın tavanına (altıgen form) yerleştirildi. Aynı zamanda şeffaf özellikte olan OLED panellerin güneş enerjisini depolayarak enerji elde etmesi üzerine çalışılmıştır.⁸¹



Şekil 4.57. "TOPAS 2012" kapsamında tavanında OLED aydınlatma kullanılan araç

⁸⁰ <http://www.ledsmagazine.com/articles/2010/01/topas-2012-consortium-targets-innovative-oled-lighting.html>

⁸¹ <https://www.basf.com/en/404.html>

"Lili"

2009 yılında "Lili" (Light InLine) OLED araştırma ve geliştirme projesi 3 yıl sürecek bir proje olarak planlanmıştır. Projede amaç OLED panel verimini artırıp, üretim maliyetini düşürmektir. Ticari kuruluşlar ve Braunschweig Teknoloji Üniversitesi işbirliğinde yapılan projede maliyet yaklaşık 7.5 milyon Euro'dur.⁸²

"NEMO"

"NEMO" (new materials for OLEDs from solutions) OLED panellerin uzun ömürlü ve daha verimli olması için yeni sistemler geliştirmeye odaklanmış Avrupa Birliği projesidir. Proje çalışmaları 2009 -2012 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Toplam maliyeti 29.000.000 € olan OLED projesi Alman hükümeti tarafından ortaklaşa finanse edilmiştir.

Projede geliştirilen yeni çözümlerin ve malzemelerin geniş alan OLED ekran ve aydınlatma panellerinde kullanılması amaçlanmıştır. Yeni fosfor malzemeleri ve artan ömür boyu kullanım (yaklaşık 200.000 saat) hedeflenmektedir. Yayıcı malzeme, yük taşıma malzemeleri ve her OLED bileşeni için güvenilir kapsülleme olanaklarının geliştirilmesinin önemi vurgulanmıştır. Tüm bu hedeflere ek olarak gelecekteki malzeme gelişmeleri hakkında daha derinlemesine bilgi elde etmek için malzemelere ve OLED bileşenlerine fiziksel testler uygulanmıştır.⁸³

"SO LIGHT"

"So light" projesi 11 Alman şirketi, eğitim kurumları ve eğitim ve araştırma Alman Bakanlığı (BMBF) tarafından desteklenmiştir. BMBF tarafından 14,7 milyon euro ayrılan OLED projesi üç buçuk yıl içinde sona ermiştir.

So-Light OLED araştırma - geliştirme projesi amacı; büyüyen OLED pazarında Almanya'nın öncü rolünü güçlendirmek için malzemeler ve bileşenler hakkında prototip çözümler geliştirmektir.

⁸² <http://www.oled-info.com/lili-project>

⁸³ <https://nemo.inf.ufes.br/projects/oled/>

Proje sonucunda yeni malzeme, süreç, optik elemanlar ve süreç entegrasyonu ile ilgili pek çok yenilikçi çözüm ortaya çıkmıştır. Bazı özel uygulamalar ayrıca otomotiv, mimari aydınlatma ve ulaşım alanlarında kullanılmak üzere prototipler geliştirilmiştir.⁸⁴

"COMBOLED"

"CombOLED", Avrupa birliği tarafından finanse edilen OLED araştırma ve geliştirme projesidir. Amacı; düşük maliyete ulaşmak ve yeni cihaz yapıları geliştirmektir. Fonksiyonel malzeme çözümleri elde etme konusunda çalışmalar yapılmıştır.

"CombOLED" projesinde, yeni cihaz yapıları ve avantajlı üretim yaklaşımlarını birleştirmek için çalışılmıştır. CombOLED'de şeffaf OLED için düşük maliyetli yüzeyler ve ince film kaplama çözümleri geliştirilmesi planlanmıştır.

"OLED100.eu"

"OLED100.eu" iç mekân aydınlatması konusunda en kapsamlı OLED araştırma ve geliştirme projesi olarak örnek verilebilmektedir. 1 Eylül 2008 tarihinde - 31 Ağustos 2011 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

"OLED100.eu" "Avrupa topluluğu yedinci çerçeve programı" tarafından desteklenen entegre bir araştırma projesidir. Avrupa birliği "AB" tarafından finanse edilmiştir.

Avrupa'daki aydınlatma uygulamaları ve OLED teknolojilerinin gelişimini hızlandırmak için aydınlatma sektörünün önde gelenleri ve akademik kuruluşlardan uzmanlar (altı Avrupa ülkesi ve on beş firma ve araştırma enstitüleri) bir konsorsiyumla araya gelmiştir. Araştırmaya göre; dünyada elektrik tüketiminin yaklaşık % 20'si aydınlatma kullanımında harcanmaktadır. Bu bağlamda eğer OLED paneller geleneksel ışık kaynaklarının yerine kullanılırsa oldukça büyük oranda enerji tasarrufu sağlanacaktır.⁸⁵

⁸⁴ <http://www.ledsmagazine.com/articles/2013/02/german-oled-project-so-light-concludes.html>

⁸⁵ <http://www.ledsmagazine.com/articles/2011/11/european-oled100-eu-research-project-celebrates-successful-conclusion.html>

Ayrıca OLED panellerin mimari fonksiyonel tasarım özellikleri bu yeni nesil teknolojiyi geliştirme sebepleri arasında önemli bir faktör olarak gösterilmektedir. OLED100.eu projesi kapsamında 12.500.000 euro fon alınmıştır.

OLED100.eu projesi beş ana hedefe odaklanarak genel aydınlatma endüstrisi için verimli OLED uygulamalarının teknolojik bazda geliştirilmesi üzerinde çalışmıştır:

- Yüksek güç etkinliği (100 lm / W)
- Uzun ömür (100.000 saat)
- Geniş alan (100 x100 cm²)
- Düşük maliyet (100 Euro / m²)
- Ölçüm standardizasyon / uygulama araştırmaları

OLED100.eu projesi kapsamında ölçekli ofis ve konut odası modelleri kullanılarak kullanıcıların estetik algıları deneyler ile test edilmiştir. Test sonucu 2009 yılında raporlanmıştır. Testler; 31 kadın ve 30 erkek denek içermektedir. Denekler yaş cinsiyet ve uzmanlık alanı gibi farklı gruplara ayrılmıştır. Örneğin yaş grubu olarak 2 ayrı grup oluşturulmuştur. Birinci grup 18-27 yaş arasındaki 29 kişi ve ikinci grup 27-55 yaş arasında 32 kişiden oluşmaktadır.

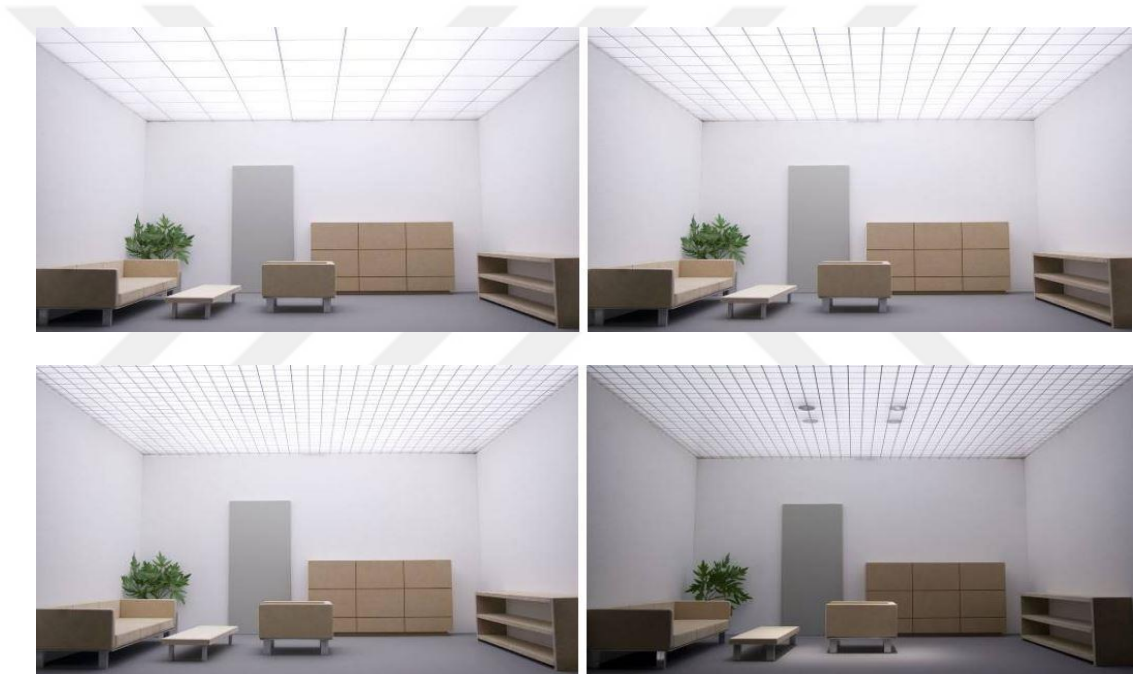
İç mekân modellerinde OLED aydınlatma panel senaryoları için farklı formlar ve renk sıcaklıkları belirlenmiştir.

Renk sıcaklıkları çalışmasında; anket sonuçlarına göre sonuçlar 3000K ve 4000K renk sıcaklıklarının gelecekte en çok tercih edilen OLED aydınlatma paneli renk sıcaklığı olacağı sonucuna ulaşılmıştır. 6500K renk sıcaklığının denekler tarafından tercih edilmediği ve olumlu karşılanmadığı anket sonuçlarında görülmektedir.



Şekil 4.58. Konut iç mekân - OLED renk sıcaklıkları senaryosu - 3000K (sol üst), 4000K (sağ üst), 6500K (sol alt), 4000K

Diğer bir çalışmada ise farklı boyuttaki OLED panellerin iç mekân algısında ki önemi test edilmiştir. 60 cm x 60 cm - 30 cm x 30 cm ve 15 cm x 15 cm boyutlarında OLED panel tavan modelleri ile deneklere sorular yöneltilmiştir. Tüm modellerde, 4000K renk sıcaklığı kullanılmıştır. OLED panel biçimi ile ilgili tercihler çoğunlukla 30 cm x 30 cm OLED panel ölçüsünde olmuştur. Çalışma alanları için en çok tercih edilen OLED panel boyutunun 30 cm x 30 cm ve 60 cm x 60 cm sonucu ortaya çıkmıştır. Konut modelinde; istatistiksel testler sonucunda OLED tavan parlaklığı 100 cd/m² ise OLED panel boyutlarının estetik tercihlerde önemli bir etkisi olmamaktadır. Fakat yüksek tavan parlaklığı seviyeleri için (300 cd/m² ve 1000 cd/m²) 30 cm x 30 cm OLED panel tercih edilmiştir.⁸⁶

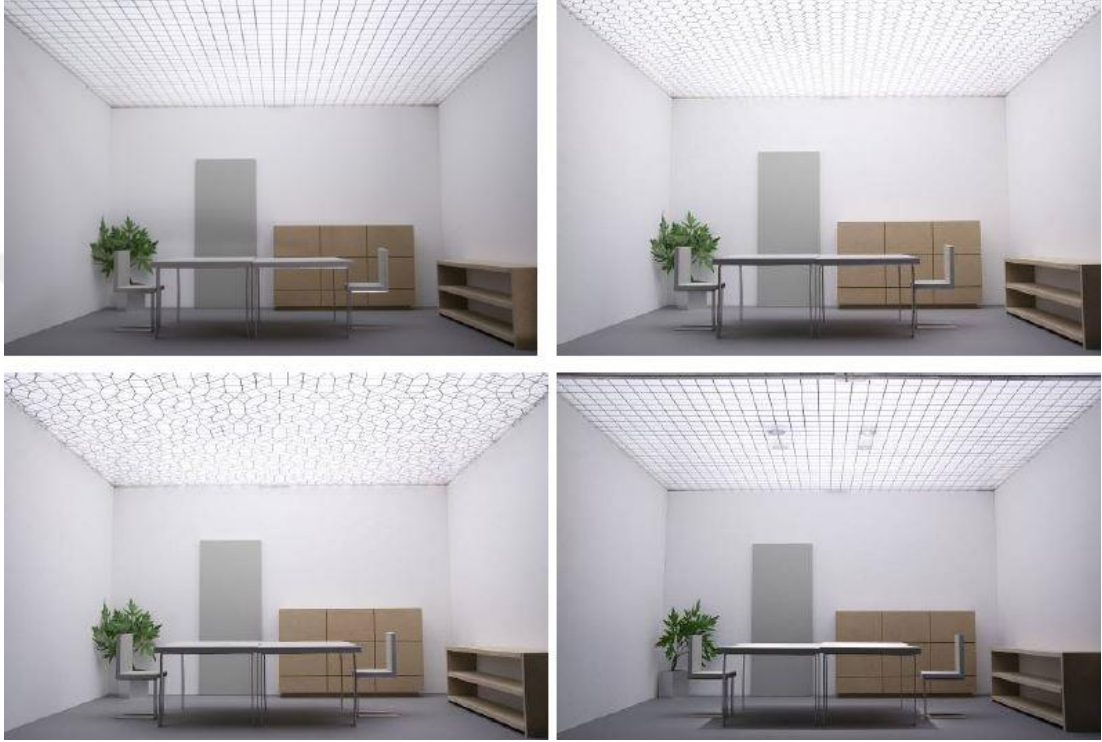


Şekil 4.59. Konut iç mekan OLED panel boyutları - 60 x 60 cm² panel (sol-üst), 30 x 30 cm² panel (sağ-üst), 15 x 15 cm² panel (sol-alt), 15 x 15 cm² panel (under TLM conditions) (sağ-alt)

Farklı OLED panel biçimleri; kare, altıgen ve dekoratif şekilli panel ofis modelinde kullanılmıştır. Paneller 15 cm x 15 cm kenar uzunluğuna sahiptir ve tüm modellerin renk sıcaklığı 4000 Kelvin'dir. İstatistiksel test sonuçlarında kullanıcılar OLED panelin estetik tercihlerinde çok önemli bir fark olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

⁸⁶ <http://www.oled-info.com/european-oled100-eu-research-project>

OLED tavan düşük parlaklık seviyesinde iken (100 cd / m²) kare formlu OLED panel tercih edildi. Altıgen ve dekoratif şekiller denekler tarafından olumsuz karşılandı. Buna karşılık, daha yüksek parlaklık seviyelerinde bu farklı tercihi ortadan kaldırmıştır. Tüm OLED panel formları estetik beğeni açısından olumlu sonuç almıştır.⁸⁷



Şekil 4.60. Ofis OLED panel modelleri - kare panel (sol üst), altıgen panel (sağ üst), dekoratif panel (sol alt), kare panel (sağ alt)

OLED100.eu estetik algı durum değerlendirmeler raporu OLED aydınlatma panelinin kullanıcılar tarafından olumlu karşılandığı ve iç mekânda kullanılabilirliği sonucu çıkarılmıştır. Daha ileri aşamalarda büyük ölçekli uygulamalarda teknik gereklilikler (şekiller, boyutlar) belirlenmiştir. Çalışma OLED panellerin geliştirilmesi için öncü bir rol oynamaktadır. Örneğin estetik tercihler; istenilen panel formu ve renk sıcaklığı, kişilerin hangi parlaklık seviyelerinden etkilendiği testler sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu rapor, OLED için bazı tasarım önerileri üretmiştir.⁸⁸

⁸⁷ OLED100.eu Project Report.pdf

⁸⁸ A.g.i.k.

"OLED100.eu" araştırma ve geliştirme projesi sonucunda; 2011 yılına kadarki en büyük OLED aydınlatma paneli geliştirildi. 33 cm x 33 cm boyutlarında ki OLED panel 1000 cd/m – 27lm/W özelliğe sahiptir.⁸⁹

Paneller Gen-2 çizgisinde imal edilmiştir. OLED100.eu gösterdiği geniş alan OLED armatür 33 cm × 33 cm içeren mağaza aydınlatma uygulamaları için optimize edilmiştir.



Şekil 4.61. 33 cm x 33 cm OLED panel mağaza aydınlatma projesi

Genel amacı OLED enerji verimliliğini ve ömrünü artırmak olan OLED100.eu araştırma ve geliştirme projesi estetik algı - durum çalışmaları ile kullanıcıların estetik beğenilerini OLED aydınlatmayı iç mekân kullanımında hangi özelliklerle tercih edip etmeyeceklerini belirlemiştir. Sonuç olarak, OLED100.eu araştırma konsorsiyumu projenin gelecekte Avrupa'da yapılacak olan OLED aydınlatma uygulamaları için öncü bir rol oynadığını belirtmiştir.⁹⁰

4.7. İÇ MEKÂN TASARIMINDA OLED AYDINLATMA ÖNERİLERİ

OLED aydınlatma öncelikle Japonya ve Çin daha sonra Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde iç mekân aydınlatma tasarımında kullanılmaya başlandı. OLED renk tutarlılığı ve zararlı maddeler içermemesi gibi olumlu özellikleri sebebiyle müze ve mağaza aydınlatmalarında tercih edilmektedir. Buna ek olarak, OLED panellerin ve OLED armatürlerin esneklik fonksiyonu iç mekân tasarımında kullanımının yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

⁸⁹ OLED100.eu Project Report.pdf

⁹⁰ A.g.i.k.

OLED aydınlatma panelleri 2010'lu yıllarda yüksek maliyeti sebebiyle belirli ölçülerde kullanılabilmiştir. Ancak geliştirilen yeni üretim teknikleri ve malzemeler ile gelecekte OLED aydınlatma panelleriyle sınırsız tasarım uygulamaları yapılabilmesinin mümkün olacağı öngörülmektedir. Örneğin OLED aydınlatma ile kaplanmış bir zemin ya da OLED aydınlatma paneli ile kaplanmış mobilyalar iç mekân tasarımında yerini alabilecektir. Aynı zamanda OLED aydınlatma kullanılarak etkileşimli kişileştirilebilir mekânlar tasarlamak mümkündür. İç mekânda dijital bilgisayar teknolojisi ile kişilerin isteğine göre değişim gösteren farklı atmosferler oluşturmak mümkün olabilecektir. Akıllı ev sistemlerinde tercih edilebilmektedir.

OLED teknolojisinin pencere, çatı penceresi, tavan, zemin, duvar ve mobilya uygulamaları hakkında öneriler;

İç mekânda OLED aydınlatma paneli ile pencere ve çatı aydınlatması önerileri:

Gelecek yıllarda daha geniş alanlarda OLED aydınlatma tasarımı yapılabilecektir. OLED teknolojisi ile gündüz şeffaf cam olan bir pencere veya çatı gece aydınlatmaya dönüşebilmektedir. Şekildeki örnekte OLED aydınlatma ile kullanılmış çatı penceresi uygulamasına sahip bir kafe tasarımı önerisi görülmektedir. OLED hava kararmasını veya aydınlanmasını algılayan akıllı sensörlere sahiptir.



Şekil 4.62. Gündüz - OLED çatı penceresi uygulaması önerisi



Şekil 4.63. Gece - OLED çatı penceresi uygulaması önerisi

Alışveriş merkezi pencerelerinde kullanılan OLED aydınlatma panelleri ile gündüz gün ışığı ile aydınlatma sağlanırken gece geniş alan OLED pencere panelleri kullanılmaktadır. OLED panelin düzlemsel yapısı ile ışık homojen bir şekilde dağılmaktadır. Rahatsız edici parlamalar ve gölgeler oluşmamaktadır.



Şekil 4.64. Alışveriş merkezi - OLED yapay pencere aydınlatması önerisi



Şekil 4.65. Sınıf - OLED aydınlatma çatı penceresi önerisi

İç mekânda OLED panel ile tavan aydınlatması önerileri:

Esnek geniş alan OLED paneller ile iç mekânda istenilen biçimi ve formu tasarlayabilmek mümkündür. Şekil 4.66'da tavanda esnek geniş alan OLED kullanılmış havuz iç mekân yapay aydınlatma önerisi görülmektedir.



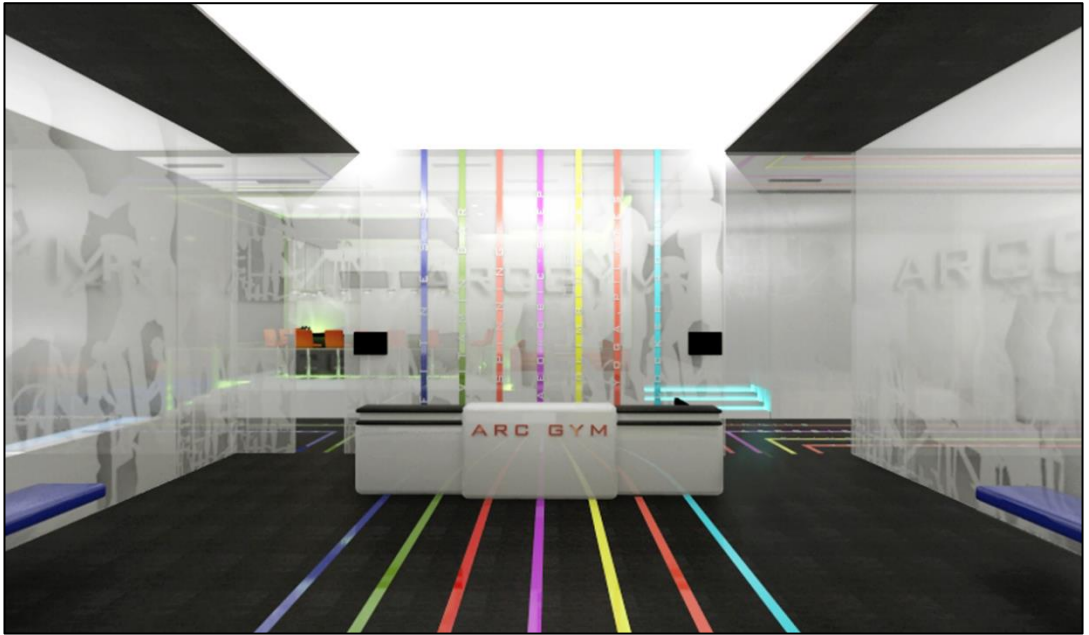
Şekil 4.66. Havuz - OLED tavan aydınlatması önerisi

Şekil 4.67'de geniş alan OLED panel tavan aydınlatması kullanılmış sınıf iç mekan yapay aydınlatma önerisinde duvar yüzeyinde dokunmatik sensörlü OLED teknolojisi kullanılmıştır. OLED teknolojisine sahip duvar yüzeyi istenildiğinde bir bilgisayar ekranı, yazı tahtası veya aydınlatmaya dönüşebilmektedir.



Şekil 4.67. Sınıf - OLED tavan aydınlatması önerisi

Şekil 4.68'de spor salonu tasarımında geniş alan OLED tavan aydınlatması yanı sıra zeminde renkli OLED şerit paneller kullanılmıştır.



Şekil 4.68. Tavan ve zeminde OLED panel kullanımı önerisi

İç mekânda OLED aydınlatma paneli ile zemin aydınlatması önerileri:

OLED aydınlatma panelleri zeminde birçok amaca yönelik kullanılabilir. Şekil 4.69.'da merdiven basamağına entegre edilen OLED paneller görülmektedir. Paneller sensor yardımıyla aydınlatma sağlamaktadır. Şekil 4.70.'da zeminde kaplanmış şeffaf OLED paneller kapalı ve açık konumda kullanılabilmektedir. Ayrıca istenilen Kelvin derecesinde renk sıcaklığı elde etmek mümkündür.



Şekil 4.69. Merdiven - OLED aydınlatması önerisi



Şekil 4.70. Tavan ve zeminde OLED aydınlatma uygulaması önerisi

İç mekânda OLED aydınlatma paneli ile duvar aydınlatması önerisi:

OLED teknolojisinin gelişmesi ile duvar yüzeyinde düz veya eğimli kullanılabilen OLED paneller çok geniş tasarım imkânları sunmaktadır. Paneller kare, dikdörtgen ve daire gibi pek çok formda duvar ve zemine kolay bir şekilde entegre edilebilmektedir.



Şekil 4.71. OLED duvar ve zemin paneli ile aydınlatma önerisi



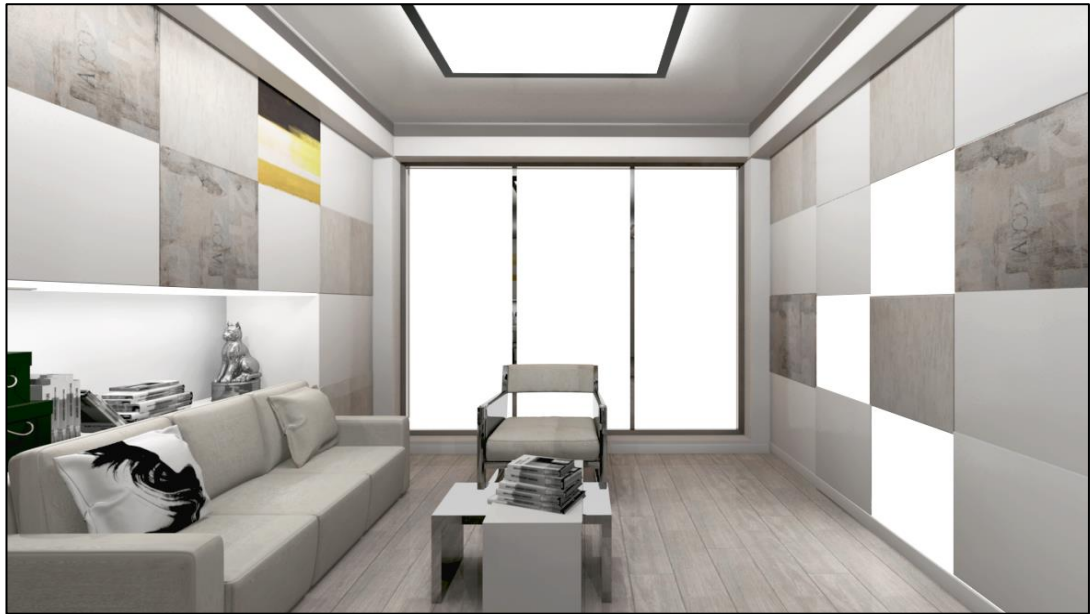
Şekil 4.72. OLED duvar paneli ile aydınlatma önerisi

OLED aydınlatma teknolojisi ile etkileşimli iç mekân önerileri:

Yakın gelecekte OLED teknolojisi ile iç mekân atmosferini değiştirmek veya ihtiyaca yönelik fonksiyonel çözümler sunmak mümkün olacaktır. Şekil 4.73. - 4.74. ve 4.75.'de Kelvin derecesi, parlaklığı, rengi değişilebilen tavan, duvar ve pencere yüzeyi kullanılmıştır. OLED duvar yüzeyi dokunmatik sensor ile değişebilmektedir ve televizyon, bilgisayar, aydınlatma ve ayna gibi farklı fonksiyonlara sahiptir.



Şekil 4.73. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar



Şekil 4.74. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar



Şekil 4.75. OLED dijital duvar yüzeyi ve tavan önerisi

Geniş alan OLED ayna paneller fonksiyonel ve dekoratif çözümler sunmaktadır. Mağaza tasarımıda kullanılan OLED ayna paneller iç mekânda aydınlatma sağlarken aynı zamanda üzerindeki dijital gösterge ile giysiler hakkında bilgi vermektedir ve ayna olarak kullanılabilir.



Şekil 4.76. Geniş alan OLED ayna paneller ile mağaza önerisi

İç mekânda OLED aydınlatma paneli ile mobilya kaplama önerileri:

OLED aydınlatma panelinin ince yapısı ve düşük çalışma sıcaklığı (yaklaşık 30 derece santigrat) mobilyalara veya tekstil ürünlerine zarar vermeden entegre edilebilmesini sağlamaktadır.



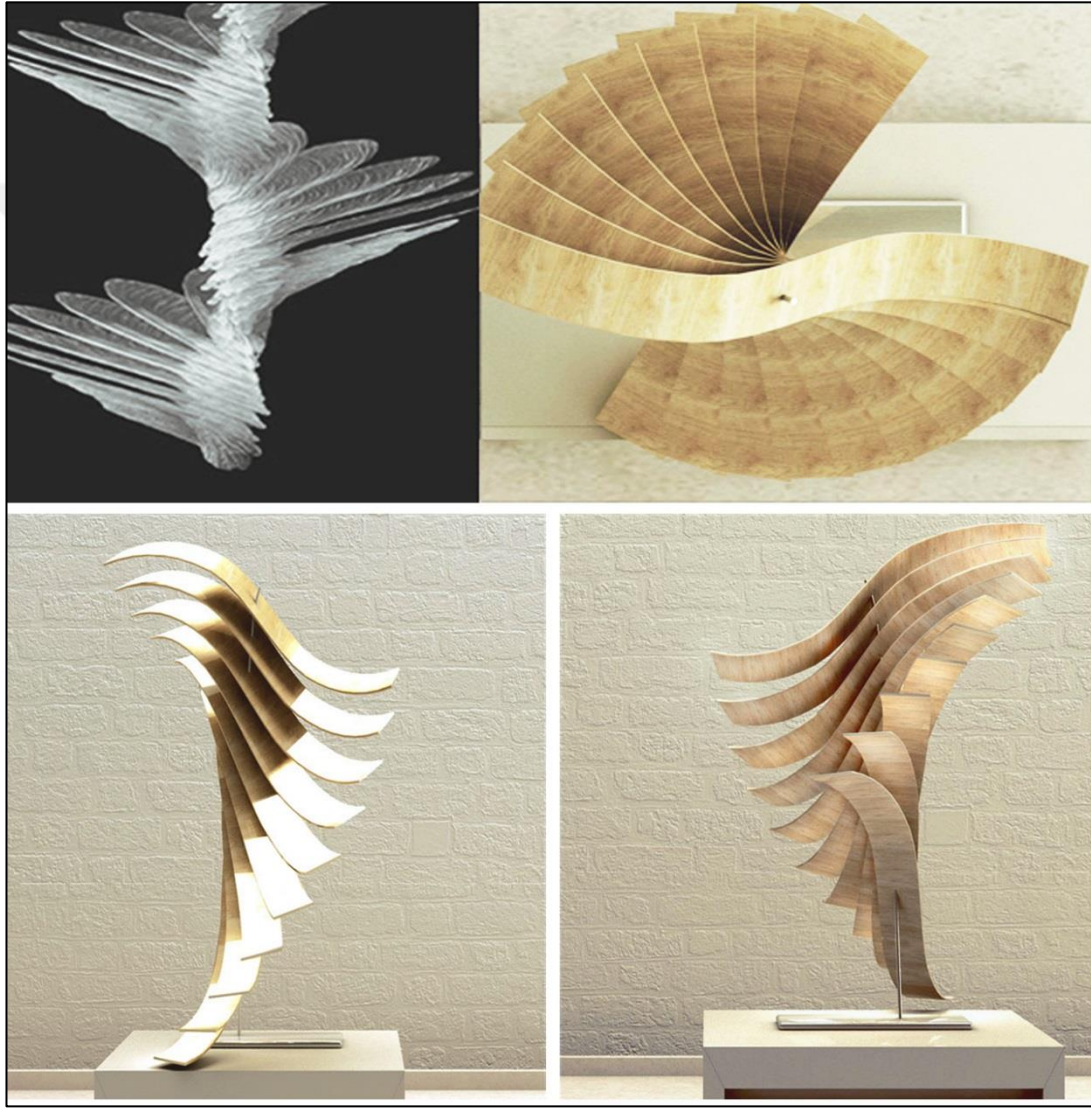
Şekil 4.77.Sanat Galerisi / Mdf Paneller Üzerine OLED aydınlatma uygulaması önerisi



Şekil 4.78. Pencerede ve mobilyada OLED aydınlatma önerisi

OLED aydınlatma armatürü önerisi:

Akçaağaç tohumu olan "samara" bitkisinin helikopter pervanesini andıran dinamik görüntüsünden yola çıkılarak tasarlanan OLED armatürde esnek MDF levhalar üzerinde 20 adet 200 mm X 50 mm OLED aydınlatma paneli kullanılmıştır. Aydınlatma armatürü heykelsi yapısıyla dekoratif bir görünümde dir. İstenildiğinde açılıp kapanarak biçim değiştirebilmektedir.



Şekil 4.79. Samara - OLED aydınlatma armatürü

5. SONUÇ

Aydınlatma tarih boyunca mekân tasarımının en önemli konularından biri olmuştur. Doğal aydınlatmanın yetersiz olduğu durumlarda görsel konfor koşulları ve estetik değerler çerçevesinde yapay aydınlatma kullanılmaktadır. İç mekân tasarımında istenilen atmosferi elde etmek için ihtiyaca uygun yapay aydınlatma kaynağı tercih edilmelidir. Mekân ışıkla dinamikleşir veya durağanlaşır, mekânı saran ışık o mekânın en önemli kimliklerinden biridir.

Yapay aydınlatma kaynakları tarih öncesi çağlardan 21. yüzyıla sürekli gelişerek ve değişerek farklı formlar almaya başlamıştır. 19. yüzyılda akkor telli lamba ile başlayan yapay aydınlatma teknolojisinde her geçen gün daha verimli, daha fonksiyonel ve mimari açıdan estetik çözümler üretilebilmektedir.

21. yüzyılda iç mekân yapay aydınlatma tasarımında kullanılan ısı ışıma ve ışıl kaynakların yerine fiber optik aydınlatma ve LED teknolojisinden oluşan yeni nesil sistemler tercih edilmeye başlanmıştır. LED teknolojisi olarak adlandırılan katı hal aydınlatmalar geleneksel aydınlatma kaynaklarından farklı özelliklere sahiptir.

Katı hal aydınlatma teknolojisi ışık saçan diyotlar (LED) ve organik ışık saçan diyotlar (OLED) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. LED aydınlatma yarı iletken bir malzemelerden elde edilen LED çipi ve ışığın belirli bir yöne doğru yayılması sağlayan yansıtıcı elemanlardan oluşmaktadır. LED aydınlatma noktasal bir ışık kaynağıdır. LED aydınlatma iç mekân, dış mekân, ulaşım ve sanayi gibi pek çok alanda kullanılabilir. OLED aydınlatma ise oldukça ince yarı iletken organik katmanlardan oluşan düzlemsel bir ışık kaynağıdır.

Geleneksel lambadan oldukça farklı yapıdaki OLED aydınlatma ortalama 2 mm inceliğindedir ve organik yüzeylerden oluşmaktadır. 2010'lu yıllarda kullanım süresi ortalama 20.000 saat iken 2020'li yıllarda 100.000 saat üzerinde kullanım süresi

hedeflenmektedir. OLED aydınlatma panelleri düzlemsel yapısı nedeniyle ışığı homojen bir şekilde yaymaktadır.

2007 yılı ve sonrasında aydınlatma alanında hızla gelişim gösteren OLED paneller iç mekân tasarımında yerini almaya başlamıştır. Birçok olumlu özelliğine karşın aydınlatma sektöründe kullanımının az olmasının ana unsuru yüksek maliyetidir. OLED aydınlatma panel üretiminde kullanılan organik malzemeler geliştirilmesiyle 2017 yılı ve sonrasında OLED panellerin daha düşük maliyetle aydınlatma sektöründe yer alması hedeflenmektedir.

Maliyetlerin düşmesi ve yeni üretim yöntemlerinin gelişmesi ile 2016 yılında 320 mm x 320 mm olan en büyük kare OLED aydınlatma paneli ölçüsü 2017 yılı sonrasında 1000 mm x 1200 mm olması hedeflenmektedir. Böylece daha geniş alanlarda aydınlatma uygulamaları yapılabilecektir. Aynı zamanda geliştirilen malzemeler ile OLED aydınlatmanın parlaklığının artması da öngörülmektedir. Bu bağlamda daha geniş alanları homojen bir şekilde aydınlatılabilmek mümkün olacaktır.

Gelecekte OLED aydınlatma panelleri geleneksel aydınlatma kaynaklarına göre mimarlar ve tasarımcılar için çok daha fazla kolaylık, tasarım özgürlüğü sürdürülebilirlik imkânı sunacaktır. Konut, ofis, mağaza, hastane, eğitim yapıları, kütüphane gibi pek çok mekânda OLED aydınlatma yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayacaktır. Ayrıca otomobil, otobüs, tren ve uçak vb. ulaşım araçlarının iç mekân aydınlatmalarında OLED panel önerileri geliştirilmeye başlanmıştır.

İç mekân tasarımında sınırsız özgürlüğe sahip olan OLED aydınlatma panelleri; pencerelerde, çatı pencerelerinde, tavanda, duvarda ve bölme duvarda, zeminde, merdivende, mobilyada, dekoratif aydınlatma uygulamalarında kullanılabilmek mümkün olacaktır. Aynı zamanda gelişen teknoloji ile OLED döşemelik bir kumaş olarak da rahatlıkla kullanılabileceği öngörülmektedir.

2020'li yıllarda bir konut iç mekân yapay aydınlatmasında pencere camı yerine, şeffaf OLED aydınlatma paneller kullanmak mümkün olacaktır. Mekân OLED pencere ile gündüz gün ışığı alırken gece ise herhangi bir armatür gereksinimi duyulmaksızın aydınlanabilecektir. Aynı durum mekânda var olabilecek çatı pencereleri içinde geçerlidir. Şeffaf OLED panellerin; elektronik kontrol sistemi renk sıcaklığı değerleri değiştirilebilir ve böylece gün ışığının kolaylıkla taklit edebilmesini sağlanmaktadır.

Özellikle az gün ışığı alan İskandinav ülkeleri gibi bölgelerde OLED teknolojisinin gelişimi büyük önem taşımaktadır. OLED pencere ve çatı aydınlatma panelleri aynı zamanda gün ışığı ile şarj edilebilme özelliğine sahiptir. Bu bağlamda önemli bir enerji tasarrufu sağlayabilmek mümkündür.

OLED teknolojisini geniş OLED paneller ile tavan aydınlatması olarak kullanmak mümkündür. Homojen ışık yayma özelliği ile rahatsız edici parlamalar olmadan ve daha az gölge ile görsel konfora uygun bir aydınlatma tasarımı elde edilmektedir. Tavanda kullanılan OLED paneller sadece düz formda değil istenilen eğim verilerek tavana kaplanabilmektedir. Ayrıca kare, çokgen gibi geometrik biçimlerde karolar ile tavanda istenilen tasarımı oluşturmak mümkündür.

İç mekânda bir diğer OLED aydınlatma uygulama alanı zemin ve duvarlardır. OLED aydınlatma uygulamaları ile geniş bir alanı kaplamak mümkünken aynı zamanda ince şeritler ile bir yönlendirici görevinde veya dekoratif bir öge olarak kullanılabilir. Zemin ve duvarlarda kullanılan OLED aydınlatma panelleri sensor yardımıyla hareketi algılayarak renk değiştirmesine ve mekânda farklı atmosfer oluşmasına olanak sağlamaktadır.

OLED aydınlatma panellerin ince ve esnek yapısı ile metal ve cam gibi diğer malzemeler ile kolay uyum sağlama özelliğine sahiptir. Az ısı üretmesi de büyük bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. OLED paneller mağaza rafı veya vitrin aydınlatması için oldukça kolay uyum sağlayan bir yapıdadır. Ayrıca istenilen parlaklık ayarlanarak mobilyaların üstü kaplanabilmektedir. Bir uzay yolu filminde hissettiren fütüristik bir atmosfer oluşacaktır.

Duvar kaplamalarındaki seramik karolar gibi OLED paneller ile de farklı iç mekân tasarımı çözümleri geliştirilebilmektedir. Dijital kontrol sistemi ile değişen desenler ve farklı parlaklıklar elde etmek mümkündür. Aynı zamanda bu kontrol sistemleri ile OLED aydınlatma mekân içinde biçim değiştirebilmektedir. OLED aydınlatma esnek yapısı ile tekstil malzemeleri ile kolay uyum sağlamaktadır. OLED paneller kumaşa entegre edilebilmektedir. Gelecekte ise üretilecek OLED fiberler ile dokunan OLED kumaşların üretilebileceği öngörülmektedir. Böylece çok daha esnek geniş alan aydınlatma kaynağı elde edilebilecek veya dekorasyonda kullanılacaktır.

Sonuç olarak, 2020'li yıllarda OLED aydınlatma panelleri tarafından sağlanan birçok tasarım seçeneği ile iç mekân tasarımında istenilen atmosferi elde etmek ve birçok çözüm üretmek mümkün olacaktır. Gelecekte rulodan ruloğa üretim şeklinin gelişmesiyle OLED aydınlatma panellerinde büyük bir gelişim yaşanacaktır. OLED teknolojisi birçok aydınlatma uygulamasında tasarımcılar ve mimarlar için sadece hayal gücü ile sınırlandırılabilen çözümler sunacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] **Sirel, Ş.**, 2001. Aydınlatma ve Mimarlık
- [2] **Sirel, Ş.**, 1992. Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, Aydınlığın Niteliği.
- [3] **YFU**, Aydınlatma Tekniği Seminer Notları, 2007. s. 30.
- [4] **Corbusier, L.**, Towards a New Architecture, 1927.
- [5] **YFU**, Aydınlatma Tekniği Seminer Notları, 2007, syf 1, 23
- [6] **Sirel, Ş.**, 2001. Aydınlatma ve Mimarlık Jones, ekniği Seminer Notları, 2007, syf 1, 23
- [7] **Jones, F. H.**, Arhcitectural Lighting Design, Crisp Pub., Los Altos, Cali, 1989, s:43-59. aktaran Kazanasmaz T., Müzelerin Aydınlatma Tasarımı-ODTÜ Müzesi
- [8] **Şerefhanoglu Sözen, M.**, Aydınlatma Tasarımında Mimarın ve Elektrik Mühendisinin Rolü, İstanbul
- [9] **Göker, K.M.**, 2002 “İçmimarlık-Tasarımında Aydınlatma; Ilke-Sistem Tasarım-Bağıntısı, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi GSE, İstanbul.
- [10] **Coles, J., House, N.**, 2014. İç Mimarlığın Temelleri, 2. Baskı, Literatür Kitabevi.
- [11] **Rasmussen, S. E.**, 2014, Yaşanan Mimari, 6. Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.
- [12] https://www.ted.com/talks/rogier_van_der_heide_why_light_needs_darkness
- [13] **Brooker, G., Stone, S.**, İç Mimarlık Temelleri, İç Mimarlıkta Bağlam + Çevre, Literatür Yayınları
- [14] **Phillips D.**, 2004. Daylight – Natural Light in Architecture, Architectural Press, Burlington.
- [15] **Sirel. Ş.**, 2008. İç Mekanlarda Güneşliği Kullanımı
- [16] **Hasol, D.**, 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul.
- [17] **Coles, J., House, N.**, 2014. İç Mimarlığın Temelleri, 2. Baskı, Literatür Kitabevi.
- [18] <http://docplayer.biz.tr/713375-Aydinlatma-teknigi-ders-notlari.html>
- [19] **Sirel, Ş.**, 1992. Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü Yayınları.
- [20] **Altuncu, D.**, 2007. Restoran ve Bar İşlevi Kazandırılmış Tarihi Mekanlarda Yapay Aydınlatmayla Atmosfer Yaratma, MSGSÜ FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [21] **Sirel, Ş.**, 2012. Aydınlatma Sözlüğü Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, s. 36.
- [22] **Sirel, Ş.**, 2012. Aydınlatma Sözlüğü Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, s. 35.

- [23] **Şerefhanoglu Sözen, M.**, 1972. Konutlarda Aydınlatma, Karaca Basımevi, İstanbul.
- [24] **Altuncu, D.**, 2007. Restoran ve Bar İşlevi Kazandırılmış Tarihi Mekanlarda Yapay Aydınlatmayla Atmosfer Yaratma, MSGSÜ FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [25] **Fitöz, İ.** Aydınlatma Ders Notları, M.S.G.S.Ü.
- [26] **Sirel, Ş.**, 1997. Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, T.D.K. Yayınları.
- [27] 2007. Aydınlatma Tekniği Seminer Notları.
- [28] <http://www.lamp83.com.tr/teknik-bilgiler/> (Erişim: Mart 2016)
- [29] **Sirel, Ş.**, 1997. Aydınlatma Sözlüğü YEM Yayınları.
- [30] **Altuncu, D.**, 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul
- [31] **Altuncu, D.**, 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul
- [32] **Altuncu, D.**, 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul
- [33] **Altuncu, D.**, 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul
- [34] **Altuncu, D.**, 2008. Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastane Örneğinde Kullanımı ve Yatan Hasta Kat Koridorları İçin Bir Aydınlatma Sistemi Önerisi, MSGSÜ FBE, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul
- [35] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/induksiyon-lambalari-en-uzun-omurlu-lambalar/8945#ad-image-0>
- [36] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/induksiyon-lambalari-en-uzun-omurlu-lambalar/8945#ad-image-0> (Erişim: Mart 2016)
- [37] **MEGEP**, 2007. Elektrik Elektronik Teknolojisi, İç Aydınlatma Tesisatları, Ankara.
- [38] Aydınlatma Tekniği Ve Laboratuvarı Deney Kitabı, 2016. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
- [39] **Ağiroğlu, O.**, 2006. Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, GAZİ FBE, Ankara.
- [40] **Ağiroğlu, O.**, 2006. Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, GAZİ FBE, Ankara.
- [41] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/induksiyon-lambalari-en-uzun-omurlu-lambalar/8945#ad-image-0>
- [42] http://www.lamp83.com.tr/images/dokumanlar/2014062401-Giris_41sayfa.pdf
- [43] <http://pldturkiye.com/yanlis-bilinen-10-led-gercegi/> (Erişim: Nisan 2016)

- [44] <http://www.silisyum.net/htm/led/led-kiliflari.html/4> (Erişim: Nisan 2016)
- [45] **Nalçacıgil, Z.**, 2011. Perylene Türevi Organik Yarıiletken İnce Filmlerin Optik Özelliklerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi FBE, Yüksek Lisans Tezi, Konya
- [46] **Karzazi, N.**, 2014. Organic Light Emitting Diodes: Devices and applications
- [47] http://www.oled-info.com/tags/manufacturing_equipment (Erişim: Nisan 2016)
- [48] <http://www.pclabs.com.tr/>
- [49] DOE Solid-State Lighting Program, "R&D Plan, Bardsley Consulting, SB Consulting, SSSL, Inc., LED Lighting Advisors, and Navigant Consulting, Inc., Mayıs 2015.
- [50] **Kahraman, M. D.**, 2015. İnsan İhtiyaçları ve Mekansal Elverişlilik Kavramları Perspektifinde Yaşanılabilirlik Olgusu ve Mekansal Kalite, Derleme, İTÜ Şehir Bölge Planlaması Bölümü, İstanbul.
- [51] **Norberg-Schulz, C.**, 1971. Existence, Space & Architecture, Studio Vista, London.
- [52] **Öztürk, B.**, 2007. İmgesel Aritmetik Yöntemiyle Mekan Tasarımı ve Bir Tasarım Örneği, Sanatta Yeterlilik Tezi, MSGSÜ FBE, İstanbul.
- [53] **Zevi, B.**, 2015. Mimarlığı Görebilmek, Daimon Yayınları, İstanbul.
- [54] <http://www.tdk.gov.tr>
- [55] **Hasol, D.**, 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.
- [56] **Onat, E.**, 2010. Mimarlık, Form ve Geometri, 3. Baskı, Efil Yayınevi, Ankara.
- [57] **Yürekli, F.**, 2011. Mimarlık Mimarlığımız 3. Baskı. Y.E.M. Yayınevi, s. 10, İstanbul.
- [58] **Zevi, B.**, 2015. Mimarlığı Görebilmek, Daimon Yayınları, İstanbul.
- [59] **Hasol, D.**, 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.
- [60] **Aydınlı, S.**, 1986. Mekansal Değerlendirmede Algısal Yargılara Dayalı Bir Model. Doktora Tezi, İ.T.Ü. FBE, İstanbul.
- [61] **Lang, J.**, 1987. Creating Architectural Theory, The Role of Behavioral Sciences in Enviromental Design, Van Nostrand Reinhold, New York, s. 86-110.
- [62] **Kuban, D.**, 1980. Mimarlık Kavramları Mimarlığın Kuramsal Sözlüğüne Giriş. Çevre Yayınları, İstanbul.
- [63] **Soygeniş, S.**, 2006. Mimarlık Düşünmek Düşlemek, 2. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.
- [64] **Turgay, O. ve Altuncu, D.**, 2011. İç Mekanda Kullanılan Yapay Aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri, Cankaya University Journal of Science and Engineering, Sayı:8, Syf:167-181, Ankara.
- [65] **Hasol, D.**, 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 13. Baskı, Y.E.M. Yayınevi, İstanbul.

- [66] <http://docplayer.biz.tr/19875821-Aydinlatma-tasariminda-temel-kurallar.html>
- [67] <https://www.oledworks.com/solutions/projects/hatec-lobby/>
- [68] <http://www.mschostudio.com/belport/> (Erişim: Nisan 2016)
- [69] http://www.ledinside.com/news/2016/8/lg_display_customizes_oled_interior_lighting_for_automobiles (Erişim: Nisan 2016)
- [70] <http://www.andreasvogler.com/portfolio/aeroliner3000/> (Erişim: Eylül 2016)
- [71] <https://www.oledworks.com/solutions/projects/audi-tt/>
- [72] http://www.ledinside.com/lighting/2015/2/lg_chem_installs_oled_lighting_at_top_koreanuniversity (Erişim: Eylül 2016)
- [73] <http://www.archiexpo.com/prod/blackbody/product-71265-738610.html>
- [74] <https://www.oledworks.com/solutions/projects/thin-air-oled-luminaire/>
- [75] <https://www.oledworks.com/solutions/projects/neue-aargauer-bank/>
- [76] [TextilisationOfLight_2016_interactive-ex.Appendix_AstridMody.pdf](#)
- [77] <http://www.osadirect.com/news/article/1787/lg-display-oleds-used-by-ron-arad-and-zinoo-park-in-inspirational-art-exhibit-at-100-design/> (Erişim: Ekim 2016)
- [78] <http://www.lgoledlight.com/press-release/ron-arad-and-zinoo-park-to-explore-oled-light-at-design.do> (Erişim: Ekim 2016)
- [79] <http://www.oled-info.com/lg-display-build-gen-5-oled-lighting-fab-mass-production-expected-h1-2017> (Erişim: Ekim 2016)
- [80] <http://www.ledsmagazine.com/articles/2010/01/topas-2012-consortium-targets-innovative-oled-lighting.html> (Erişim: Ekim 2016)
- [81] <https://www.basf.com/en/404.html> (Erişim: Ekim 2016)
- [82] <http://www.oled-info.com/lili-project> (Erişim: Kasım 2016)
- [83] <https://nemo.inf.ufes.br/projects/oled/> (Erişim: Kasım 2016)
- [84] <http://www.ledsmagazine.com/articles/2013/02/german-oled-project-so-light-concludes.html> (Erişim: Kasım 2016)
- [85] <http://www.ledsmagazine.com/articles/2011/11/european-oled100-eu-research-project-celebrates-successful-conclusion.html> (Erişim: Kasım 2016)
- [86] <http://www.oled-info.com/european-oled100-eu-research-project>
- [87] [OLED100.eu Project Report.pdf](#)
- [88] [OLED100.eu Project Report.pdf](#)
- [89] [OLED100.eu Project Report.pdf](#)
- [90] [OLED100.eu Project Report.pdf](#)

ÇİZELGE KAYNAKLARI

Çizelge 2.1. Yapay aydınlatma biçimleri değerler tablosu

Altuncu, D., 2007. Restoran ve Bar İşlevi Kazandırılmış Tarihi Mekanlarda Yapay Aydınlatmayla Atmosfer Yaratma, MSGSÜ FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Çizelge 3.1. LED lamba türler

www.philiplighting.com (Erişim: Nisan 2016).

Çizelge 3.2. OLED teknolojisi hakkında önemli gelişmeler

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Çizelge 3.3. OLED panel çeşitleri ve sayısal değerler

www.lgoledlight.com (Erişim: Nisan 2016)

ŞEKİL KAYNAKLARI

Şekil 2.1. Le Corbusier – Ron Champ Şapeli

http://www.greatbuildings.com/buildings/notre_dame_du_haut.html
(Erişim: Mart 2016).

Şekil 2.2. Tadao Ando – Koshino Evi – Işık ve gölge etkisi

<http://www.archdaily.com/161522/ad-classics-koshino-house-tadao-ando>
(Erişim: Mart 2016).

Şekil 2.3. Mecenat Sanat Müzesi doğal ışıkla aydınlatma

<http://www.archdaily.com/256181/mecenat-art-museum-naf-architect-design-2/5031a11b28ba0d18300009f5-mecenat-art-museum-naf-architect-design-2-photo>
(Erişim: Mart 2016)

Şekil 2.4. Yapay aydınlatma örneği – Barney Mağazası – Newyork

<http://www.bykoket.com/news/interior-design/barneys-new-york-opens-luxury-store-downtown-manhattan> (Erişim: Mart 2016)

Şekil 2.5. Dolaysız aydınlatma - Restoran tasarımı

<http://retaildesignblog.net/tag/chicken-house-restaurant-by-design-studio-crow/>
(Erişim: Mart 2016)

Şekil 2.6. Dolaylı aydınlatma örneği

<http://www.saint-gobain-gyproc.com/projects/chettinad-health-city-auditorium>
(Erişim: Mart 2016)

Şekil 2.7. Yarı dolaysız aydınlatma, restoran örneği

Darren Du, Interior_lighting Design Media Publishing Limited syf.32

Şekil 2.8. Homojen aydınlatma örneği

<http://www.fabricwallcraft.com/portfolio-item/barrisol-rta-dubai> (Erişim: Mart 2016)

şekil 2.9. Sosein Restoran, Almanya – Bölgesel aydınlatma örneği

<https://www.architonic.com/en/project/freifrau-reference-projects-restaurant-osein-heroldsberg/5104056> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 2.10. Yönlendirme aydınlatması örnekleri

Du, D., Translated Lee, K., 2011. Interior Lighting, Design Media Publishing, London.

Darren Du, Interior_lighting Design Media Publishing Limited

şekil 2.11. Akkor telli lamba yapısı

Livingston, J., 2014. Design with Light, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

şekil 2.12. Halojen lamba yapısı

Livingston, J., 2014. Design with Light, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

şekil 2.13. Halojen lamba modelleri

Livingston, J., 2014. Design with Light, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

şekil 2.14. Floresan lambanın iç yapısı

<http://docplayer.biz.tr/713746-Elk464-aydinlatma-teknigi.html> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 2.15. (a) Spiral (b) Doğrusal (c) Dairesel (d) U tipi floresan lambalar

Livingston, J., 2014. Design with Light, Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

şekil 2.16. Fiber optik kablolar

<http://www.omnicable.com/fiber-optic-cable.html> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 2.17. Fiber optik tavan aydınlatması

<http://www.csillagosegbolt.hu/rolunk> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 2.18. LED aydınlatma iç mekân örneği

<https://tr.pinterest.com/pin/466333736387283189/> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 3.1. LED yapısı

<http://avalontechnologies.ca/the-history-of-led-lights/> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 3.2. Renk sıcaklıkları

<http://missionled.com/blog/wp-content/uploads/2016/06/LED-color-temperature-2.jpg> (Erişim: Nisan 2016)

şekil 3.3. LED renkleri

<https://www.ledsky.be/fr/projecteur-led-50w-rgb> (Erişim tarihi: Nisan 2016)

şekil 3.4. LED ampul bileşenleri

<http://ledcentrale.be/tech> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.5. LED şerit lamba ve LED sıva altı lamba ile konut aydınlatması

<http://housebro.com/led-strip-lighting-living-room-collection.html/10665/led-strip-lighting-living-room-cool-led-strip-lighting-living-room-kids-room-ideas-led-living-room-set> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.6. LED aydınlatma ile mekân tasarımı

<http://www.bco.org.uk/Awards/Winners/2009/Up-to-2000m2009.aspx> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.7. LED şerit (strip) lamba kullanımı

<http://founterior.com/swedbank-interior-design-and-architecture-by-3xn/> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.8. LED şerit ile tünel aydınlatması

<http://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/tunnel/meir-tunnel.html> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.9. LED lambanın araç içi aydınlatmada kullanılması

<http://www.streetglow.com/Applications/Automotive> (Erişim tarihi: Nisan 2016)

Şekil 3.10. OLED Katmanları

http://www.caricos.com/cars/a/audi/2015_audi_etron_quattro_concept/images/24.html (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.11. OLED çalışma prensibi

Şekil 3.12. OLED katmanları şeması

Şekil 3.13. OLED renk katmanları

<http://www.slideshare.net/ashliz/oled-technology-seminar-ppt> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.14. Ink-Jet (Mürekkep Püskürtmeli) baskı ile OLED üretimi

<http://ww3.oled-display.net/printable-oled-tvs/> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.15. "Pasif matris" OLED çalışma şeması

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.16. PMOLED ekran

<http://www.oled-info.com/pmoled> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.17. "Aktif Matris" OLED yapısı

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.18. AMOLED ekranlı akıllı telefon

<http://www.oled-info.com/pmoled> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.19. Esnek (flexible) OLED yapısı

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED>

Şekil 3.20. Esnek OLED örnekleri

<http://www.oled-info.com/flexible-oled> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.21. Transparan OLED yapısı

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED>

Şekil 3.22. TOLED ekran

<http://www.oled-info.com/pmoled> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.23. Üstten ışık yayan OLED yapısı

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED>

Şekil 3.24. OLED akıllı kart

<http://www.secureidnews.com/news-item/identification-card-with-oled-display-panel/> (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.25. Beyaz ışık yayan OLED yapısı

<https://flexible-screen.wikispaces.com/Different+types+of+OLED>

Şekil 3.26. Beyaz OLED paneller

http://www.oled-a.org/news_details.cfm?ID=747 (Erişim: Nisan 2016)

Şekil 3.27. OLED aydınlatma paneli yapısı

Şekil 3.28. Dünyanın ilk OLED aydınlatma armatürü

https://www.osram.com/osram_com/press/press-releases/trade_press/2009/orbeos-oled-panel/index.jsp (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.29. 2014 – 2023 yılları arasında OLED performans değerlendirmeleri

<http://www.semi.org/en/node/40351> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.30. Farklı renk sıcaklıklarında OLED ışık akısı grafiği

OLEDs at the Tipping Point Sebastian W. Suh Manager, Marketing & Sales OLED Light Division.

Şekil 3.31. OLED kullanım süresi grafiği

<http://www.organic-lights.com/en/about-oled/why-oled/> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.32. Mavi ışıksız OLED

<http://www.organic-lights.com/en/about-oled/why-oled/> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.33. Geliştirici firmalara göre OLED performans karşılaştırması

<http://www.organic-lights.com/en/about-oled/why-oled/>

Şekil 3.34. LED ve OLED Yapısı

OLEDs at the Tipping Point Sebastian W. Suh Manager, Marketing & Sales OLED Light Division.

Şekil 3.35. LED ve OLED ışık dağılımı ve gölge karşılaştırması

<http://www.organic-lights.com/en/about-oled/why-oled/> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.36. LED ve OLED Performans karşılaştırması

<https://www.led-professional.com/resources-1/led-reports-roadmaps/research-and-markets-announces-oled-lighting-opportunities-2015-2025-forecast>

Şekil 3.37. LED ve OLED ışık

OLEDs at the Tipping Point Sebastian W. Suh Manager, Marketing & Sales OLED Light Division.

Şekil 3.38. LED ve OLED gelişim ve üretim grafiği

<https://www.led-professional.com/business/reports/idtechex-compares-oled-vs.-led-lighting-is-there-room-for-oled-lighting> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 3.39. İç mekânda OLED panel kullanımı

<http://www.blackbody.fr/en/design-junction-installation-in-london/> (Erişim: Mayıs 2016)

Şekil 4.1. James Turrell ışık enstalasyonları

<http://jamesturrell.com/work/type/projection-pieces/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.2. Lobi - OLED aydınlatma tasarımı – Frankfurt, Almanya

<http://www.blackbody.fr/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.3. Hamburg Tiyatrosu – Almanya

<https://www.oledworks.com/solutions/projects/theater-an-der-elbe/>

Şekil 4.4. İdemitsu Müzesi - Japonya

<http://www.idemitsu.com/museum/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.5. Şeffaf OLED ekran kullanımı

<http://www.planar.com/innovations/transparent-oled/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.6. Belport Mağazası OLED raf aydınlatması

<http://www.lgoledlight.com/video/lg-chem-oleds-for-retail-lighting.do>

Şekil 4.7. OLED deneme kabini aydınlatması

<http://www.lgoledlight.com/video/lg-chem-oleds-for-retail-lighting.do>

Şekil 4.8. OLED aydınlatma paneli ile ofis aydınlatması

<http://www.lgoledlight.com/video/office-with-lg-chem-oled-light.do>

Şekil 4.9. OLED araç içi aydınlatması

http://www.ledinside.com/news/2016/8/lg_display_customizes_oled_interior_lighting_for_automobiles (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.10. "AeroLiner3000" OLED iç mekân aydınlatması

<https://www.oledworks.com/solutions/projects/aeroliner3000/>

Şekil 4.11. "O.Loop" esnek OLED panel ile Blackbody OLED aydınlatma showroom tasarımı

<http://www.blackbody.fr/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.12. Renk değiştirebilen OLED aydınlatma panelleri - ofis binası girişi / Tokyo
<http://mcpioneer-oled.co.jp/en/859/> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.13. Banyoda ayna OLED panel kullanımı
<http://www.lgoledlight.com/index.do> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.14. OLED ray panel montaj
<http://www.lgoledlight.com/index.do> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.15. OLED ray panellerin iç mekânda kullanımı
<http://www.lgoledlight.com/index.do> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.16. OLED ray paneller ile showroom aydınlatması / Londra
<http://www.lgoledlight.com/index.do> (Erişim: Haziran 2016)

Şekil 4.17. "Kış Bahçesi" toplantı odası – Audi Müzesi / Ingolstadt , Almanya
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/audi-tt/>

Şekil 4.18. Sarkıt Lamba – Berlin
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/pendant-light-by-kardorff-ingenieure-lichtplanung/> (Erişim: Eylül 2016)

Şekil 4.19. Seul Üniversitesi Kütüphanesi – OLED masa lambaları
<http://www.ledsmagazine.com/articles/2015/02/lg-chem-supplies-oled-lighting-to-seoul-national-university.html> (Erişim: Eylül 2016)

Şekil 4.20. "BingBang" - OLED Armatür
<http://www.archiexpo.com/prod/blackbody/product-71265-738610.html>

Şekil 4.21. "Kaynak" (The Source) OLED aydınlatma armatürü - Aquis Plaza alışveriş merkezi / Almanya
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/aquis-plaza/>

Şekil 4.22. "I rain" OLED aydınlatma armatürü
<http://www.archiproducts.com/en/products/194344/oled-pendant-lamp-i-rain-61-blackbody.html> (Erişim: Eylül 2016)

Şekil 4.23. "Thin Air" OLED armatür
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/thin-air-oled-luminaire/>

Şekil 4.24. "Pikselleştir" aydınlatma armatürü
<http://www.oled-info.com/philips-pixelate> (Erişim: Eylül 2016)

Şekil 4.25. Marley Kafe – Kore
<http://www.darcmagazine.com/marley-coffee-korea/>

Şekil 4.26. "Rollercoaster" OLED aydınlatma armatürü
https://www.osram.com/osram_com/press/pressreleases/trade_press/2012/rollercoaster-luminaire/index.jsp (Erişim: Eylül 2016)

- Şekil 4.27. "NomiOLED" aplik ve koridor aydınlatmasında kullanımı
<http://www.lgoledlight.com/application/acuity-nomi-straight-oled-57.do>
- Şekil 4.28. "Dominic Harris & Cinimod Studio" tarafından tasarlanan OLED avize
<http://dominicharris.com/artworks/> (Erişim: Eylül 2016)
- Şekil 4.29. "Living Sculpture" kinetik OLED aydınlatma armatürü
<http://www.lighting.philips.com/main/products/oled.html> (Erişim: Eylül 2016)
- Şekil 4.30. "Living Sculpture" 3D OLED armatür
<http://www.lighting.philips.com/main/products/oled.html> (Erişim: Eylül 2016)
- Şekil 4.31. "Manta Rhei" Kinetik OLED aydınlatma armatürü
<http://www.joachimsauter.com/en/work/manta.html> (Erişim: Eylül 2016)
- Şekil 4.32. "Lucky Eye" OLED aydınlatma paneli ile ayna tasarımı
<http://www.blackbody.fr/boutique/lucky-eye-s/> (Erişim: Eylül 2016)
- Şekil 4.33. "Melek" OLED aydınlatma
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/pugnale-nyleve/>
- Şekil 4.34. "Vittorina" OLED aydınlatma
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/pugnale-nyleve/>
- Şekil 4.35. "ONA" OLED masa lambası
<http://inhabitat.com/in-tentas-elegant-ona-oled-lamp-provides-flexible-storage-for-books-and-magazines/ona-oled-lamp-in-tenta-5/> (Erişim: Ekim 2016)
- Şekil 4.36. Kaiteki Kafe – Tokyo, Japonya
<http://www.kaitekicafe.jp/> (Erişim: Ekim 2016)
- Şekil 4.37. Okamura Şirketi – Tokyo, Japonya
<http://mcpioneer-oled.co.jp/en/1116/> (Erişim: Ekim 2016)
- Şekil 4.38. "Kolay Kapı" (Easy Door) OLED dekoratif duvar
<http://www.archiproducts.com/en/products/194523/oled-panel-light-easy-door-blackbody.html> (Erişim: Kasım 2016)
- Şekil 4.39. OLED dekoratif duvar paneli
<https://www.oledworks.com/solutions/projects/neue-aargauer-bank/>
- Şekil 4.40. "Baby Doll" dekoratif ayna OLED panel armatür tasarımı
<http://www.pugnalenyleve.com/en/oled-lighting/products/baby-doll/>
- Şekil 4.41. "Teka" OLED dekoratif lamba
<http://www.blackbody.fr/en/store/teka-2/> (Erişim: Kasım 2016)
- Şekil 4.42. "Jardin" renkli OLED paneller ile ışık enstalasyonu
<http://www.oled-info.com/tags/companies/sumitomo> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.43. OLED aydınlatma paneli entegre edilmiş ipek perde

<http://www.organic-lights.com/en/blogs/blog/light-building-2016-part-3-illuminating-oled-desig/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.44. OLED fiber dokuma tekstil

Şekil 4.45. OLED aydınlatma giysi tasarımı

<http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-48/issue-04/features/smart-photonix-textiles-begin-to-weave-their-magic.html> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.46. "OLED kar küresi" (OLED Snow dome) ve "OLED renkli sandalye" (OLED color chair)

<http://mcpioneer-oled.co.jp/en/319/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.47. Dandelion ışık heykeli – Münih

https://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/news/oled/2012/oled-installation-dandelion-by-osram-in-the-bmw-museum-in-munich/index.jsp

Şekil 4.48. "Piksel Takımyıldızı" OLED ışık enstalasyonu

<http://www.designboom.com/design/jason-bruges-studio-lg-pixel-constellation-ifa-2016-berlin-09-12-2016/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.49. "Infuse" ışık enstalasyonu – Milano, İtalya

<http://www.designboom.com/art/sinato-illuminates-interior-with-ethereal-oled-installation-12-01-2013/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.50. "OLED Lale" ışık enstalasyonu

<http://www.oled-info.com/konica-minoltas-15000-flexible-oled-panel-tulip-installation-video> (Erişim tarihi: Kasım 2016)

Şekil 4.51. "Zarf" ve "Yörünge Aynası" ışık enstalasyonu

<https://www.dezeen.com/2016/09/26/ron-arad-oled-lighting-installation-lg-display-london-design-festival/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.52. "Forest of Evolution" OLED ışık enstalasyonu

<http://www.dailytonic.com/milan-2011-forest-of-evolution-installation-by-naohiko-mitsui-triumph-design-for-lumiotec-jp/> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.53. "Kurdele" (The Ribbon) OLED ışık enstalasyonu

<http://www.applelec.co.uk/case-studies/34/the-oled-ribbon.php>

Şekil 4.54. Yapay pencere teknolojisi örneği

http://www.novaled.com/fileadmin/user_upload/pdf/downloadcenter/Novaled_OLED_Lighting.pdf (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.55. Yapay çatı teknolojisi örneği

Şekil 4.56. OLED pencereli uçak simülasyonu

http://www.ledinside.com/news/2014/10/windowless_oled_panel_plane_designs_to_be_realized_in_next_decade (Erişim tarihi: Kasım 2016)

Şekil 4.57. "TOPAS 2012" kapsamında tavanında OLED aydınlatma kullanılan araç
<http://www.plasticstoday.com/content/car-view-transparent-oled-roof-lighting-system-developed/85994236616996> (Erişim: Kasım 2016)

Şekil 4.58. Konut iç mekan - OLED renk sıcaklıkları senaryosu - 3000K (sol üst), 4000K (sağ üst), 6500K (sol alt), 4000K

OLED100.eu Project Report.pdf

Şekil 4.59. Konut iç mekan OLED panel boyutları - 60 x 60 cm² panel (sol-üst), 30 x 30 cm² panel (sağ-üst), 15 x 15 cm² panel (sol-alt), 15 x 15 cm² panel (under TLM conditions) (sağ-alt)

OLED100.eu Project Report.pdf

Şekil 4.60. Ofis OLED panel modelleri - kare panel (sol üst), altıgen panel (sağ üst), dekoratif panel (sol alt), kare panel (sağ alt)

OLED100.eu Project Report.pdf

Şekil 4.61. 33 cm x 33 cm OLED panel mağaza aydınlatma projesi

OLED100.eu Project Report.pdf

Şekil 4.62. Gündüz - OLED çatı ve pencere uygulaması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.63. Gece - OLED çatı ve pencere uygulaması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.64. Alışveriş merkezi - OLED yapay pencere aydınlatması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.65. Sınıf - OLED aydınlatma çatı penceresi önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.66. Havuz - OLED tavan aydınlatması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.67. Sınıf - OLED tavan aydınlatması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.68. Tavan ve zeminde OLED panel kullanımı önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.69. Merdiven - OLED aydınlatması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.70. Tavan ve zeminde OLED aydınlatma uygulaması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.71. OLED duvar ve zemin paneli ile aydınlatma önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.72. OLED duvar paneli ile aydınlatma önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil. 4.73. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.74. OLED pencere – tavan aydınlatması ve OLED etkileşimli duvar

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.75. OLED dijital duvar yüzeyi ve tavan önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.76. Geniş alan OLED ayna paneller ile mağaza önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.77. Sanat Galerisi / Mdf Paneller Üzerine OLED aydınlatma uygulaması önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.78. Pencerede ve mobilyada OLED aydınlatma önerisi

Tuğba BERATOĞLU arşivi

Şekil 4.79. Samara - OLED aydınlatma armatürü

Tuğba BERATOĞLU arşivi