

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİYEL TESİS AYDINLATMASI

Elektrik Mühendisi Bennur KARCIOĞLU

**FBE Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Elektrik Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr.Aslan İNAN(YTÜ)

İSTANBUL,2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. AYDINLATMA İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR	3
2.1 Aydınlatmacılığın Amacı Ve Türleri	4
2.2 Aydınlatma Tekniğinin Temel Büyüklükleri	5
2.2.1 Işık Akısı	5
2.2.2 Işık Şiddeti.....	7
2.2.3 Aydınlık Düzeyi	11
2.2.4 Parıltı (lüminans)	12
3. ENDÜSTRİYEL AYDINLATMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	14
3.1 Görsel Konfor ve Ergonomi.....	14
3.2 Ergonomide Görsel Algı	15
3.3 Doğru Aydınlatma İçin Kalite Ögeleri	17
3.3.1 Aydınlık Düzeyi ve Parıltı	18
3.3.2 Aydınlığın Düzgün Dağılımı.....	22
3.3.2.1 Aydınlığın Yer Bakımından Düzgünlüğü	22
3.3.2.2 Aydınlığın Zaman Bakımından Düzgünlüğü	26
3.3.3 Kamaşma Kontrolü	27
3.3.3.1 Dolaysız Kamaşma	29
3.3.3.2 Yansıyan Kamaşma	30
3.3.4 Işığın Yönü ve Modelleme.....	33
3.3.5 Işığın Rengi ve Renksel Geri Verim Endeksi	35
3.4 Aydınlatma Tasarımında Pratik Önlemler	40
4. ENDÜSTRİYEL AYDINLATMANIN SİSTEM BİLEŞENLERİ.....	43
4.1 Işık Kaynakları	43
4.1.1 Akkor Filaman Lamba	43
4.1.2 Floresan Lambalar	46

4.1.2.1	Fluoresan Lamba Balastları.....	47
4.1.2.2	Lamba Performans Faktörleri.....	49
4.1.3	Yüksek Yeğİnlikli Boşalmalı Lamba.....	49
4.1.3.1	Yüksek Yeğİnlikli Boşalmalı Lamba Balastları.....	50
4.1.3.2	Lamba Performans Faktörleri.....	54
4.2	Işıkliklar	55
4.2.1	Dolaysız Tür	56
4.2.2	Yarı Dolaysız Tür	58
4.2.3	Genel Dağılım ya da Dolaylı-Dolaysız Tür	58
4.2.4	Yarı Dolaylı Tür	58
4.2.5	Dolaylı Tür	59
4.2.6	Ek Işıklik Türleri	60
4.3	Armatürlerde (Işıkliklarda) Aranana Genel Özellikler.....	60
4.4	Armatürlerin Elektriksel ve Mekanik Özellikleri.....	61
4.4.1	Dokunmaya Karşı Koruma Sınıfları.....	61
4.4.2	Parazite Karşı Koruma	61
4.4.3	IP Koruma Sınıfları.....	61
4.4.4	Yangın Önleyici Özellikler	62
5.	ENDÜSTRİYEL AYDINLATMA SİSTEMLERİ	64
5.1	Görsel Görevler İçin Fabrika Aydınlatması	64
5.1.1	Genel Aydınlatma	64
5.1.2	Yerelleştirilmiş Genel Aydınlatma (Lokelize aydınlatma)	67
5.1.3	Ek Aydınlatma (Lokal aydınlatma)	68
5.2	Güvenlik Aydınlatması	68
5.3	Acil Aydınlatma	69
5.4	Aydınlatma ve Mekan Koşulları	70
5.4.1	Yüksek Nemli ya da Korozyonlu Hava ve Riskli Konum Aydınlatması	70
5.4.2	Normaldışı Sıcaklık Koşulları	71
5.4.3	Bakım	71
6.	ENDÜSTRİYEL KURULUŞLARDA AYDINLATMA SİSTEM UYGULAMALARI.....	72
6.1	Gıda, İçecek, İlaç Sanayileri	72
6.1.1	Gıda Endüstrisi	72
6.1.2	İçecek Endüstrisi.....	74
6.1.3	İlaç Endüstrisi.....	75
6.2	Giyim, Tekstil, Kağıt, Deri Endüstrileri	75
6.2.1	Giyim Endüstrisi.....	75
6.2.2	Tekstil Endüstrisi	76
6.2.3	Kağıt Endüstrisi	78
6.2.4	Deri Endüstrisi.....	78
6.3	Mühendislik, Plastik, Basım ve Mobilya Endüstrileri.....	79
6.3.1	Mühendislik Endüstrisi	79
6.3.2	Plastik Endüstrisi	79
6.3.3	Basım Endüstrisi.....	79
6.3.4	Mobilya Endüstrisi.....	80
6.4	Metal,Dökümhane,Cam ve Petrokimya Endüstrileri.....	81
6.4.1	Dökümhaneler ve Sıcak Metal Sanayii.....	81
6.4.2	Cam Endüstrisi	82

6.4.3	Petrokimya Endüstrisi.....	83
6.5	Ofisler ve Üretim Yapılmayan Alanlar.....	83
6.5.1	Ofislerin Işıklandırılması	83
6.5.2	Dizayn Ofisleri İçin Aydınlatma	84
6.5.3	Kantin, Personel Odası ve Medikal Odaların Işıklandırılması.....	84
6.5.4	Merdivenler, Koridorlar, Sirkülasyon Alanları ve Antreler:.....	85
7.	SAYISAL UYGULAMA.....	87
7.1	Aydınlatma İle İlgili Bilgisayar Programları (Relux One V.3.0).....	87
7.1.1	Aydınlık Düzeyi Hesapları.....	89
7.1.2	Relux One V.3.0 ile Aydınlatma Hesabının yapılması.....	89
7.2	Relux One V.3.0 ile Tekstil Fabrikası Aydınlatma Hesabı.....	96
7.2.1	Kumaş Kontrol ve Depo Bölümü	99
7.2.2	Kumaş Kesme ve Kontrol Bölümü.....	102
7.2.3	Dikiş Atölyesi.....	106
7.3	Görselleştirmede Işık ve Yüzey Etkisi.....	109
7.3.1	Yüzeyin Açıklık ve Koyuluğu.....	110
7.3.2	Aydınlatma ve Yüzey Dokusu.....	111
7.3.3	Işık ve Yüzey Rengi İlişkisi	111
7.4	3ds Max Görselleştirme Programı	112
7.5	3ds Max Kullanarak Aydınlatma Projesi Görselleştirmesi	113
7.6	Tekstil Fabrikası Görselleştirmesi	117
8.	SONUÇLAR	128
	KAYNAKLAR.....	131
	EKLER.....	132
	Ek 1a Işık Rengi ve Siyah Cisim Renk Üçgeni	133
	Ek 1b Renksel Geri Verim Endeksi	136
	Ek 2 Tekstil imalat ve işleme yerlerinde gerekli aydınlatma parametre değerleri (DIN5035 Part 2).....	137
	Ek 3 Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri ve Farklı Lambaların Karşılaştırılması..	138
	Ek 4 Lamba Verileri.....	140
	Ek 5 Lambaların Işık Verimliliği ve Ömürleri	143
	ÖZGEÇMİŞ.....	144

SİMGE LİSTESİ

ϕ	Işık akısı
Ω	Uzay açısı
ρ	Cismin yansıtma faktörü
E	Aydınlık düzeyi
L	Parıltı
p	Işık kayıp faktörü
δ	Düzgünlük faktörü
T_c	Renk sıcaklığı
R_a	Renksel geriverim

KISALTMA LİSTESİ

ASR	Aviation Safety Recommendation
CE	Conformity Europe
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
DIN	Deutsche Industrie Norm
EC	European Commity
EMC	Electromagnetic Compatibility
EN	European Nations
HID	High Intensity Discharge Lamps
HPS	High Pressure Sodium Lamps
IP	Ingress Protection
MH	Metal Halide Lamps
VDU	Visual Display Unit

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Işık akısı.....	5
Şekil 2.2	Kısmi ışık akıları ve kısmi uzay açıları	6
Şekil 2.3	Uzay açı tanımı	6
Şekil 2.4	S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı	7
Şekil 2.5	Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki I_α ışık şiddetinin tanımlanması.....	8
Şekil 2.6	Işık dağılım yüzeyi dönele simetrik olan bir ışık kaynağının ışık dağılım eğrisi	9
Şekil 2.7	Dönele simetrisiz flüoresan bir lambalı bir aydınlatma aygıtının boyuna ve enine düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri (Eğriler $\Phi_L = 1000$ lümen için verilmiştir.) A: Boyuna düzlemdeki ışık dağılım eğrisi B: Enine düzlemdeki ışık dağılım eğrisi	9
Şekil 2.8	Bir kaynağın ışık şiddetlerine tekabül eden vektörlerinin eşmerkezli bir küre üzerindeki izlerinin meydana getirdiği isocandela eğrileri.....	10
Şekil 2.9	İsocandela diyagramı.....	10
Şekil 2.10	Aydınlatma aygıtlarının C düzlemlerindeki ışık dağılım eğrileri	11
Şekil 2.11	Aydınlık düzeyinin tanımı	12
Şekil 2.12	Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki tanımı	12
Şekil 2.13	Parıltının fiziksel anlamı.....	13
Şekil 3.1	Görsel alan	15
Şekil 3.2	Ergonomide aydınlatma sistem tasarımı	17
Şekil 3.3	Yüzeylerin yansıtma faktörleri	19
Şekil 3.4	Bir aydınlatma sisteminin ortalama aydınlık düzeyinin (E_0), işletme süresine ve gerekli bakımlara bağlı seyri.....	20
Şekil 3.5	Dikey aydınlığın yatay aydınlığa oranı	21
Şekil 3.6	Aydınlığın yere göre düzgün dağılımı.....	23
Şekil 3.7	Mekandaki aydınlık düzeyi dağılımı.....	24
Şekil 3.8	Aydınlığın zamana göre düzgün dağılımı	27
Şekil 3.9	Çalışma düzenekleri	29
Şekil 3.10	Kamaşmayı önleyici kritik görme açısı.....	30
Şekil 3.11	Yansıyan kamaşma.....	30
Şekil 3.12	No-Zone bölgesi.....	31
Şekil 3.13	Ekranlarda gözlenen yansıyan kamaşma.....	31
Şekil 3.14	Kritik yarı saçılma açısı.....	32
Şekil 3.15	Endüstride yanlış gölgeleme	33
Şekil 3.16	Ofislerde gölge etkisi.....	34
Şekil 3.17	Renksel geriverime bir örnek.....	38
Şekil 4.1	Dar, orta ve geniş açılı reflektörlü lambalar	44
Şekil 4.2	Karmaşık bir fluoresan lambanın ana bileşenleri.....	47
Şekil 4.3	Ön ısıtmalı fluoresan balast dolaşımı	48
Şekil 4.4	Ön ısıtmasız fluoresan balast dolaşımı	48
Şekil 4.6	50-1000 watt yüksek basınçlı sodyum lamba	51
Şekil 4.7	Tipik düşük basınçlı sodyum lamba	51
Şekil 4.8	Cıvalı lamba balastları için elektrik devre diagramı	52
Şekil 4.9	Metal halide balastı için elektrik devre diagramı	53
Şekil 4.10	HPS lamba balastları için elektrik devre diagramı. (a) Reaktör balast devresi (b) kurşun uçlu balast devresi (c) Manyetik ayarlı balast devresi.....	54
Şekil 4.11	Elektronik olarak kontrol edilen HPS balast devresi	54

Şekil 4.12	Üç tip HID lambanın ısınma özellikleri. (a) Civalı lambalar, (b) Metal Halide lambalar, (c) Yüksek basınçlı sodyum lamba.....	55
Şekil 4.13	400 wattlık bir yüksek basınçlı sodyum lambası için trapezoid diagram.....	56
Şekil 4.14	Endüstriyel uygulamalardaki tipik bir 400 wattlık HPS ışıklığı.....	59
Şekil 4.15	Genel aydınlatma ışıklılık sınıflandırılması.....	59
Şekil 5.1	Ek aydınlatmaya örnek (Philips Lighting, 1993).....	68
Şekil 6.1	Yapay pencere kullanılarak kumaşın incelenmesi.....	77
Şekil 6.2	Arka aydınlatmalı kasnak sisteminin kullanılması.....	77
Şekil 6.3	Merdiven aydınlatma yöntemi.....	86
Şekil 7.1	Mekan tanımlama.....	90
Şekil 7.2	Armatür seçme.....	91
Şekil 7.3	Gerekli aydınlık düzeyi bilgisinin girilmesi.....	92
Şekil 7.4	İstenilen armatür sayısının girilmesi.....	93
Şekil 7.5	Armatürlerin yerleştirilmesi.....	94
Şekil 7.6	Yansıma ve bakım faktörünün girilmesi.....	95
Şekil 7.7	Armatür yerleşimi.....	96
Şekil 7.8	Tekstil atölyesi zemin kat planı.....	97
Şekil 7.9	Tekstil atölyesinde kullanılan armatürler.....	98
Şekil 7.10	Kumaş kontrol bölümünün armatür yerleşimi.....	100
Şekil 7.11	Kumaş kontrol bölümü raf arası armatürleri.....	100
Şekil 7.12	Kumaş kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri.....	101
Şekil 7.13	Kumaş kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılım grafiği.....	101
Şekil 7.14	Kumaş kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılımı.....	102
Şekil 7.15	Kumaş kesme ve kontrol bölümünün armatür yerleşimi.....	103
Şekil 7.16	Kumaş kesme ve kontrol bölümü bölgesel aydınlatma armatürleri.....	103
Şekil 7.17	Kumaş kesme ve kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri (2x58W)	104
Şekil 7.18	Kumaş kesme ve kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri (2x36W)	104
Şekil 7.20	Kumaş kesme ve kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılımı.....	105
Şekil 7.21	Dikiş atölyesi armatür yerleşimi.....	106
Şekil 7.22	Dikiş atölyesi bant tipi armatürleri.....	107
Şekil 7.23	Dikiş atölyesi genel aydınlatma armatürleri.....	107
Şekil 7.24	Dikiş atölyesi aydınlık düzeyi dağılım grafiği.....	108
Şekil 7.25	Dikiş atölyesi aydınlık düzeyi dağılımı.....	108
Şekil 7.26	3ds max programına dosya çağırma.....	114
Şekil 7.27	3ds max programına çağrılan dosyayı .dwg formatında kaydetme.....	115
Şekil 7.28	Projeyi boyutlandırma.....	116
Şekil 7.29	Material Editör Kullanılarak Yüzeyle Doku Atanması.....	118
Şekil 7.30	Metal halide ışık kaynağı ile aydınlatma.....	120

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1	İş yerlerinde ortalama aydınlık düzeyleri 21
Çizelge 3.2	Aydınlığa olan isteğe göre δ_1 in değeri..... 23
Çizelge 3.3	Endüstriyel alanlar için önerilmiş maximum aydınlık oranları 25
Çizelge 3.4	Endüstriyel iç mekan ve donatıları için önerilmiş yansıma değerleri 26
Çizelge 3.5	Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağıntı..... 37
Çizelge 3.6	Aydınlık düzeyine bağlı olarak lambanın ışık renginin aydınlatmaya etkisi ... 37
Çizelge 3.7	İşık kaynaklarının renk ayırt ettirebilme grubu ve ışık rengine göre kullanıldıkları yerler 39
Çizelge 4.1	Güvenli aralama kriteri adı altında ifade edilen ışıklık dolaysız bileşenin sınıflandırılması. 57
Çizelge 4.2	IP koruma sınıfı numaralandırması (IEC598 PartI)..... 62
Çizelge 5.1	Endüstriyel Bina Tipleri 65
Çizelge 7.1	Yüzeylerin yansıtma çarpanları 110
Çizelge 8.1	Relux ve 3ds max programlarının karşılaştırılması 129

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Endüstriyel Tesis Aydınlatması konusu, tekstil sektöründe bilgisayar uygulamalı olarak incelenmiş ve ayrıca görselleştirmesi yapılarak aydınlatma proje sunumlarına yeni bir yorum getirilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında bana yol gösteren ve değerli bilgilerinden yararlandığım tez danışmanım Sn.Yrd.Doç.Dr. Aslan İNAN'a, yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma, aileme, sevgisi ve desteğiyle her zaman yanımda olan Sn.Engin YÜKSEL'e yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Ağustos, 2005

Bennur KARCIOĞLU

ÖZET

Endüstriyel aydınlatmanın amacı fizyolojik aydınlatma şartlarını yerine getiren kaliteli ve güvenli bir aydınlatmanın sağlanmasıdır.

Endüstriyel aydınlatmada uygulama olarak tekstil fabrikası aydınlatması ve görselleştirilmesi yapılmıştır. Gerekli aydınlık düzeyi hesapları bilgisayarda bir aydınlatma programında yapıldıktan sonra bu veriler kullanılarak mekanın fotogerçekçi sunumu 3ds max programıyla yapılmıştır. Kullanılan ışık kaynaklarından çıkan ışığın, mekandaki objeler üzerindeki etkileri incelenmiş ve yansıma hesabı yapan bu görselleştirme programının aydınlatma programları için gerekli ve tamamlayıcı bir öge olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstriyel tesis aydınlatması, tekstil atölyesi aydınlatması, relux aydınlatma programı, 3ds max ile görselleştirme.

ABSTRACT

The purpose of industrial lighting is to provide energy efficient illumination in quality and quantity sufficient for safety within a pleasant environment.

In the industrial lighting application, a textile fabric is illuminated with a lighting computer programme and illustrated with 3ds max computer programme. The reflectance of the materials under the light sources is analyzed with illustration programme and arrived at a conclusion that the illustration programme is a necessary and supplementary item for the lighting programmes.

Keywords: Industrial lighting, textile fabric lighting, relux lighting programme, illustration with 3ds max.

1. GİRİŞ

Aydınlatmanın amacı insan gereksinimlerine yardımcı olmaktır. Bu gereksinimler çok çeşitli olup, eylemler, duygular, algılama ve sağlık vb olarak sayılabilir. Doğru tasarlanmış bir aydınlatma, görsel performansı destekler, iş verimini yükseltir, enerji korunumunu ve iş güvenliğini sağlar, kişiler arası ilişkileri ve iletişimi destekler, olumlu duygular oluşmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, aydınlatma tasarımcılarının görevi önce kullanıcı gereksinimlerini, ekonomik ve çevresel istekleri, estetik ve mimari konuları sıraya dizmek ve eşlemek ve sonra da sonuçları akılcı bir aydınlatma tasarımına dönüştürmektir.

Endüstri yapılarında gerçekleştirilen eylemler, hassas işlerden ağır endüstriye ve çalışma mekanları ise küçük stüdyolardan büyük fabrika salonlarına kadar çok geniş bir yelpazeye yayılır. Bu yapılarda aydınlatma, ham malzemeden bitmiş ürüne kadar olan her değişik üretim aşamasında görme konusu için, uygun koşulları yaratabilmelidir. Genelde çok sayıda kişinin çalıştığı ve ağırlıklı olarak görsel görevlerin yapıldığı endüstri yapılarında aydınlatma düzenlerinin tasarımı, uygulanması ve bakımı, üzerinde önemle durulması gereken konulardır (Ünver, 2004).

Çevremizdeki nesnelere görebilmemiz ışığın sayesinde olabilmektedir. Renk ise algılarla ilgili bir kavramdır. Nesnelere gelen renkleri farklı oranlarda yansıtarak farklı renklerde görünürler. Renklerin insan psikolojisi üzerinde etkileri olduğu açıktır. Bu nedenle mekanlarda eylemlere uygun renklerin seçimi önemli bir konudur. Aynı zamanda seçilen renklerin yansıtma katsayıları dolayısıyla aydınlatma sistemi üzerinde etkileri mevcuttur.

İnsanlar, içinde buldukları çeşitli durum, eylem ve etkinliklere ilişkin gereksinimlerini karşılayabilmek amacıyla mekanlar oluştururlar. Bu mekanların, görsel olarak algılanması, mekanı biçimlendiren ve sınırlayan eleman olan yüzeylerin algılanmasına dayanır. Görsel algılamanın gerçekleşmesi için, görme organı, maddesel bir varlık ve ışık gibi üç ögeye ihtiyaç vardır.

Bir mekanda istenilen anlam ve etkilerin elde edilmesi, görsel açıdan iyi görme koşullarının oluşturulması ve yapay aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılması açısından aydınlatma ve yüzey özelliklerine bağlı olarak oluşabilecek sonuçların önceden bilinmesi gereklidir. Sözü edilen durum, özellikle kapalı hacimlerde ortama ilişkin malzeme seçimi ve aydınlatma düzenlerinin kurulması aşamalarında dikkatli ve bilinçli bir yaklaşımla ve önemle üzerinde durulması gereken bir konudur.

Günümüzde iyi bir aydınlatma tasarımcısı olmak için aydınlatma tekniğini bilmenin yetmediği, teknolojiyi takip ederek yeniliklerden haberdar olarak uygulamanın ne kadar önemli olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Bu aşamada aydınlatma hesapları yapan bilgisayar programlarının yeterliliğini araştırmak ve piyasada çok fazla kullanılan bu programların eksiklerinin nasıl kapatılacağı üzerine düşünmek gerekir. Yukarıda aydınlatma tasarımında, renk ve yüzey ile ışık ilişkilerinin önemi anlatılmıştır. Aydınlatma hesabında kullanılmakta olan bilgisayar programları ile mimarlıkta günümüzde kullanımı giderek artan üç boyutlu görselleştirme programları karşılaştırılmış ve birbirlerine alternatif olup olamayacakları ya da birbirlerini hangi noktada destekleyecekleri konusunda bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada mekan olarak bir tekstil atölyesi seçilmiş ve bu çalışmanın sonuna gelene kadar açıklanması gereken temel aydınlatma terimleri, iyi bir aydınlatmanın kalite öğeleri açıklanmış, ışık kaynakları, armatürler gibi endüstriyel aydınlatma ekipmanları tanıtılmış, tüm endüstriyel tesis tiplerinin aydınlatmasında nelere dikkat edilmesi üzerine geniş bir kaynakça çevirisi sunulmuş ve son olarak tekstil atölyesinin aydınlatma tasarımı yapılmış ve görselleştirilmiştir. Çalışmanın son bölümünde görselleştirme programlarının, aydınlatma tasarımına yapabileceği faydalardan bahsedilmiştir.

2. AYDINLATMA İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Aydınlatma, gün ışığının olmadığı, yetersiz kaldığı ve / ya da uygun koşulların oluşmadığı gibi çeşitli durumlarda tüm sınırlı ve sınırsız ortamlarda öncelikli olarak iyi görme koşullarının sağlanması için vazgeçilmez bir ögedir.

Her alanda olduğu gibi, aydınlatma konusu da geçmişten bugüne olan süreçte önemli gelişmeler ortaya koymuştur. Hiç kuşkusuz bilim ve teknolojideki gelişmelere koşut olarak bu gelişmeler sürecektir. Yağ, mum, kandil gibi aydınlatma öğeleri bir tarafa bırakılırsa aydınlatma konusundaki ilk önemli atılım elektrik enerjisi kullanılarak ışık veren akkor telli lambalarla aydınlatma yapılmasıdır. Genelde hacimlerin ortasında asılan bu lambalar, verdikleri az ışıkla yalnızca *nesnelere görünürlüğüne sağlanması* amacını taşımıştır. Çünkü bu ilk aşamada amaç yeni bir teknoloji ile karanlığı yenmektir. Giderek, yeni ışık kaynaklarının üretilmesi ve varolanların ise geliştirilmesi ile daha ucuz ve daha fazla ışık elde edilmeye başlamıştır. Bu arada lambaların gelişmesine koşut olarak aydınlatma aygıtlarının kullanılması ve geliştirilmesi de gündeme gelmiştir. Önceleri yalnızca ışık elde etmek olan amaç, daha çok, daha çeşitli ve daha ucuz ışık elde etmeye yöneldiğinde aydınlığın nicelik boyutu üzerinde çalışmalar, hesap yöntemleri, ölçme konuları ağırlık kazanmış, aydınlatma tekniği bu alanda gelişmeye başlamıştır. Bu nedenle genellikle tüm hacimlerde belli bir düzeyde ışık elde etme ve bu ışığı düzgün yayma çabaları ön planda gelmiştir. Aydınlatma tekniğindeki gelişmeler, artık yalnızca görme değil *iyi görme koşullarının sağlanması* için aydınlığın niceliği yanında nitelik konusunu da gündeme getirmiştir (Şerefhanoglu Sözen, 2003).

Aydınlatma biliminin temel ilkeleri göz önüne alınarak düzenlenmiş bir çevrede, kullanıcının görsel konfor gereksinimleri yerine getirilmiştir ve böylelikle;

- Gözün görme yeteneği artar (görüş keskinliği, görme hızı artar, kontrast duyum eşiği azalır),
- Göz sağlığı korunur, görme bozukluklarına neden olmaz,
- Görsel performans artacağından, yapılan işin verimi artar böylelikle de ekonomik yarar sağlar,
- Psikolojik açıdan da görsel konfor sağlanır, kullanıcı içinde bulunduğu çevrede kendini mutlu hisseder,
- İyi görememe ya da görme yanlışlarının neden olduğu kazalar azalır,
- Güvenlik duygusu sağlanır (Özkaya, 2000)

2.1 Aydınlatmacılığın Amacı Ve Türleri

İyi bir aydınlatma bir çok gereksinime yanıt verdiğiinden herhangi bir aydınlatma tesisi kurulurken genel olarak gereksinimlerden birine öncelik verilir. Yani bu durumda aydınlatmacılığın ana amacı, öne alınan bu gereksinmeye yanıt vermek olur. Şüphesiz bu gereksinmeye yanıt verirken, diğer gereksinimler ihmal edilmemelidir. Amacı bakımından aydınlatma üçe ayrılabilir;

Bunlardan birincisi, cisimlerin şekil, renk ve ayrıntıları ile rahat ve hızlı görülebilmesi koşullarını sağlayan *fizyolojik aydınlatma*, ikincisi görülmesi istenen cisimleri bütün ayrıntıları ile göstermek değil de daha çok estetik etkiler uyandırma amacı taşıyan *dekoratif aydınlatma* ve üçüncüsü dikkat çekme ve reklam amacı taşıyan *dikkat çekici aydınlatmadır*.

Aydınlatma ışığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma olmak üzere ikiye ve aydınlatılan yere göre iç ve dış aydınlatma olmak üzere ikiye ayrılabilir.

Doğal aydınlatma doğal ışığın en uygun şekilde dağıtılması ile uğraşır. Ayrıca doğal ışığın yapay ışıkla birlikte kullanılması konusu ve ekonomik koşulların sağlanması için binaların yerleştirilmesi ve projelendirilmesi sorunları da doğal aydınlatmanın konuları içine girerler. Yapay aydınlatma bugün hemen hemen yalnız elektrikli ışık kaynakları ile temin edilir.

İç aydınlatma kapalı yerlerin aydınlatılması olup, bu aydınlatma türünde tavan ve duvarlar yansıtma yolu ile çalışma düzlemine ışık gönderirler; dolayısıyla çalışma düzleminin aydınlanmasına yardım ederler. Ev, okul, hastane, fabrika, tiyatro, sinema ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer.

Bu aydınlatma türünde de aydınlatma aygıtının türüne göre alt türler ayırt edilebilir: Aydınlatma aygıtından çıkan toplam ışık akısının %90 ile %100'ü alt yarı uzaya gidiyorsa *direkt (dolaysız) aydınlatma sistemi*, %60 ile %90'ı gidiyorsa *yarı-direkt (yarı-dolaysız) aydınlatma sistemi*, %40 ile %60'ı gidiyorsa *karma aydınlatma sistemi*, %10 ile %40'ı gidiyorsa *yarı-endirekt (yarı-dolaylı) aydınlatma sistemi* ve % 0 ile %10'u gidiyorsa *endirekt (dolaylı) aydınlatma sistemi* denir.

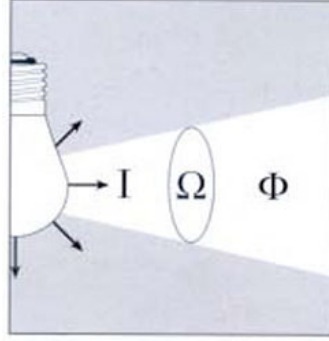
Dış aydınlatma açık yerlerin aydınlatılması olup bu aydınlatma türünde aydınlatılacak yüzey, örneğin yol örtüsü, genel olarak ışık kaynaklarından gelen direkt (dolaysız) ışıklar tarafından aydınlatılır. Yol, meydan, spor alanları, gar, rıhtım ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer (Özkaya, 2000).

2.2 Aydınlatma Tekniğinin Temel Büyüklükleri

Aydınlatma tekniği, ışığa ve aydınlatmacılığa ait hesap, ölçme ve değerlendirmeleri yapabilmek için aşağıdaki temel büyüklükleri tanımlamış ve kabul etmiştir (Özkaya, 2000).

2.2.1 Işık Akısı

Bir ışık kaynağının ışık akısı, bu ışık kaynağından çıkan ve normal gözüün spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısına denir. [1]



Şekil 2.1 Işık akısı

Işık akısı ϕ harfi ile gösterilir. Birimi lümen'dir. 1 lümen = 1lm

$$\phi = K_0 \cdot F \cdot V_\lambda \quad (2.1)$$

Burada F enerji akısını, K_0 da enerji akısının $V_{555} = 1$ için (ışık sal) fotometrik değerini gösterir. $\lambda_0 = 555 \text{ nm}$ için $V_{555} = 1$ ve $K_0 = 682 \text{ lm/W}$ tır.

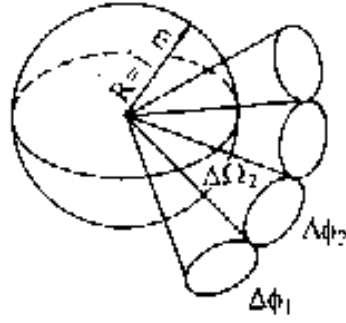
Herhangi bir dalga uzunluğu için enerji akısının ışık sal eşdeğeri

$$K_\lambda = K_0 \cdot V_\lambda \quad (2.2)$$

olur.

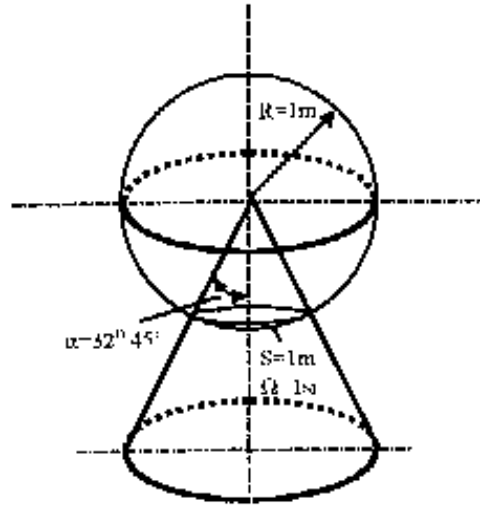
Işık akısı genel olarak düzgün yayılmaz; uzayın farklı doğrultularında yoğunluğu farklıdır. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için uzay açısı kavramına ihtiyaç vardır. Genel olarak bir ışık kaynağının ϕ toplam ışık akısı uzayın muhtelif kısımlarına yayılan $\Delta\phi_1, \Delta\phi_2, \dots$ kısmi ışık akılarının toplamı olarak düşünülebilir (Şekil 2.2).

$$\phi = \Delta\phi_1 + \Delta\phi_2 + \dots \quad (2.3)$$



Şekil 2.2 Kısmi ışık akıları ve kısmi uzay açıları

İçinden kısmi bir ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay açısına uzay açısı denir. $\Omega = \Delta\Omega_1 + \Delta\Omega_2 + \dots$ Uzay açısı, noktasal ışık kaynağı merkez olmak üzere yarıçapı $R=1\text{m}$ olan bir küre düşünmek ve koni veya piramidin küre yüzeyinde ayırdığı yüzey parçasının alanını hesap etmek suretiyle ölçülür. Eğer bu yüzeyin alanı 1 m^2 ise, bu takdirde bu uzay parçasının uzay açısı 1 steradyan (sr) dır denir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Uzay açısı tanımı

Bütün küre yüzeyi $4\pi\text{ m}^2$ olduğundan, noktasal ışık kaynağının bütün uzaya gönderdiği toplam ışık akısı $4\pi = 12,57\text{ sr}$ 'lık bir uzay açıdan yayılır. Demek ki düzlemsel açının birim dairede yay olarak ölçülmesine karşılık uzay açısı, birim kürede yüzey olarak ölçülür.

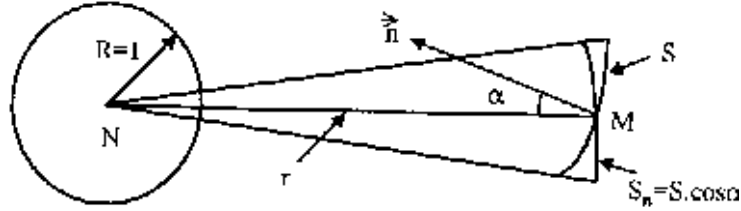
Düzlemsel açı bir noktadan çıkan iki yarım doğru arasındaki açıdır. Böyle bir açı iki yarım doğru ile sınırlanan yayın yarıçapa bölümü ile ölçülebilir. $\alpha = b/r$ rad. Buna göre düzlemsel açı birim dairede yay olarak ölçülmektedir. Örneğin bir noktaya ait düzlemsel açı $2\pi r/r = 2\pi$ rad dır.

Uzay açısı da benzer şekilde bir noktadan çıkıp koni veya piramit oluşturan yarı doğruların meydana getirdiği uzay parçası olarak tanımlanır. Uzay açısı, bu koninin, yarıçapı r olan küreden ayırdığı küre kapağının ayırdığı alanının yarıçapın karesine bölümü ile ölçülür. Demek ki bir noktaya ait uzay açısı $\Omega = 4\pi r^2/r^2 = 4\pi$ sr dir.

Aydınlatma S yüzeyi N noktasal ışık kaynağından r uzaklıkta bulunuyor ve S ' nin NM doğrultusuna dik yüzeydeki izdüşümü $S_n = S \cdot \cos\alpha$, r yarıçaplı küre yüzeyinin bir parçasını oluşturuyorsa, bu takdirde bu yüzeye ait uzay açısı,

$$\Omega = \frac{S \cdot \cos\alpha}{r^2} = \frac{S_n}{r^2}; S_n = S \cos\alpha \quad (2.4)$$

denklemleriyle tanımlanır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı

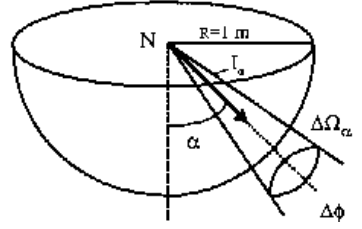
2.2.2 Işık Şiddeti

Işık şiddeti I harfi ile gösterilir. Birimi candela ($1 \text{ candela} = 1 \text{ cd}$) dır. Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır ve doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısından çıkan $\Delta\phi$ ışık akısının $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısına bölümü ile ilgilidir. Eğer ortamın yutması yoksa $\Delta\phi / \Delta\Omega_\alpha$ ya *ortalama ışık şiddeti* denir. $\Delta\Omega_\alpha$ sifra yaklaşırken bu oranın limiti de I_α ışık şiddetini tanımlar (Şekil 2.5). Yani ;

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_\alpha \rightarrow 0} \Delta\phi / \Delta\Omega_\alpha = d\phi / d\Omega_\alpha \text{ dır.} \quad (2.5)$$

$\Delta\Omega_\alpha \rightarrow 0$



Şekil 2.5 Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki I_α ışık şiddetinin tanımlanması

Bu denklemde ışık akısı lümen ve uzay açısı steradyan cinsinden yerlerine konursa, ışık şiddeti cd cinsinden bulunur Buna göre 1 steradyanlık uzay açıdan çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 cd olur; yani

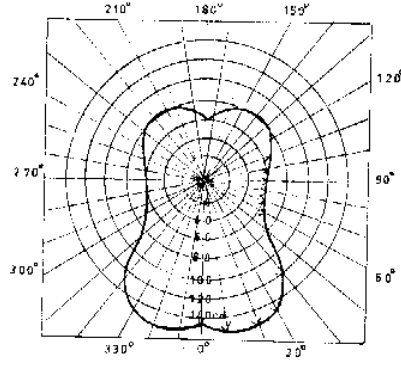
$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ sr} \quad (2.6)$$

dır.

Noktasal bir ışık kaynağının çeşitli doğrultulardaki ışık şiddetlerinin uç noktalarının geometrik yeri bir yüzey olup bu yüzeye söz konusu ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi veya poler fotometrik yüzeyi denir. Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin arakesitinden ibaret olur ki, buna da ışık dağılım eğrisi (polar fotometrik eğri) adı verilir.

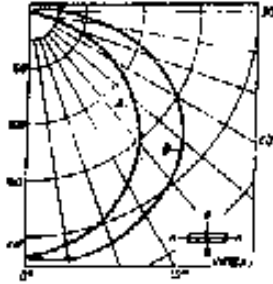
Bir ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi, bu kaynağın ışık dağılımı hakkında tam bir fikir verir. Eğer ışık dağılım yüzeyi dönele simetriye sahip ise bu durumda simetri ekseninden geçen bir düzlem üzerindeki ışık dağılım eğrisi, kaynağın ışık dağılım yüzeyi yerine kullanılabilir. Şekil 2.6' da ışık dağılım yüzeyi dönele simetrik olan bir ışık kaynağının ışık dağılım eğrisi gösterilmiştir.

Genel olarak ışık dağılım eğrileri, çıplak lambaların yaydığı ışık akısının $\phi_L = 1000$ lümen olması durumu için çizilirler. Eğer lambanın yaydığı ışık akısı ϕ lümen ise bu durumda bu lamba ile elde edilecek ışık şiddetleri, buna ait ışık dağılım eğrisindeki değerlerin $\phi : 1000$ ile çarpılmasıyla bulunur.



Şekil 2.6 Işık dağılım yüzeyi dönele simetrik olan bir ışık kaynağının ışık dağılım eğrisi

Işık dağılım yüzeyi dönele simetrik değilse, örneğin floresan lambalı bir aydınlatma aygıtı söz konusu ise, bu durumda değişik düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri (polar fotometrik eğriler) birbirinden farklı olurlar (Şekil 2.7). Bu gibi durumlarda boyuna ve enine düzlemlerdeki ışık dağılım eğrilerinin bilinmesiyle , kaynağın ışık dağılım yüzeyi veya ışık dağılımı hakkında ancak yaklaşık bir fikir elde edilebilir. Eğer kaynağın boyuna ve enine düzlemlerden başka, belirli ara düzlemlerde ki ışık dağılım eğrileri de verilirse, o zaman kaynağın ışık dağılımı hakkında daha çok bilgi edinilmiş olur.

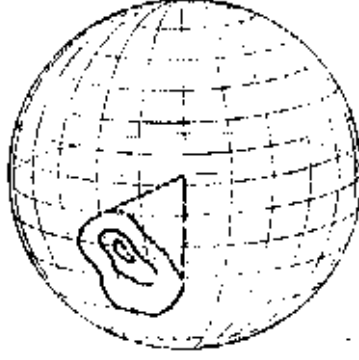


Şekil 2.7 Dönele simetrisiz flüoresan bir lambalı bir aydınlatma aygıtının boyuna ve enine düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri (Eğriler $\Phi_L = 1000$ lümen için verilmiştir.)

A: Boyuna düzlemdeki ışık dağılım eğrisi

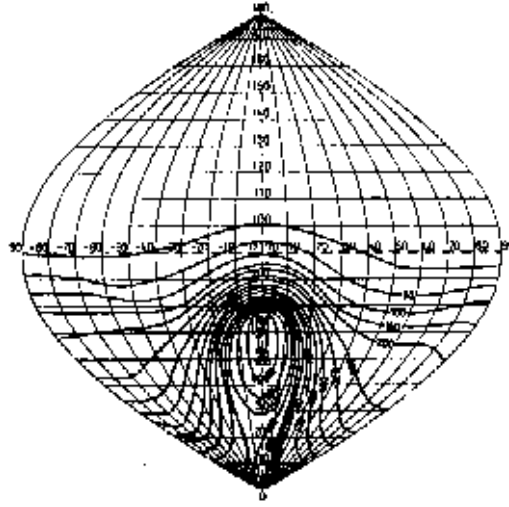
B: Enine düzlemdeki ışık dağılım eğrisi

Bir ışık kaynağının ışık dağılımı hakkında tam bilgi sahibi olmak için *eşışık şiddeti* (*isocandela*) eğrilerinden yararlanır. Bu eğriler şöyle çıkarılır; Merkezi noktasal kaynaktan çıkan bir küre çizilir ve bu küre üzerinde aynı ışık şiddetlerine sahip noktalar, birbirleriyle birleştirilir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Bir kaynağın ışık şiddetlerine tekabül eden vektörlerinin eşmerkezli bir küre üzerindeki izlerinin meydana getirdiği isocandela eğrileri

Eğrilerin küre üzerinde çizilmiş olmaları elverişli değildir. Bu nedenle eğrilerin düzlemsel bir yüzeye aktarılmaları gerekir. Bu aktarmada, ışık akılarının hesabına olanak vermesi için , yüzey alanlarının sakınımlı esas alınır. Dolayısıyla dönüşümde enlem daireleri absis eksenine paralel doğru parçaları ve boylam daireleri de kosinüs eğrileri biçiminde olurlar (Şekil 2.9).



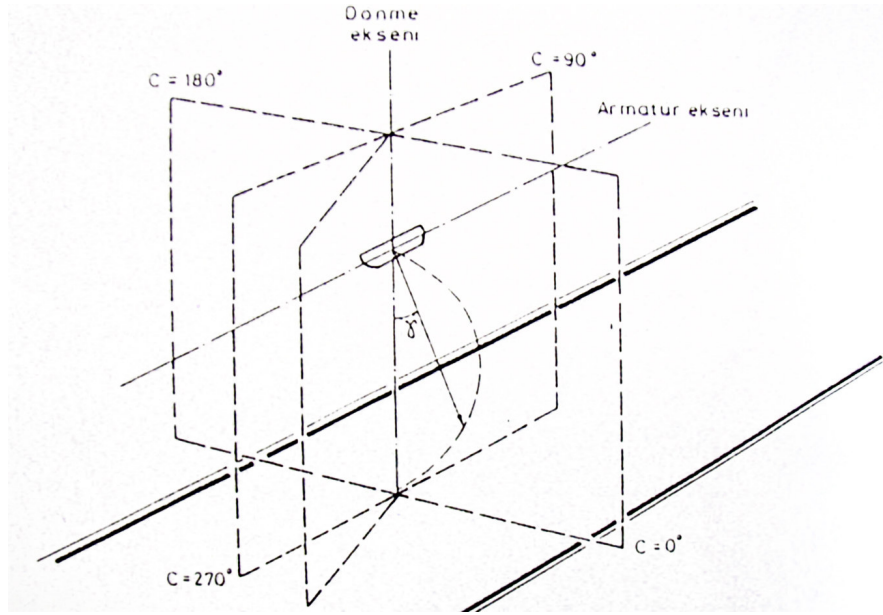
Şekil 2.9 İsocandela diyagramı.

Enlem daireleri yatay doğrular ve boylam daireleri kosinüs eğrileri şeklinde olup, küre üzerindeki yüzey alanları diyagramda değerlerini aynen korumaktadır.

Böylece elde edilen eş ışık şiddeti (isocandela) diyagramında enlem ve boylam açıları ile

belli edilebilen herhangi bir doğrultuya belirli bir noktada karşı düşer ve bu noktanın konumundan o doğrultudaki ışık şiddeti kolayca bulunabilir (Özkaya, 2000).

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE' ye göre, ışık dağılım eğrileri, aygıttan geçen düşey eksenini dönme eksenini olarak alan "C düzlemleri" ve bu düzlemler içinde düşeyle γ açıları yapan ışık şiddeti vektörleriyle verilir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Aydınlatma aygıtlarının C düzlemlerindeki ışık dağılım eğrileri.

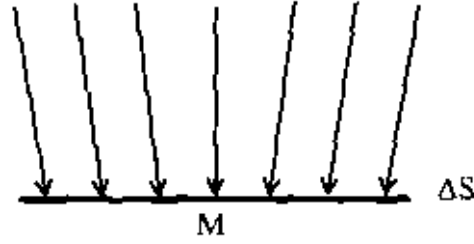
Aydınlatma aygıtlarının (armatürlerin) ışık dağılım eğrileri istenirse, aygıttan geçen ve aygıt eksenine dik olan dönme eksenine göre oluşturulan A düzlemleri veya aygıt eksenini dönme eksenini olarak alan B düzlemleri ile de verilebilir (Yılmaz, 1995).

2.2.3 Aydınlanma Düzeyi

Aydınlanma düzeyi E harfi ile gösterilir. Birimi lüktür. (1 lüks=1lx) Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlanma düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra yaklaşırsa $\Delta\phi / \Delta S$ oranının limiti, bu noktadaki aydınlanma düzeyini verir.

ϕ lümen S metrekare cinsinden alınırsa E lüks bulunur (Şekil 2.11).

$$(1lx = 1 lm/m^2)$$



Şekil 2.11 Aydınlık düzeyinin tanımı

ϕ ışık akısı ile s yüzeyinin aydınlatılmasında konu, her şeyden önce bu düzeye düşen ışık akısı yoğunluğuna bağlıdır. Fakat gerçekte bir yüzeyin aydınlık etkisi için aydınlık düzeyinden başka yüzeyin yansıtma durumu da rol oynar.

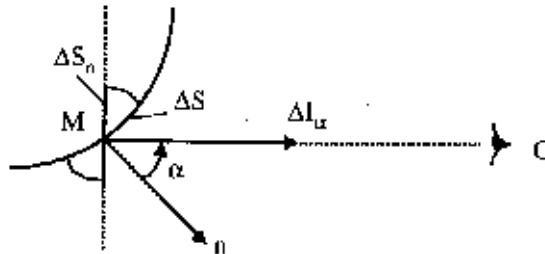
Metrik sistemin kullanılmadığı Anglo-Sakson ülkelerde lüks yerine footcandela birimi kullanılır.

$$1 \text{ footcandela} = 10,761 \text{ lx} \approx 10 \text{ lx}$$

2.2.4 Parıltı (lüminans)

Parıltı L harfi ile gösterilir. Birimi nittir. $1 \text{ nit} = \text{cd}/\text{m}^2$. Parıltı doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.

Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔS in bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına limitidir (Şekil 2.12).

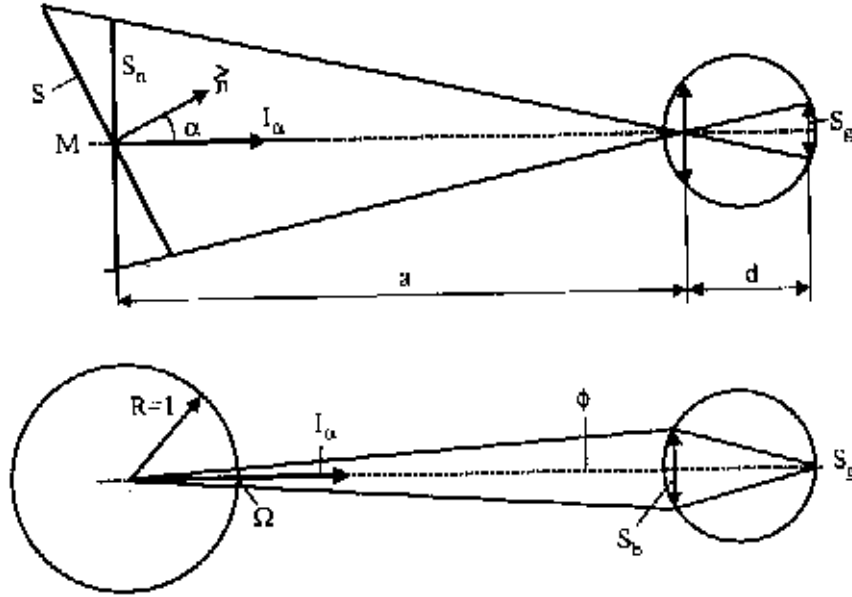


Şekil 2.12 Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki tanımı

Görülüyor ki parıltı kavramı, yüzey, yüzeyin bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsamaktadır. Buna göre parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin, hangi noktasına

ve doğrultuya ait olduğunu belirtmek gerekir.

Aynı şekilde S'in her noktasında parıltı aynı değerde ise $L\alpha = I\alpha/S_n$ olur. Etrafımızdaki cisimler ancak parıltıları ile gözde görme uyandırdıklarından bu kavramı burada kısaca açıklamak gerekir. Bir cismin görülmesi için o cismin gözün ağ tabakadaki görüntüsünün sahip olduğu aydınlık düzeyi birinci derecede rol oynar. Örneğin ışık yayan bir s düzeyi gözde S_g görüntüsü meydana getirmiş olsun (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Parıltının fiziksel anlamı

Görünen $S_n = S \cos \alpha$ yüzeyi ile S_g görüntü arasında aşağıdaki bağıntı vardır;

$$S_g = d^2 S_n / a^2 \quad (2.7)$$

a: cismin göze uzaklığı d: gözün çapı. Görüntünün aydınlık düzeyi ise;

$$E_g = K I \alpha / (s \cos \alpha) = K L \alpha \quad (2.8)$$

olur. Burada $K = S_b / d^2$ ve S_b, gözbebeğinin yüz ölçümüdür. Buna göre bir cismin görülebilmesi için bu cismin ağ tabakadaki görüntüsünün aydınlık düzeyinin çok önemli olduğu ve parıltı tanımının bu bağıntıya dayandığı anlaşılır (Özkaya, 2000).

3. ENDÜSTRİYEL AYDINLATMAYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Endüstriyel aydınlatma çok küçük hacimli iş merkezlerinin aydınlatılmasından, geniş büyük fabrikalara kadar çok geniş bir alanı kapsar.

Endüstriyel aydınlatmanın amacı, güvenli bir çalışma ortamı için yeterli miktarda ve kalitede ışık sağlayarak gözün görme yeteneğini arttırmak, konforlu bir ortamda verimliliği sağlamaktır (Aras, 1994).

3.1 Görsel Konfor ve Ergonomi

Aydınlatmanın fizyolojik-psikolojik ilişkisi ve konfor parametreleri bir arada düşünülmelidir. Belirli bir doğrultu ve aydınlık düzeyindeki ışık kaynağına bağlı olarak, gözün eşik değerleri, görme hızı etkilenir, görme eylemi gerçekleşir, adaptasyon, kamaşma, kontrast duyarlılığı, renk görme, şekil duyarlılığı gerçekleşir. Işıkla olan bu etkileşime vücudumuz da tepki verir, göze gelen ışık miktarına, ışığın geliş doğrultusuna, ışık kaynağının renksel özelliklerine, mekan içindeki aydınlık düzeyi dağılımları ve gölge oluşumuna göre fiziksel rahatsızlıklar gerçekleşebilir, “ fiziksel konfor ” etkilenebilir. Vücudumuzun ışığa tepkisi hormonal ve sinir sistemlerinin etkilenmesi şeklinde de olur, ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak bazı hormonlar aktive olurken, bazılarının aktivite düzeyi azalabilir, sinir hücreleri yardımıyla beyne ulaşan sinyaller değişebilir. Bu durum, kas hareketlerini ve aktivite düzeyini de etkilemektedir (Manav, 2004).

Kimi ülkelerde ve ABD’de “insan faktörleri” olarak bilinen ergonomi, insan kullanımına yönelik tasarım, çalışma ve yaşama koşullarının optimal hale gelmesini amaçlayan uygulamaların bütünü olarak tanımlanmaktadır. Tanımlamaya bağlı olarak insan ve çevresinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

İnsanın algıladığı çevrenin değerlendirilmesinde algılamadaki etkenler de dikkate alınmalıdır. Algılamanın en önemli bölümünü gözün sağladığı düşünülürse, gözle algılamada önemli olan kriterler değerlendirilmelidir (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).

Görmede etkisi olan bazı faktörlerin yapılan iş, çevre ve aydınlatma olduğu bilinmelidir. Genellikle görme eylemi yansıma, iletim ve siluet yoluyla oluşur. Siluetle görme, bir nesnenin varlığının tespit edilmesi ve bu nesnenin sınır (kontur) çizgileriyle ışıklı ortamın arasındaki kontrast farkının açığa çıkmasıyla oluşur. İletim yoluyla görme, beyaz ışığın iletimindeki değişim yardımıyla detayların ortaya çıkmasıyla açıklanır. İletim yoluyla görmede madde üzerine nüfuz eden renklerin değişimleri söz konusudur. Bunlardan farklı olarak görmede en

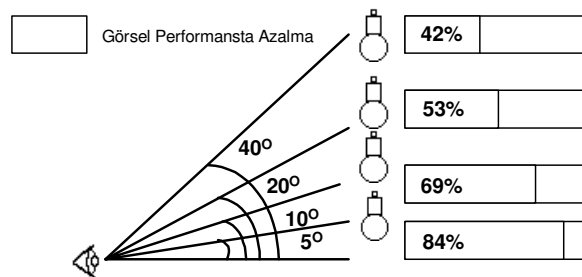
yaygın metot ışığın yansımalarıdır. Bu metotta açık ve koyu alanlar, ışığın yansımadaki değişiklik neticesinde fark edilir. Siluet yoluyla ışıklandırma daha çok düşük seviyeli güvenlik aydınlatması gerektiği yerlerde kullanılır. Bu alanlarda koruma amaçlı ışıklandırma, acil durum teçhizatlarının ışıklandırılması ve taşıt-yaya yollarının ışıklandırılması kapsamaktadır. İletim yoluyla görme genellikle yarı saydam maddelerin görülmesini kapsamaktadır (Chen, 1990).

Görme yeteneği genellikle yapılan işin zorluğuna ve öncelikle de kişiye göre değişir. Bir cismin görülebilirliği onun boyutuna, kontrastına, görünme süresine ve aydınlık düzeyine bağlıdır. Bu faktörlerin her biri diğerlerine bağlıdır ve birindeki azalma diğer birini ya da birkaçını arttırarak kompanse edilebilir (Aras, 1994).

3.2 Ergonomide Görsel Algı

İnsanın duyuşsal ve algısal verileri kapsamında, aydınlatma ile görsel algılama önemli bir yer tutmaktadır. Bütün algılamaların % 80 ile %90'ı görme ile gerçekleşmektedir. Görme duyumlarını ise, renk ve ışık uyarıları meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışanların optimal aydınlatma koşullarında çalışması onların göz sağlığı ve görme yeteneğini koruması açısından önemlidir. İnsanın enformasyon algılamasında en önemli algılayıcı gözdür. Baş sabit tutulduğu zaman, gözler tarafından algılanan alanlara ergonomide, “görsel alan” denilmektedir. Görsel alan, üç bölümde değerlendirilmektedir. Bunlar:

- Düşeyle 1° açı yapan net görme alanı,
- Düşeyle 40° açı yapan orta alan,
- Düşeyle 40° - 70° açı yapan çevresel alandır (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Görsel alan

Görüşü uzun süre yorulmadan, zorlamadan ve yanılığsız sürdürmeyi sağlayan, ruhsal uyumu kolaylaştıran, kullanım amacına uygun olarak seçilmiş armatürlerle oluşturulmuş alanlar ise, “doğru aydınlatılmış” alanlardır.

Eğer insanlar yaptıkları işin ayrıntılarını uygun biçimde görecek aydınlıkta çalışmayacak olursa, kaza riskleri artacak, iş verimi ve etkinliği azalacaktır. Uygun aydınlatma için ise masa ve iş görme yüzeyinin yüksekliği doğru belirlenmeli, oturma yüksekliği ile aralarındaki fark doğru değerlendirilmelidir.

Bu değerlendirmelerin doğru yapılmaması durumunda, kötü bir aydınlatmaya bağlı kamaşma, gölgeleme ya da ışık titreşimleri kaçınılmaz olacaktır. Kötü aydınlatma sonucunda gözde;

- okülomotor değişiklikler¹
- oküler ağrı²
- kaşıntı
- göz yaşarması
- gözlerin uyum ve konverjans yeteneğinin³ azalması
- baş ağrısı, renk yanılıgıları gibi problemler ortaya çıkacaktır.

Kullanıcının psikolojik algılarının dikkate alınması söz konusu olduğunda doğal aydınlatma da önemli olmaktadır. Doğal aydınlatma kapalı mekanlarda pencere ve tepe aydınlatmalarını beraberinde getirmektedir. Bir mekandaki gün ışığı değerleri pencerelerin boyutlarına, yerine ve yönüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin, koyu renkli bir duvara açılan küçük bir pencere, çevresindeki yüzeyle arasındaki parıltı farkı nedeniyle kamaşma kaynağı haline gelebilmektedir.

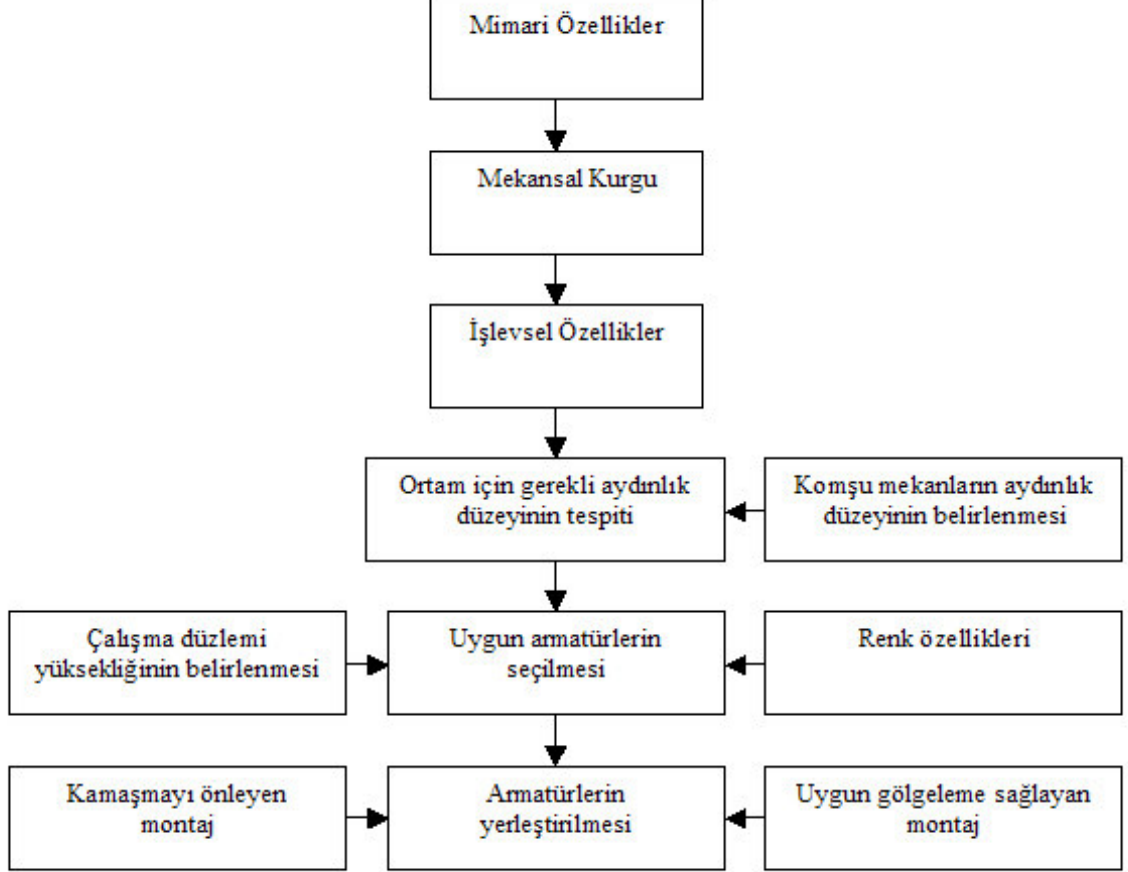
Ergonomi kurallarına bağlı olarak yapılacak olan aydınlatma sistemi tasarımında ise izlenecek yol Şekil 3.2'deki gibi olmalıdır. Ergonomik aydınlatma sistemi tasarlanırken, öncelikle yapının mimari özellikleri, mekansal kurgusu ve işlevsel özellikleri göz önünde tutularak, ortam için gerekli aydınlık düzeyi tespit edilmelidir. Bu tespitte, komşu mekanların aydınlık düzeyi de mekan geçişlerindeki aydınlık düzeyi farkı açısından önemlidir. Bu aşamadan sonra gerekli aydınlık düzeyini sağlayacak armatürlerin seçiminin yapılması gerekmektedir. Bunun için çalışma düzlemi yüksekliği ve seçilecek ışık kaynağının renksel geri verim endeksi etkili olmaktadır. Uygun aydınlatma sistemi açısından, aydınlatma hesapları yapıp, armatür sayısı

¹ Okülomotor Değişiklik: Gözdeki refleks hareketlerinin değişmesi

² Oküler Ağrı: Göz kasındaki ağrılar

³ Konverjans Yeteneği: Yakına odaklama

belirlenmelidir. Seçilen armatürlerin yerleştirilmesi işlemine geçildiğinde kamaşmayı önleyen ve uygun gölgelemeyi sağlayan montajın yapılması gerekmektedir (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).



Şekil 3.2 Ergonomide aydınlatma sistem tasarımı

3.3 Doğru Aydınlatma İçin Kalite Ögeleri

Aydınlatmanın kalitesi, ışık veren cisimlerin görsel ortamdaki dağılımına bağlıdır. Bahsedilen kalite kavramı pozitif bir amaçla kullanılır ve ışık veren bütün cisimlerin görsel performansa katkıda bulunduğunu kabul eder. Fakat bunun yanında parıltı, difüzyon, yansıma, uniformluk, renk, aydınlık ve aydınlık oranı gibi faktörler görünürlük ve kolay, hassas, hızlı görebilme üzerinde oldukça fazla önem taşırlar.

Bazı görme ile ilgili işler diğerlerine göre çok daha fazla dikkatli analiz yapmayı gerektirmektedir. Endüstrideki düşük kaliteli aydınlatma sistemi kurulumları konforsuz ve hatta zararlı olarak nitelendirilir. Çok az kamaşma olan durumlarda bile karşımıza çıkan kümülatif etkiler, görme kalitesindeki materyal kaybı ve aşırı yorgunluk olarak karşımıza

çıkabilir. Yukarıda sözü edilen birçok faktör aşağıda daha detaylı anlatılmaktadır (Chen, 1990).

Yapay aydınlatmanın kalite öğeleri çerçevesinde tarif edilen kalitesi, büyük oranda planlama ve uygulama sürecinin kalitesi ile bağlantılıdır. Aydınlatmanın kalite öğeleri arasında bulunan

- Aydınlatma seviyesi- parlaklığın,
- Aydınlığın düzgün dağılımı-parıltının düzgün dengelenmesinin,
- Kamaşma kontrolü- doğrudan kamaşmayı ve yansıyan kamaşmayı önleyerek, rahatsız edici etkenler olmaksızın görebilmenin,
- Işığın yönü ve modelleme- üç boyutlu biçimlerin ve yüzey dokularının algılanmasının,
- Işık rengi-lambaların renksel görünümünün ve bununla bağlantılı olarak renksel geriverim-renklerin doğru şekilde algılanıp birbirlerinden ayrılabilmelerinin ve ayrıca mekanın ambiyansının ölçütüdür [4].

Avrupa standardı EN12464-1'e göre aydınlatma; uzun periyotlar ve ağır şartlar altında çalışanların, görevlerini başarabilmelerini sağlamalıdır. Aynı zamanda çalışanların işlerindeki etkinlik ve verimliliklerini arttırmak ve kendilerini rahat hissetmelerini sağlamakta da yardımcıdır. Son olarak aydınlatma iş yeri güvenliğinin sağlanmasında yardımcıdır.

EN12464-1'e göre aydınlatma tasarım (kalite) kriterleri, yukarıda bahsedilen özelliklere ek olarak endüstriyel aydınlatmada gün ışığının önemini vurgular [5].

3.3.1 Aydınlık Düzeyi ve Parıltı

Kişinin rahat yaşamasının ve etkin çalışabilmesinin koşullarından birisi uygun aydınlatmadır. Üzerinde işlem yapılan cisim ve yüzeylerin gereğinden fazla veya az aydınlatılmasının, esas işin görülmesini güçleştireceği açıktır. Aynı zamanda göz uyumunu da zorlaştıracaktır. Aydınlıktan daha az aydınlığa geçişte bir uyum zamanı gerekmektedir. Birdenbire parlak bölgeden daha az aydınlık bir bölgeye geçişlerde, uyum için yeterli zaman geçmezse, düşmeler, kaymalar ve çarpmalar olabilmektedir. Bu noktada aydınlık düzeyi uyum mekanizması için kritik bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).

İş görenlerin kendilerini rahat ve ışıklı bir ortamda bulmaları ve daha istekli bir şekilde çalışabilmeleri için yeterli ve tatmin edici bir aydınlatma düzeyi tercih edilmelidir. İyi bir aydınlatmanın en önemli koşulu aydınlatmanın yeterli olmasıdır. Yeterli aydınlatma, verimliliği doğrudan ve net olarak artırır. Görmedeki çabukluk ve doğruluk bir yandan zaman

kazancı sağlarken, öte yandan kalitenin iyileşmesine olanak verir. Yetersiz aydınlatmanın verimliliğe olduğu kadar işçinin moral ve göz sağlığına da olumsuz etkileri vardır [3].

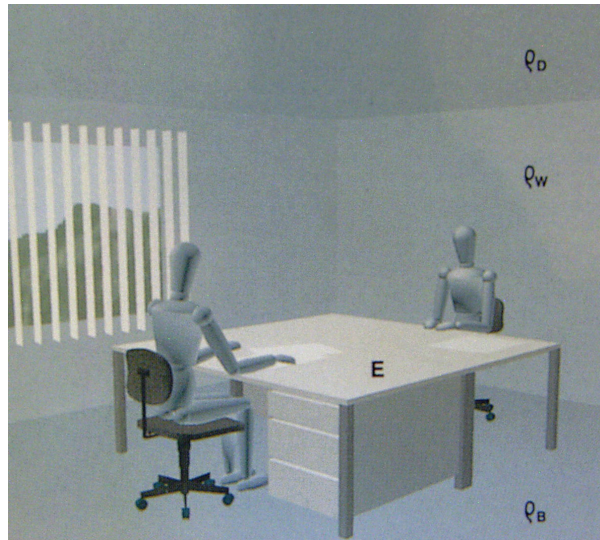
Göz için görülen cismin parıltısı daha önemli olduğu halde, aydınlatma hesaplarında amaca uygunluğu bakımından, önce aydınlık düzeyi seçilir. Biliyoruz ki lüks cinsinden E aydınlık düzeyi ile apostilb cinsinden L parıltısı arasında (ideal dağıtıcı yansıtma için)

$$L(\text{asb}) = \rho \cdot E(\text{lx}) \quad (3.1)$$

bağıntısı vardır. Burada ρ cismin yansıtma faktörünü gösterir. Yönetmeliklerdeki aydınlık düzeyleri, cismin yansıtma faktörünün ortalama % 25 ve odayı sınırlayan yüzeylerin yansıtma faktörünün de %30 olduğu durumlar için verilmiştir. Fizyolojik-optik esaslar konusunda görüldüğü gibi gözün kontrast duyarlılığı, ancak, gözün adapte olduğu parıltı 200 ila 10000 asb arasında olduğu zaman en yüksektir. Buna göre, yansıtma faktörü %30 olan bir cismin 200 asb lik bir parıltı ile görülmesi için aydınlık düzeyi $E(\text{lx}) = 200/0.30 = 660 \text{ lx}$ olmalıdır (Özkaya, 2000).

Bazı yüzeylerin yansıtma faktörleri, aşağıda verilmiştir:

- Beyaz duvarlar %85 e kadar,
- Açık renk ahşap duvar kaplamaları %50 ye kadar,
- Kırmızı tuğla yüzeyler %25 e kadar

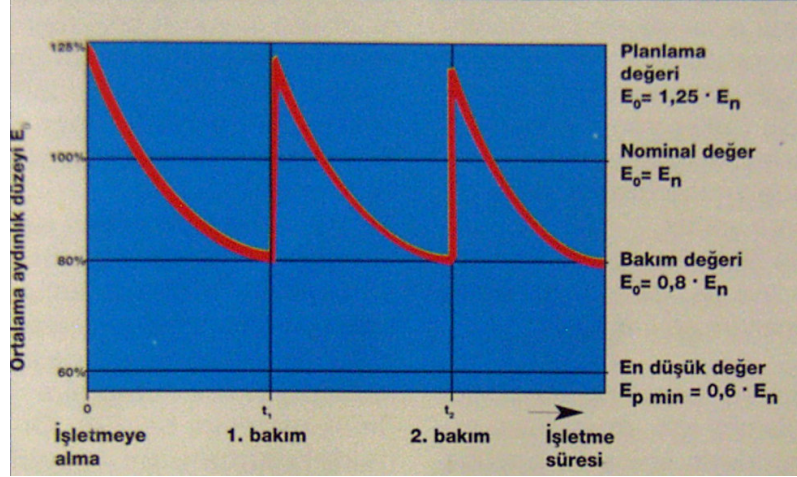


Şekil 3.3 Yüzeylerin yansıtma faktörleri

Yüzeylerin yansıtma oranları azaldıkça ve görsel performans zorlaştıkça, aydınlık düzeyinin artırılması gerekir.

Nominal aydınlık düzeyi E_n , aydınlatma sistemi planlanan mekan ya da kısmi mekandaki aydınlık düzeyinin geçici ve üç boyutlu ortalama değeridir.

Aydınlık düzeyi; lambaların, armatürlerin ve mekanın zamanla aşınması ve kirlenmesi sonucunda sistemin kullanma süresi içerisinde azalır. Bu azalma, planlama sürecinde göz önüne alınır. Genelde, ışık kayıp faktörü $p = 1.25$ (ya da başka bir tarife göre bakım faktörü $v = 0.8$) olarak hesaba katılır.



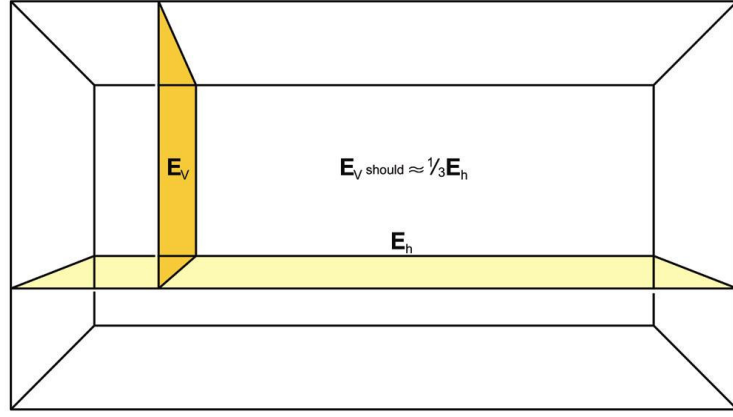
Şekil 3.4 Bir aydınlatma sisteminin ortalama aydınlık düzeyinin (E_0), işletme süresine ve gerekli bakımlara bağlı seyri

Ortalama aydınlık düzeyi, nominal aydınlık düzeyinin %80'inin (ya da mekandaki en kötü aydınlatılmış iş yerinde nominal aydınlık düzeyinin %60'ının) altına düşmemelidir.

Nominal aydınlık düzeyi E_n , çalışma düzleminde zeminden genellikle 0.85m; yol aydınlatmalarında da merkezden max. 0.2m yükseklikte ölçülür. [12]

Sürekli bina içinde çalışılan yerlerde min. aydınlık düzeyi 200 lux dur. Nominal ışık bir odada veya odanın bir parçasında belli bir aktivite için kullanılan anlamlı ışıktır. İş yerindeki aydınlık değildir.

Ana görsel objeler farklı bir düzlemde olduğunda, bir kontrol kabininde olması gibi, nominal aydınlık uygun çalışma düzleminde ölçülür. Ticaret ve endüstride görsel görevler, herhangi bir açıda eğimli yüzey veya nesne üzerindeki işi içerebilir. Bu yüzden uygun dikey aydınlığı (E_v) sağlamak önemlidir. Tavsiye edilen dikey aydınlığın yataya oranı 1:3 tür.



Sekil 3.5 Dikey aydınlığın yatay aydınlığa oranı

Dış çalışma ortamları ve dış iletişim bölgelerinde nominal aydınlık çalışma alanının, çalışma yerinin veya iletişim bölgesinin ortalama aydınlığıdır. Nominal değerler DIN 5035 Bölüm2 ve ASR 41/3 te yer almaktadır.

Ekonomik sebeplerden dolayı optimum aydınlık değerleri olan 1000 lux ve 2000 lux sadece birkaç uygulamada görülebilmektedir, bu nedenle DIN 5035 ve ASR 7/3 değişik içerik ve aktivite tipleri için sistem planlama ve tahminlerde minimum nominal aydınlatma gereksinimlerini içerir [2].

Çizelge 3.1 İş yerlerinde ortalama aydınlık düzeyleri

Aydınlığa olan istek	İşin cinsi	Yalnız genel aydınlatma	Genel aydınlatma ile desteklenmiş iş yeri aydınlatması	
		Ortalama aydınlık düzeyi (lx)	İş yeri aydınlık düzeyi (lx)	Ek genel aydınlatma aydınlık düzeyi (lx)
Çok az	-	60	-	-
Az	kaba	120	-	-
Orta	orta	250	250	60
Yüksek	ince	500	500	120
Çok yüksek	çok ince	1000	1000	250
Aşırı yüksek	-	-	4000	500

Endüstride ve atölyelerde çeşitli iş türleri için örnekler:

Kaba işler: Dökümhanede büyük parça dökümü,

Döküm parçalarının temizlenmesi.

Kaba maden işleme işleri.

Orta ince işler: Dökümhanede basit şekillerin dökümü.

Maden işlemede torna işleri, pres işleri,

Kaba montaj işleri.

Gıda sanayiinde fırın, kasap, değirmen, mutfak işleri.

İnce işler: Dökümhanede karışık şekillerin dökümü,

Maden işlemede ince merdane ve çekme işleri.

İnce torna işleri, ince pres ve montaj işleri,

Büro işlerinde daktilo, yazı ve okuma işleri.

Çok ince işler: Maden işletmede, oymacılık, ince mekanik işleri,

Ölçü aletleri montajı,

Büro işlerinde resim çizme (Özkaya, 2000).

3.3.2 Aydınlığın Düzgün Dağılımı

Bir aydınlatmanın niteliği yalnız aydınlık düzeyinin uygun seçilmesiyle sağlanmaz. Ayrıca aydınlatmanın yer ve zaman bakımından da düzgün olması istenir.

3.3.2.1 Aydınlığın Yer Bakımından Düzgünlüğü

Göz daima görme alanındaki parlılığa uyduğundan, aydınlığı düzgün olmayan yerlerde farklı parlılıklarla karşılaşır; dolayısıyla fizyolojik-optik bakımdan uygun görme koşullarından uzaklaşmış olur.

Genel olarak aydınlığın yer bakımından düzgünlüğünü belirtmek için δ_1 ve δ_2 ile gösterilen iki düzgünlük faktörü tanımlanır. δ_1 düzgünlük faktörü, en küçük aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı ve δ_2 düzgünlük faktörü de en küçük aydınlık düzeyinin en büyük aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanır; yani

$$\delta_1 = E_{\min} / E_0 \quad (3.2)$$

$$\delta_2 = E_{\min} / E_{\max} \quad (3.3)$$

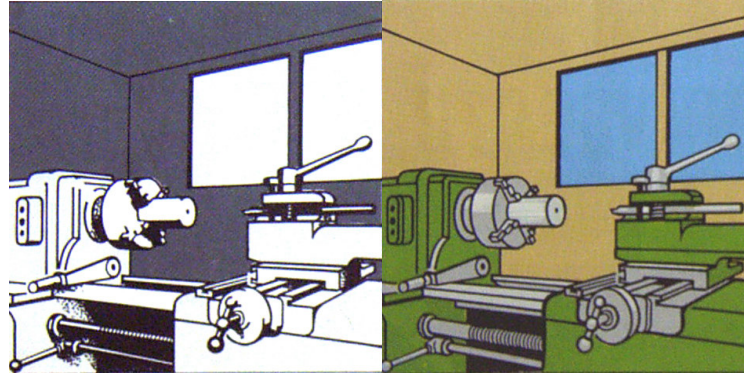
Yalnız genel aydınlatma durumunda $E_{\min} / E_0 = \delta_1$ in değeri Çizelge 3.2 de gösterilen değerlerden küçük olmamalıdır.

İç aydınlatmada $h/d = 1/1$ ile $1/2$ dış aydınlatmada ise $h/d = 1/3$ ile $1/5$ arasında olursa Çizelge 3.2 deki değerler sağlanmış olur. Burada h lamba yüksekliğini, d lambalar arası açıklığı göstermektedir (Özkaya, 2000).

Çizelge 3.2 Aydınlığa olan isteğe göre δ_1 in değeri

Aydınlığa olan istek	$\delta_1 = E_{\min} / E_0$
Çok az, Az	1:2,5
Orta, yüksek, çok yüksek	1:1,5

Eş aydınlatma düzeyi: Her iş yerinde benzer işlerin yapıldığı bölümlerin aydınlatma düzeyi birbirine yakın olmalı. Aydınlatılan bölgenin hiçbir noktasındaki aydınlık düzeyi genel aydınlatma düzeyinin %60'ından az olmamalı.



Şekil 3.6 Aydınlığın yere göre düzgün dağılımı

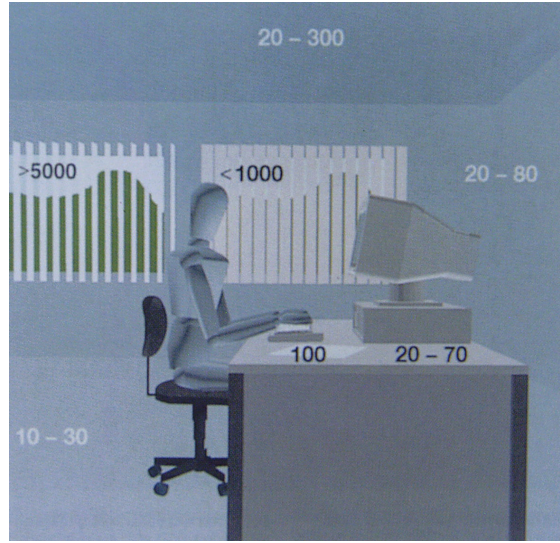
Eş aydınlatma düzeyi iş kararlılığını ve iyi hissetme duygusunu artırır. Bir odadaki parlaklık dağılımı yüzeylerin yansımaya oranına ve aydınlık dağılımına bağlıdır. İnsan gözü otomatik olarak parlaklık değişimine adapte olur. Ama değişikliklerin belirgin olduğu yerlerde, sabit adaptasyon yorgunluk belirtileri gösterir. Bu nedenle bir çalışma parçasının aydınlığı ile yakın çevredeki parçaların arasındaki oran 3:1'i aşmamalı ve 1:3'ten az olmamalıdır. Aydınlık seviyelerinin eşit olduğu yerlerde renk farklılığı gereklidir.

Çalışma yüzey aydınlığının daha uzaktaki geniş yüzeylerin aydınlığına oranı örneğin tavan, duvar, ekipman gibi 10:1 den çok ve 1:10 dan az olmamalıdır. Toplam olarak benzer şekilde dağılmış aydınlık, yorgunluğu arttıran görsel tekdüzelik yaratır. İç mekanlar için bir aydınlatma sistemi veya renk seçilirken bu durum akılda tutulmalıdır. Açık renk pastel tonlar tavsiye edilir. Bu nedenle yansıma aşağıda verilen sınırlar içinde tutulmalıdır [2].

Masa-makine yüzeyleri: $p = \%20 - \%50$

Tavan: $p = \%60 - \%70$

Duvarlar: $p = \%50$



Şekil 3.7 Mekandaki aydınlık düzeyi dağılımı

Mekandaki aydınlık düzeyi, düzgün aydınlık dağılımı konusunda bir değerlendirme yapmak için tek başına yeterli değildir. Düzgün aydınlık dağılımı, bu örnekte görüldüğü gibi parlıltı (cd/m^2) değerlerine bağlıdır [4].

Endüstriyel iç mekanlarda genellikle, işlemlerin ve kullanılacak elemanların esnek düzenine ve ayrıca tüm alanda daha düzenli bir aydınlık sağlamaya olanak veren düzgün yatay aydınlık tercih edilir. Çok fazla aydınlığa sahip alternatif alanlar tercih edilmez çünkü gözleri buna alıştırmak gözleri yorar.

Işık kaynağından gelen yansımalar, yansıyan parlıltı yapmadıkları takdirde yararlı olabilirler. Küçük metal kısımların işlenmesi ve takip edilmesi sürecinde bu yansımalar kontur hatalarını, çatlak izlerini daha görünür hale getirirler.

Genel aydınlatma sisteminden kaynaklanan gölgeler cismin derinliğinin artmasında rol oynadığı için tercih edilebilir fakat koyu gölgelerden kaçınılmalıdır. Geniş yayımlı ışık

kaynağı kullanıldığı zaman ya da nesne birden fazla kaynak tarafından aydınlatılıyor ise gölgeler ya açık olur ya da söz konusu bile olamaz.

Özel ayarlanmış gölgeler özelleşmiş görevlerde yararlı olmaktadır (cılalı yüzeylerdeki kazınmış izlerin tespiti ve tekstil ürünlerinin takip işlerinde) bu türlü bir gölge efekti yeterli doğrusal ışıklandırmanın yanı sıra yeterli difüze olmuş genel aydınlık gerektirmektedir.

Detayları görebilme yeteneği detayla arka plan arasındaki kontrasta bağlıdır. Aydınlatmadaki kontrast farkı ne kadar büyükse o kadar rahat bir görme işlevi gerçekleşir. Çevresel aydınlık düzenli olduğunda göz fonksiyonları daha verimli ve rahat olur. İmalat alanında, ofislerde sağlandığı kadar kolay sağlanan aydınlatma ilişkisinin elde edilemediği birçok saha vardır. Çizelge 3.3, endüstriyel alanlardaki maximum aydınlatma oranının önerildiği pratik bir rehber olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3 Endüstriyel alanlar için önerilmiş maximum aydınlık oranları

	Çevresel sınıflandırma		
	A	B	C
(1) Üretim birimi (yapılan iş) ve komşu daha karanlık çevreler arası	3'den 1'e	3'den 1'e	5'den 1'e
(2) Üretim birimi (yapılan iş) ve komşu daha aydınlık çevreler arası	1'den 3'e	1'den 3'e	1'den 5'e
(3) Üretim birimi (yapılan iş) ve komşu daha uzak karanlık çevreler arası	10'dan 5'e	20'den 1'e	*
(4) Üretim birimi (yapılan iş) ve komşu daha uzak aydınlık çevreler arası	1'den 10'a	1'den 20'e	*
(5) Işıklıklar (yada pencereler, çatı pencereleri...vb.) ve komşu yüzeyler arası	20'den 1'e	*	*
(6) Normal görüş alanı içindeki herhangi bir yer.	40'dan 1'e	*	*

* Aydınlatma oranı kontrolü pratik değildir.

- A. Tüm mekanın yansıtıcılarının önerilen en uygun görme koşullarını sağlayan bir düzende kontrol edilebildiği iç mekanlar
- B. Acil çalışma alanlarındaki yansıtıcıların kontrol edildiği fakat uzak çevre kontrolünün sınırlı olduğu alanlar.
- C. Yansıtıcıların ve çevre koşullarının kontrolünün çok zor olduğu mekanlar (iç ve dış)

Önerilen aydınlatma ilişkilerini uygulamak için, aydınlatma elemanları arasındaki aydınlık dağılımının kontrolü için oda yüzeylerinin tüm bitişlerinin ve aydınlatma elemanlarının yansımalarının seçilmesi gereklidir. Çizelge 3.4 endüstriyel mekan ve aletler için önerilen yansıtma değerlerini listelemektedir. Önerilen aydınlık ilişkisini ve ışığın yüksek kullanımını sağlamak amacıyla yüksek yansıtımlı yüzeyler tercih edilir (Chen, 1990).

Çizelge 3.4 Endüstriyel iç mekan ve donatıları için önerilmiş yansıtma değerleri

Yüzeyler	Yansıtma oranı * (yüzde olarak)
Tavan	80'den 90'a
Duvarlar	40'tan 60'a
Sıra ve bank üstleri, makineler ve donatılar	25'ten 45'e
Zeminler	20'den az olmadan

Tavan, duvar ve yüzey gibi yüksek yansıtma gereksinimi olan aydınlatma sisteminin w/m^2 si daha düşük seçilir ve bu yüzden daha ekonomiktir [2].

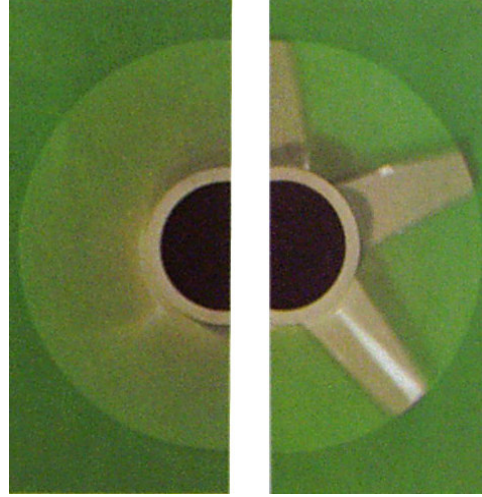
3.3.2.2 Aydınlığın Zaman Bakımından Düzgünlüğü

Aydınlığın zaman bakımından dalgalanması, gözde rahatsız edici bir etki yapmayacak kadar yavaş veya hızlı olmalıdır. Işığın titremesi çok sakıncalıdır ve uzunca bir zaman devam ederse, dayanılmaz bir hal alır. Akkor telli lambalarda, kızgın telin ısıl ataletinden dolayı 50Hz'de bir ışık titremesi olmaz. Fakat 25Hz ve 16 2/3 Hz'de böyle bir titreme olabilir. Deşarj lambalarında ise, ışık, akım değişimini hemen hemen gecikmesiz izlediğinden, oldukça

* Yansıtma çarpanı pratikte önerilen değerlere yakın tutulmalıdır.

belirli ışık titremeleri olur (Özkaya, 2000). Yapılan araştırmalarda ışık titreşimleri altında çalışan operatörlerde, bir algı yanılmasının olduğu ve makine devirlerinin yavaş olarak algılandığı gözlenmiştir. “Stroboskopik etki” olarak bilinen bu sorun, iş ortamında kullanılan aydınlatma lambalarının doğru seçilmiş olmamasından kaynaklanmaktadır (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).

Eş zamanlama: Periyodik hareketli makinelerin olduğu yerlerde (fluoresan ya da yüksek basınçlı deşarj lambalarının olduğu yerlerde) optik yanılma artar. (stroboskopik etki) Dönen çarklar duruyormuş gibi görünebilir. Kaza riski geri yönlendirmeli armatürle veya 3 fazlı devreler ya da floresan lambalı armatürlerde elektronik balast kullanılarak azaltılabilir. Eş zamanlama kaza riskini azaltır [2].



Şekil 3.8 Aydınlığın zamana göre düzgün dağılımı

Bu bakımdan ışık titremelerini muhakkak önlemek gerekir. Üç fazlı gerilimle beslenen binalarda aynı aygıt içinde bulunan floresan lambaları ayrı ayrı fazlardan beslemek veya bir fazlı gerilimle beslenen binalarda dekalörlü balastlar kullanılarak bu titreşimleri büyük ölçüde önleme olanağı vardır (Özkaya, 2000).

3.3.3 Kamaşma Kontrolü

Aydınlatma tesislerinde en çok rastlanan ve en kaba hatalardan biri kamaşmadır. Bir ışıklandırma tesisi, aydınlık düzeyi, düzgünlük faktörü, gölge faktörü ve ışık rengi bakımından isteklere tamamen uygun olsa dahi, kamaşma var ise, henüz amaca yetmez. Kamaşma ışık kaynaklarının parıltıları yanında, çevre parıltısına, kamaşmayı yapan kaynağın büyüklüğüne ve bunun görüş alanındaki yerine bağlıdır. Eğer kamaşmayı yapan kaynak görüş

alanının ortasında ise, kamaşma çok etkilidir (iç alan kamaşması); görüş alanının ortasından uzaklaştıkça kamaşmanın etkisi de azalır (çevre kamaşması). Bugün kullanılan ışık kaynaklarının çoğunun parıltısı yüksektir (fluoresan lambalar hariç). Bu yüzden çıplak kullanılmazlar. Yönetmeliklerde verilen aydınlık düzeylerine ulaşmak için aydınlatma aygıtlarının parıltıları aşağıdaki değerleri aşmamalıdır:

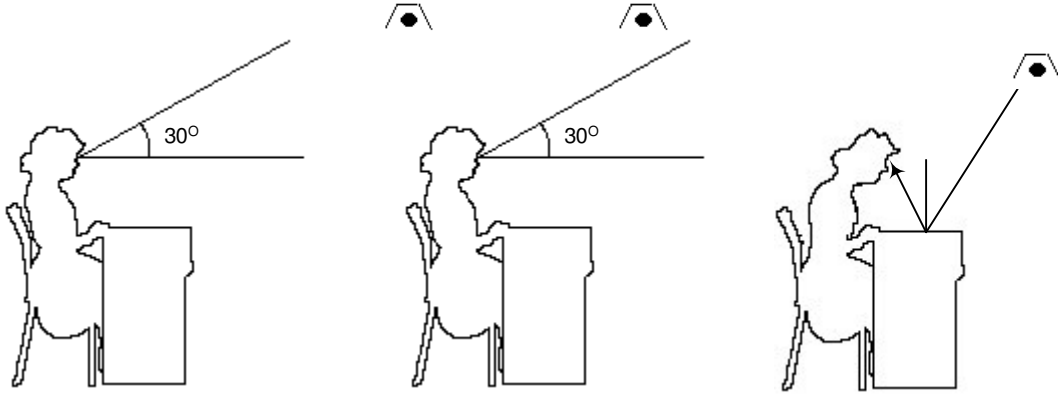
- İş yeri aydınlatma aygıtlarında: aşağıya doğru düşey eksene göre 75^0 ile 180^0 arasında $0,2$ sb'i;
- Endirekt, yarı endirekt ve düzgün aydınlatma aygıtlarında: 0^0 ile 80^0 arasında $0,4$ sb'i;
- Yarı direkt ve direkt aydınlatma aygıtlarında: özellikle dış aydınlatmada daha yüksek parıltılara izin verilir. 60^0 ile 90^0 arasında 2 sb'i geçmemelidir. İç aydınlatmada yarı direkt aydınlatma aygıtları mümkün olduğu kadar açık renk döşeli hacimlerde, direkt aydınlatma aygıtları da tavanı yüksek olan hacimlerde kullanılır.

Demek ki ışık kaynakları göze karşı ekranlanmış olmalıdır; yani parıltıları dağıtıcı elemanlarla azaltılmalıdır. Mat camlar ve mat lambalar kamaşmayı önlemeye yetmezler.

Parlak madensel yüzeylerde, parlak kağıtlarda ve benzeri yerlerde aynasal etki ile meydana gelen kamaşma, ancak ışık kaynaklarının ve gözün yansıtıcı yüzeylere göre bağlı durumunu değiştirerek giderilir. Böylece yansıma ve bakış doğrultuları aynı olmaz.

Görme alanının kenarındaki aygıtlardan ötürü meydana gelen kamaşma (çevre kamaşması), çalışma düzleminin parıltısını yükseltmekle veya bakış doğrultusu ile ışık doğrultusu arasındaki açıyı büyütme suretiyle giderilir (Özkaya, 2000).

Aydınlatma sırasında göz kamaşmasının meydana gelmesi engellenmelidir. Göz ve üretim için en kötü durum, ışık yansımalarının göze vurarak gözü kamaştırmasıdır. Göz kamaşması görmeyi güçleştirip çalışma niteliğini düşürmekle kalmaz, iş kazalarının artmasına ve çeşitli göz bozukluklarına neden olur. Dolaysız kamaşma, doğrudan doğruya ışık kaynağının ışıklarının göze gelerek neden olduğu kamaşmadır. Bu tür göz kamaşmalarını engellemek için ışık kaynağını, yatay görüş çizgisinin en az 30^0 üstüne yerleştirmek gerekir. (Şekil 3.9 kaynak 8) Dolaylı göz kamaşmasının nedeni ise ışık kaynağı değildir. Nedeni, çalışılan yüzeyin ışık kaynağından gelen ışıkları yansıtarak göze iletmesi ve bu yüzeyin ikinci bir zararlı ışık kaynağı oluşturmasıdır [3].



Şekil 3.9 Çalışma düzenekleri

3.3.3.1 Dolaysız Kamaşma

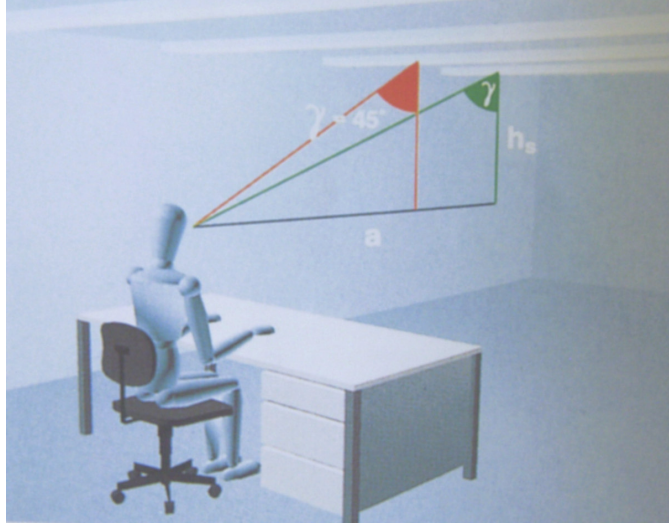
Kamaşma eğer çalışma yada görüş alanındaki gün ışığı yada elektrik ışığından kaynaklanıyorsa dolaysız kamaşma olarak tanımlanır. Dolaysız kamaşmayı azaltmak için, aşağıdaki adımlar uygulanabilir:

1. Işık kaynağının yada aydınlatma elemanının parlaklığını azaltmak yada her ikisi de.
2. Kamaşma durumuna neden olan yüksek ışıklılık alanını azaltmak.
3. Görüş hattıyla kamaşmaya neden olan kaynak arasındaki açiyi arttırmak.
4. Kamaşma kaynağını çevreleyen alanın ve görünen tam zıt bölümün ışıklılığını arttırmak.

Gölgelendirilmemiş fabrika camları sıklıkla bu dolaysız kamaşmanın nedenlerindedir. Çevresi için fazla parlak olan ışıklıklar genelde kamaşmaya neden olur. Bu kamaşma, rahatsız edici dolaysız kamaşma yada bozucu kamaşma olarak yada her iki formda da karşımıza çıkar. Bu formlar, gereksiz yere görsel performans yada görünürlüğe engel olarak görsel rahatsızlık yaratırlar. Bozucu kamaşma görsel performansı düşürür ve bu duruma sıklıkla görsel rahatsızlık da eşlik eder.

Bu dolaysız kamaşmayı azaltmak için, ışıklıklar normal görüş hattından olabildiğince uzak yerleştirilmeli, ışıklık ve yayılan ışığın kalitesinin 45 ile 85 derecelik açı arasında sınırlanacak şekilde tasarlanmalıdır aksi takdirde ışık görüşü engelleyebilir. Bu önlem ek aydınlatma elemanlarını içerir. Üretim birimleri arasında ve çevresel faktörlerde öyle farklılıklar vardır ki tüm ihtiyaçları karşılayacak nitelikte bir kalite seviyesi önerilmesi mümkün olmayabilir.

Üretim alanlarında, normal görüş alanına sahip ışıklıklar, yataydan en az 25 derece tercihen 45 derecelik açıda korunmalıdır (Chen, 1990).

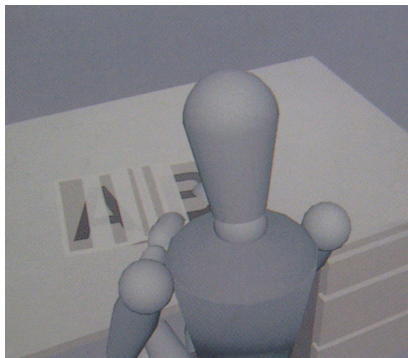


Şekil 3.10 Kamaşmayı önleyici kritik görme açısı

İç mekan aydınlatmalarında, kullanılan armatürlerin neden olduğu kamaşmayı değerlendirmek için, kritik yarı saçılma açısı dahilindeki parıltıların ne derece sınırlandırıldığı göz önüne alınır. Armatürlerin bakış yönüne paralel yerleşimi, bakış yönüne dik yerleşimine oranla daha az sorun yaratır. DIN 5035 normu, bu konuda yerine getirilmesi gereken minimum şartları içerir [4].

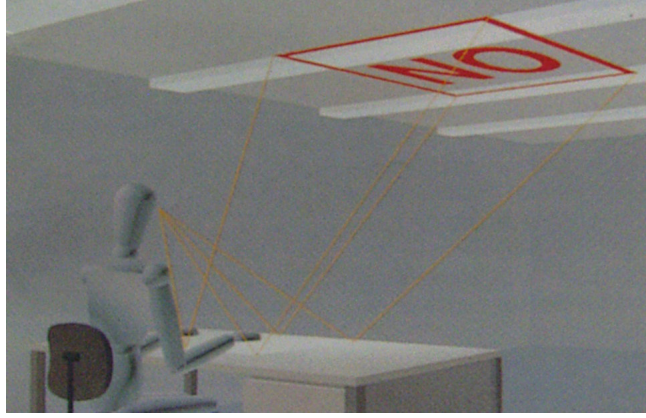
3.3.3.2 Yansıyan Kamaşma

Yansıyan kamaşma, örneğin lambaların, armatürlerin ya da pencerelerin gereğinden yüksek parıltılardan kaynaklanan ve ıslak asfalt yol kaplaması, kuşe kağıt ya da ekran gibi yansıtıcı ve parlak yüzeylerde ortaya çıkan kusurlardır.



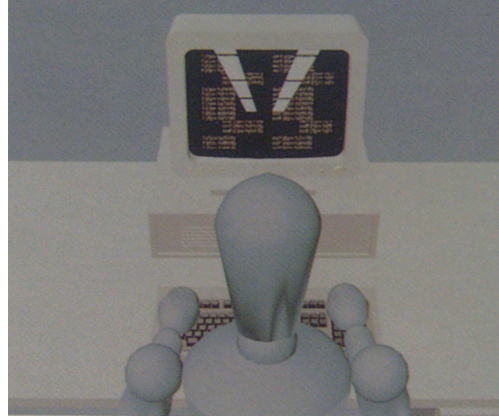
Şekil 3.11 Yansıyan kamaşma

Yansıyan kamaşma, lamba ve armatürler uygun seçilerek ve doğru yerleştirilerek (No-Zone) bölgesine özellikle dikkat edilerek kontrol altında tutulabilir.



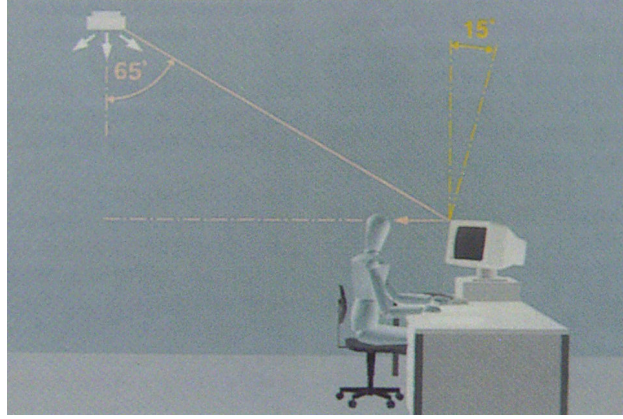
Şekil 3.12 No-Zone bölgesi

Yansıyan kamaşma da, doğrudan kamaşmanın yol açtığı rahatsız edici sonuçları doğurur ve özellikle de kusursuz görme için gerekli olan kontrastı olumsuz şekilde etkiler.



Şekil 3.13 Ekranlarda gözlenen yansıyan kamaşma

Ekranlarda gözlenen büyük ölçüdeki yansımalar, zaman zaman bu çalışma alanlarında iş görmeyi olanaksız hale getirebilir. Bu nedenle, ekranlı çalışma alanlarının aydınlatılması için son derece itinalı bir planlama gerekir.



Şekil 3.14 Kritik yarı saçılma açısı

Modern ekranlar kullanılan çalışma alanlarında, armatürler için 65^0 yarı saçılma açısında 1000cd/m^2 değerinde parlaltı tolere edilebilir.

Sözü edilen bu yansımalar ile parlak yüzeyli kağıda basılı ve eğik konumdaki dokümanların okunması sırasında ortaya çıkan kamaşmaları önlemek için en etkili yöntem, uygun armatürlerin seçilmesi ve bunların doğru yerleştirilmesidir [4].

Endüstride; yansımış kamaşma, parlak alanlardan yansıyan yüksek ışıklı ışık kaynağından dolayı ortaya çıkar. İmalat alanlarında bu durum biraz daha ciddiyet kazanır çünkü bu mekanlar yüksek parlak alanlardan ötürü kritik görüşe sahiptirler; parlatılmış tabaka metal, verniye düzeni ve makineleşmiş metal alanlar gibi. Yansımış kamaşmayı azaltacak yada ortadan kaldıracak birçok yol vardır:

1. Oluşum ve çevresel süreçlerdeki çalışmaların tutarlılığını sağlayan düşük aydınlıklı ışık kaynağı kullanmak.
2. Eğer ışık kaynağının aydınlığı istenilen bir seviyeye getirilemezse, çalışmayı yönlendirmek mümkün olabilir böylelikle yansımalar normal görüş hattına doğrultulmazlar.
3. Işık kaynağının sayısını arttırarak aydınlık seviyesini yükseltmek, yansımaya neden olan ışık kaynaklarının yerleşiminden kaynaklanan aydınlama oranını düşürerek yansımış kamaşmanın etkisini azaltacaktır.
4. Bazı özel durumlarda pratik olan; rahatsızlık veren yüzeylerin düzgün karakterini değiştirerek düzgün yansımayı (ve toplam yansımış kamaşmayı) azaltmaktır (Chen, 1990).

3.3.4 Işığın Yönü ve Modelleme

Üç boyutlu nesnelerin, dokuların ve yüzeylerin iyi ayırt edilebilmeleri, ışığın yönüne ve ışık ile gölgenin birbirlerine oranına (açıklık ve koyuluk) bağlıdır. Işığın yönünü ve gölgelerin derinliğini (modelleme) ise, armatürlerin ışık dağılımı ve yerleşimleri belirler.

Çevresi ile aynı renge ve yansıtma faktörüne sahip bir nesnenin şekli, ancak bu nesnenin üzerindeki ışığın düzgün olarak dağılmaması halinde belirgin biçimde ayırt edilebilir. Çok yaynık bir aydınlatma, nesnenin görüntüsünü donuklaştırır ve rahatsız edici bir gölge noksanlığı ile monotonluğa yol açar.

Buna karşın çok dar açılı noktasal ışık kaynakları da, keskin hatlara sahip sert gölgeler oluşturur. Sözü edilen çarpıcı gölgelerde artık ayırt etme gücü ve bunun sonucunda da optik yanılgılar ortaya çıkabilir. Bu da, örneğin alet ve makinelerin kullanılması sırasında ya da hatalı merdiven aydınlatmalarında çoğu kez ciddi tehlikeler yaratabilir [4].



Şekil 3.15 Endüstride yanlış gölgeleme

Yapılan aydınlatmanın doğrultusundaki hatalar gölgelemeye bağlı algı yanılgılarına neden olabilmektedir. Ancak, endüstri sektöründe kimi zaman kalite kontrolünde özellikle istenen bir durum olarak da karşımıza çıkmaktadır (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).

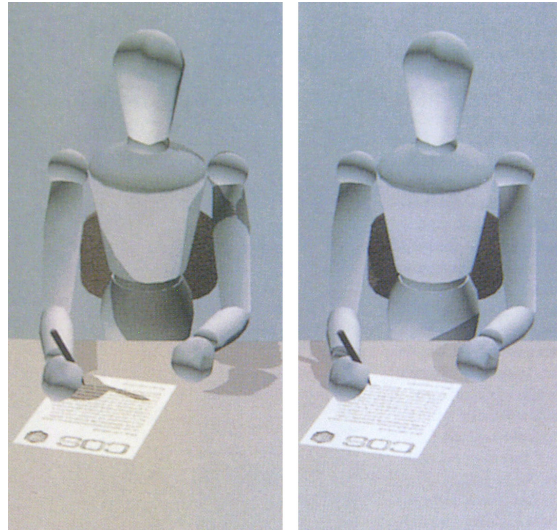
Cisimlerin canlı görünüşleri, büyük ölçüde gölgeyle sağlanır. Bu yüzden iş yeri aydınlatılmasının tamamen gölgesiz olması istenmez. Her işyerinde 0,2 ile 0,8 arasında bir gölge faktörü olmalıdır. Işık kaynakları aydınlatılacak yere o şekilde dağıtılmalıdır ki, tam aydınlatmadan gölgeli aydınlatmaya geçiş kademeli olsun; ve ayrıca direkt ışık yayan kaynaklar rahatsız edici gölge oluşturmasın (Özkaya, 2000).

İç mekanlardaki genel aydınlatmalarda, yumuşak hatlara sahip dengeli gölgeler hedeflenmelidir. Hiç gölge olmaması, üç boyutlu görmeyi güçleştirir. Gün ışığı aydınlatmalı iç mekanlarda, armatürlerden yayılan ışığın yönü, gün ışığının yönü ile örtüşmelidir. Örneğin masaların çiftli bloklar halinde gün ışığı yönünde yerleştirildiği bir ofiste, mekana düşen gün ışığının panjurlarla kontrol altına alınması ve rahatsız edici sert gölgelerin, mekanın derinliğinde sıralanmış ve birbirinden bağımsız olarak devreye sokulabilen ışık şeritleri ile yumuşatılması önerilir.

Öte yandan, örneğin yüzey yapılarının kıyaslanması gibi özel bazı görsel işlevler için, doğrultulmuş ışıkla elde edilebilecek yüksek bir gölge oluşumu gerekebilir. Bunu sağlamak için de, çok dar huzmeli tek spotlardan ek olarak yararlanılabilir [4].

Çalışma sırasında yüzeye düşen gölgeler engellenmelidir. Işık kaynakları, çalışılan yüzeye gölge düşürmeyecek şekilde ayarlanmalıdır. Eğer iş parçasının bazı kısımlarının daha kesin hatlarla görünmesi isteniyorsa veya bazı kısımlarının matlaştırılması gerekiyorsa uygun bir gölgeleme yapılmalıdır. Özellikle kalite kontrol hizmetlerinde gerekli olan bu yöntem uygulanırken aydınlatmanın sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için diğer kurallara da dikkat edilmelidir [3].

Optimum iş yeri ve armatür düzenlemesi ışığın üst soldan (solak operatörler için üst sağ) gelecek şekilde yapıldığı düzenlemedir.



Şekil 3.16 Ofislerde gölge etkisi

Çalışma mekanlarındaki montaj ya da iş mekanları genellikle pencerelere paralel uzanır, bu durumda armatürler pencereler boyunca paralel olacak şekilde yerleştirilir. Test ya da gözden

geçirme, denetleme gibi işler için farklı düzenlemelere gerek duyulur [2]. Işık yaymanın yönüne göre aydınlatma sistemleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

- Direkt aydınlatma, ışığın % 90'ı aşağıya
- Yarı-direkt aydınlatma, ışığın % 60 - 90'ı aşağıya
- Karışık aydınlatma, ışığın % 40 - 60'ı aşağıya
- Yarı-endirekt aydınlatma, ışığın % 60 - 90'ı yukarıya
- Endirekt aydınlatma, ışığın % 90'ı yukarıya [10]

3.3.5 Işığın Rengi ve Renksel Geri Verim Endeksi

Işık kaynağının ortam renklerine uygunluğu da, iş verimini arttıracak ya da azaltacak etkiye sahiptir. Lambalar, karakteristik spektrum özellikleri bakımından farklılıklar gösterirler. Ancak ışığın özgül renklerinin seçilebilmesi gerekmektedir. Işığın renksel geri verim endeksine dikkat edilmesi gerekmektedir. Renksel geri verim endeksi özellikle renk esaslı işlerin yapılmasında oldukça önemlidir. Bu değer arttıkça renkleri değerlendirme oranı ve etkinliği de artmaktadır. Renksel geri verim endeksi 60'ın altındaki ışık kaynaklarının, renk esaslı uygulamalarda yetersiz kalacağı kabul edilmektedir. Aydınlatılmış ortamlarda çalışan kişilerin farklı işleri yapabilme etkinliği açısından bu özellik önemlidir. Böylece, farklı renk özellikli ışık kaynaklarıyla sıcak ve huzurlu atmosfer yaratılabileceği gibi, uyarıcı, çalışmaya teşvik edici etkiler de oluşturulabilmektedir (Demet, Gümüş ve Özbudak, 2003).

Normal aydınlatma problemlerinde ışık rengi doğal ışık rengine yakın olmalıdır. Bugün çok kullanılan akkor telli lambaların ışık rengi doğal gün ışığı rengine tam olarak uymaz. Fakat birçok işte bunun önemi yoktur. Renkli cisimlerin yapay aydınlatmada da doğal aydınlatmadaki gibi görünmeleri gerekiyorsa, örneğin tekstil ve kağıt endüstrisinde desen ve ayırma işlerinde, tütün ve sigara sınıflama işlerinde, boya fabrikalarında ve benzeri yerlerde, öyle ışık kaynakları kullanmak gerekir ki, bunların spektrometrik diyagramları mümkün olduğu kadar doğal ışığına uysun. Ayrıca doğal ışığın yapay ışıkla desteklenmesi gereken yerlerde de bu tür ışık kaynakları kullanmak gerekir.

Aydınlık düzeyi düşük ise, doğal ışık bileşimindeki yapay ışık soğuk ve mavimtrak etki eder. Bu nedenle doğal ışık rengine yapılacak aydınlatmada, aydınlık düzeyi 250 lx'ün üstünde seçilmelidir.

Bazı durumlarda da renkli ışık kullanmakla iş verimi artar. Örneğin sodyum ve civa buharlı lambalarla porselen yüzeyindeki hatalar veya emaye hataları v.b. daha kolay görülür. Keza kömür ocaklarında kömürün civa buharlı lambalarla aydınlatılması, ayıklama işini

kolaylaştırır.

Işık kaynaklarının renk özellikleri, renk sıcaklığı ve renk ayırım endeksi adı verilen iki büyüklükle tanımlanır (Özkaya, 2000).

İnsanlar çevrelerini yalnızca aydınlık ve karanlık, ışıklı ve gölgeli olarak değil, renklerle de algılar. Bir lambanın ışık rengi, Kelvin (K) biriminden renk sıcaklığı T_c ile tarif edilir. Kelvin sıcaklık ölçüsü, mutlak sıfır noktasından ($0 \text{ Kelvin} \approx -273^0\text{C}$) başlar.

Bir ışık kaynağının ışığının renk sıcaklığı, “bir siyah cismin” rengi ile karşılaştırılmak suretiyle belirlenir. “Siyah cisim”, üzerine düşen her türlü ışığı yutan, yani yansıtma ışınımının sıfır olduğu varsayılan, herhangi bir maddeden (örneğin platinden) mamul ideal bir katı cisimdir.

Bir “siyah cisim” yavaş yavaş ısıtıldığında, koyu kırmızıdan başlayarak, kırmızı, turuncu, sarı ve beyazdan açık maviye kadar uzanan bir renk tayfi içerisindeki renkleri alır. Sıcaklığı ne kadar arttırılırsa, “siyah cismin” rengi de o kadar beyazlaşır. Isıtılan bir “siyah cismin” renginin, ölçümü yapılan ışık kaynağıyla aynı rengi aldığı K biriminden sıcaklığa, ışık kaynağının benzer renk sıcaklığı adı verilir. Örneğin sıcak beyaz ışıklı bir akkor telli lambanın benzer renk sıcaklığı 3000 K, soğuk beyaz ışıklı bir floresan lambanınki 4000 K ve gün ışığı benzeri bir floresan lambanınki de 6000 K’ dir.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE tarafından, ışık kaynaklarının ve cisimlerin renklerinin sınıflandırılacağı bir renk üçgeni belirlenmiştir. Bu üçgenin $x=y=0.333$ noktasında, renkleri doğal haliyle algılanan (akromatik) renkler, yani parlaklık durumuna göre beyaz, gri veya siyah olarak algılanan renkler yer alır diğer bütün renk türleri, bu noktanın çevresinde yer alırlar. Doğal haliyle algılanan renklerin yer aldığı nokta ile güneş ışığının tayfsal renklerini tanımlayan sınır eğrisi arasındaki doğru üzerinde, aynı tondaki renkler yer alır. Sınır eğrisine yaklaştıkça, renksel doymuşluk artar. Ek-1a ‘da yer alan renk üçgeni, tüm reel renkleri içerir. Diyagram üzerine çizilmiş eğri, “siyah cismin” Kelvin cinsinden belirtilen sıcaklık değerlerinde aldığı renkleri belirtmektedir.

Lambaların ışık renkleri, gün ışığı beyazı (dw), soğuk beyaz (nw) ve sıcak beyaz (ww) olmak üzere üç grup halinde standardize edilmiştir.

Çizelge 3.5 Renk sıcaklığı ile ışık rengi arasındaki bağıntı

Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	Işık rengi
< 3300	Sıcak beyaz (Kırmızımsı beyaz)
3300-5500	Soğuk beyaz (Beyaz)
> 5300	Günüşiği beyazı (Mavimsi beyaz)

Fluoresan lambalar, çizgisel ya da bant biçiminde bir spektruma sahiptir. EK-1a' da, gün ışığı beyazı, soğuk beyaz ve sıcak beyaz gruplarına dahil fluoresan lambaların tayfları verilmiştir. Buna karşın akkor telli lamba, EK-1a' da görüldüğü gibi süreklilik gösteren bir tayfa sahiptir [4].

İyi bir aydınlatma için aydınlık düzeyi düştükçe daha sıcak ışık renkli lambalar kullanılmalıdır. Aydınlık düzeyine bağlı olarak lambanın ışık renginin aydınlatmaya etkisi Çizelge 3.6 da verilmiştir (Özkaya, 2000).

Çizelge 3.6 Aydınlık düzeyine bağlı olarak lambanın ışık renginin aydınlatmaya etkisi

Aydınlık düzeyi (lx)	Işık rengi		
	Sıcak	Orta sıcak	Soğuk
< 500	Hoş	Nötr	Soğuk
500-1000	Rahatsız edici	Hoş	Nötr
1000-2000			
2000-3000			
> 3000	Yapay	Rahatsız edici	Hoş

Aynı ışık rengindeki lambaların ışığı, birbirlerinden tamamen farklı tayfsal bileşkelere sahip olabilirler ve bu nedenle söz konusu lambaların renksel geriverimleri de tamamen farklı olabilir. Bir lambanın ışık renginden yola çıkarak, renksel geriverim kalitesi hakkında bir sonuca varabilmek mümkün değildir.



Şekil 3.17 Renksel geriverime bir örnek

Aynı ışık rengine sahip lambalar, farklı renksel geriverim özellikleri nedeniyle farklı renk algılamalarına yol açar. Örneğin, bir lambanın tayfındaki kırmızının az olması halinde (Şekil 3.17); kırmızı renkli cisimlerin renksel geriverimi kusurludur [4].

Işık ve renk, bir mekanın havasını belirlerler. Bir mekanı “sıcak” ya da “soğuk” olarak algılamamız ve buna bağlı olarak ruh halimiz ve kendimizi iyi hissetmemiz de, mekandaki ışık ve renk ile bağlantılıdır.

Renklerin yapay ışıkta da kusursuz algılanabilmelerini sağlamak, iyi bir aydınlatmanın önemli görevleri arasındadır. Renk görünümünü, gözlenen nesnelerin renkleri arasındaki karşılıklı etkileşim, yani bu nesnelerin tayfsal yansıtma faktörleri ve mevcut ışığın tayfsal bileşimi belirler.

Işık kaynaklarının renk etkileri, bunların renksel geriverim özellikleri ile tarif edilirler. Bu amaçla ışık kaynakları, “genel renksel geriverim endeksi” R_a çerçevesinde sınıflandırılırlar. Renksel geriverim endeksi, bir nesnenin belirli bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığındaki renksel görünümü ile aynı nesnenin referans ışık kaynağı ile aydınlatıldığındaki renksel görünümü arasındaki uyum derecesinin nicel ölçüsüdür.

Bir ışık kaynağının R_a değerini belirleyebilmek için, (doğada baskın olarak bulunan ve standardize edilmiş) 8 deneme rengi hem referans ışık kaynağı ile ($R_a=100$) hem de ölçümü yapılan ışık kaynağı ile aydınlatılır. Bu şekilde aydınlatılan deneme renginin renksel

geriverimindeki farklılığa bağlı olarak, ölçümü yapılan ışık kaynağının renksel geriverim özellikleri de iyi ya da kötü olarak belirlenir. Ra değeri 100 olan bir ışık kaynağı altında tüm renkler, referans ışık kaynağında olduğu gibi optimal halleri ile gözükürler. Ra değeri ne kadar düşükse, söz konusu ışık kaynağı ile aydınlatılan nesnelerin renksel geriverimi de o derece kötüdür.

Elektrik lambaları

- Işık renklerine (dw, nw ve ww grupları),
- Renksel geriverim özelliklerine (1A dan 4'e kadar kademeler) ve
- Renksel geriverim endekslerine (Ra=20-100 arası) göre sınıflandırılırlar. Ek-1b' de çok sayıdaki lamba türünü temsilen yapılmış bir seçimin sınıflandırılması görülüyor [4].

Işık kaynaklarının renk ayırt ettirebilme grubu ve ışık rengine bağlı olarak kullanıldıkları yerler Çizelge 3.7 de verilmiştir.

Lambaların renk ayırım endeksleriyle etkinlik faktörleri birbiriyle ters orantılıdır (Özkaya, 2000).

Çizelge 3.7 Işık kaynaklarının renk ayırt ettirebilme grubu ve ışık rengine göre kullanıldıkları yerler

Renk ayırt ettirebilme grubu	Ra	Işık rengi	Kullanıldığı yerler
1	Ra > 85	Soğuk Orta Sıcak	Tekstil fabrikaları, boyahaneler, matbaalar Vitrinler, mağazalar, hastaneler Evler, oteller, lokantalar
2	70 < Ra < 85	Soğuk Orta Sıcak	Sıcak iklimlerde bürolar, okullar, süpermarketler Ilıman iklimlerde bürolar, okullar, süpermarketler Soğuk iklimlerde bürolar, okullar, süpermarketler
3	Ra < 70 Ancak kabul edilebilir renk ayırt ettirme yeteneğine sahip lambalar		Renk ayırt edilmesinin pek önemli olmadığı iç hacimler
4	Çok özel renk ayırt ettirme özelliklerine sahip lambalar		Özel uygulamalar

3.4 Aydınlatma Tasarımında Pratik Önlemler

Günışığı ile aydınlatma: Endüstri de çeşitli iş şekilleri ve imalat işlemlerinde, pencerelerden yada çatıdan aydınlatma tekniği yeterli aydınlatma sağlayabilir. Böyle bir aydınlatma tercih edildiği zaman, ışığın yönü ve yeğinliği dikkate alınarak iş istasyonları , makine ve tezgahların yeri iyi seçilmelidir. Gün ışığının çalışma yüzeylerinde parlamalar yapmaması, iş görenlerin gözlerine doğrudan ve yeğin ışık gelmemesi ve aydınlatma gereksinimine göre makine ve işlemlerin yerinin iyi seçilmiş olması gibi temel yaklaşımlar özenle ele alınmalıdır.

Endüstride gün ışığı kullanılırken temel yaklaşım, bu ışığın tüm işlem alanlarına, olabildiği ölçülerde eşit bir şekilde dağılımını planlamaktır. Bunun için en uygun aydınlatma yaklaşımının çatıdan aydınlatma olduğu bilinmektedir. Öte yandan pencerelerden gelen ışığın da, zaman zaman dışarı bakan iş görenlerin gözlerini dinlendirdiği ve dış dünya ile ilişkilerini devam ettirerek bir açıdan yararlı etkisinin olduğu anımsanmalıdır. Çatıdan aydınlatmalarda, testere tipi çatılarda olduğu gibi , gün ışığının tek bir yöne gün ışığı faktörü öngörülür. Bu da en az 250 Lüks düzeyinde bir aydınlatmanın karşılığıdır. Bu aydınlatma düzeyinin yıl boyu ve mesai saatleri içinde en az %85 düzeyinde sağlanabilmesi öngörülür. Bu ölçülerde günışığı etkisinin sağlanabilmesi için, güneş ışığının dolaylı olarak girebildiği pencerelerin tüm alanının, işyeri yüzölçümünün onda biri ile yarısı ölçülerinde olması gerekli görülebilir. Günışığı ile aydınlatmada, ışığın fabrikanın her yerine aynı düzeyde dağılmayacağı gözönünde tutularak, gün ışığı faktörünün mümkünse en kuytu yerler için asgari ölçülere getirilmesi öngörülmelidir [6].

Gün ışığından avantajlı yararlanmayı birçok faktör etkiler. Bu faktörler; geçici güneş ışığının yön ve miktarındaki değişiklikler, açık, parçalı bulutlu yada kapalı havadaki ışıklılık dağılımı, arazi eğiminin, peyzajın ve yakın çevredeki binaların etkileridir.

Panjur sistemleri: Panjur sistemleri, endüstriyel binalarda en az üç tane çok kullanışlı amaca sahiptir.

- 1) Gün ışığının kabulü, kontrolü ve yayılımı için.
- 2) Göz kaslarını dinlendiren uzaktaki bir odak noktası için.
- 3) Birçok insanın tamamen kapalı mekanlardaki memnuniyetsizliğini azaltmak için.

Gün ışığındaki sürekli değişiklikler nedeniyle her zaman yeterli düzeyde bir elektrikli aydınlatma sistemi sağlanmalıdır. Aydınlatma ister gün ışığı, ister elektrik isterse de ikisi birlikte olsun, mimarlık prensipleri ve çalışma alanlarının ana gereksinimleri hep aynıdır.

Bina Yönlmesi: Panjur sistemleri; konumlanmaya, topografyadaki değişikliklere ve bu her ikisiyle de alakalı peyzaja uymalıdır. Tüm panjur sistemleri, her bir aydınlatma problemine ait kontrol aletleriyle donatılmalıdır. Tüm panjurların gün ışığını sıkça direkt aldığı bölgelerde kamaşma kontrolüne özel bir dikkat gösterilmelidir. Sabit yaynık kamaşma yada ayarlanabilir hava delikleri uygulanabilir kontrol anlamına gelmektedir. Endüstriyel binalarda kenarlardaki pencereler gün ışığını ve doğal havalandırmayı içeriye alır ve oranın sakinlerine tercih edilir bir görüş sağlar. Bununla birlikte kontrol edilemez ışıklık bir problem oluşturabilir. Mimarların kullandığı, fabrika binalarının içine gün ışığını içeri almaya yarayan birçok aydınlatma bölüm türleri vardır. Bunların her biri, çalışanlara gün ışığını kullanışlı kılmak adına kontrol gerektirir ki sonuçta bu da son hedef olarak enerji tasarrufunu sağlar (Chen, 1990).

Yapay aydınlatma: Yapay aydınlatma projelerinde her iş postasının olduğu kadar , genelde tüm işyerinin ne ölçüde aydınlatma gereksinimi olduğu dikkate alınır. Bu arada gelişim projelerinin de dikkate alınarak aydınlatma sistemlerinin kurulması da düşünülebilir. Yapay aydınlatma için ışık kaynakları fabrikanın her yerine iyi dağıtılırken özel aydınlatma gerektiren yerlerde de bu gereksinime cevap verecek özel ışık kaynakları kullanılır.

Masalar, tezgah yüzeyleri, montaj masaları ve benzeri iş koşullarında çalışan iş görenlerin büyük bir kısmı oturarak çalışırlar. Bu gibi yerlerde oturma yüksekliklerinin de optimizasyonu gereklidir. Nitekim oturma yüksekliği ayarlanamayan bir sandalyede oturan ve ayakları yere değmeyen yada bacakları masa altına sığışmayan insanların veriminin yüksek olması söz konusu değildir. Oturma yüksekliğinin ayarlanması kadar, bacakların kolayca sığabileceği hacimlerin de düşünülmesi zorunludur.

Pratikte, masaların ve tezgahların yüksekliklerinin sabit tutulması benimsendiğinden, bu yüksekliklerin en alt ve en üst değerlerini saptayan araştırmacılar, daha imalat ve montaj aşamasında bu değerlerin kullanılmasını önermektedirler.

Masa ve iş görme yüzeyinin yüksekliğini saptamakta en önemli diğer bir ölçü de oturma yüzeyi ile çalışma yüzeyi arasındaki farktır. Aşağıdaki şekilde oturma yeri boyutları bu açıdan incelenmiştir.

Ayakta çalışmalar için, rahat çalışma yüzeylerinin boyutları araştırmalarında, çeşitli yüksekliklerdeki masa ve tezgahlar üzerinde becerili ve kolay iş görme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu amaçla yapılan araştırmalar, masa yüksekliğinin 105 cm. Olduğu hallerde, ayakta çalışmadan yeterli verim alınabildiği ve bu yüksekliğin 92 cm.ye kadar düşürülmesinin

de kabul edilebilir bir yükseklik düzenlemesi olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, masanın üst seviyesinin işgören dirseğinden 5-10 cm daha aşağıda bulunmasının en verimli bir tasarım olduğunu belirtmişlerdir [6].

4. ENDÜSTRİYEL AYDINLATMANIN SİSTEM BİLEŞENLERİ

Bu bölümde, endüstriyel tesislerde değişik amaçlarla kullanılan ışık kaynakları ve armatürler ele alınarak, özelliklerine değinilmiştir.

4.1 Işık Kaynakları

Akkor, floresan ve/veya yüksek yeğnlikli boşalmalı lambalar endüstriyel aydınlatmada kullanılır. Birbirlerinden; fiziksel boyut olarak, elektriksel karakteristik olarak, tayfsal güç yoğunluğu olarak ve işlem performansı olarak ayrılırlar. Bir kısmı diğerlerine göre kesin uygulamalara daha çok uyarlar bununla birlikte iki ya da daha çok kaynak, belirli bir aydınlatma gereksinimini yerine getirmede yeterli olabilirler (Chen, 1990).

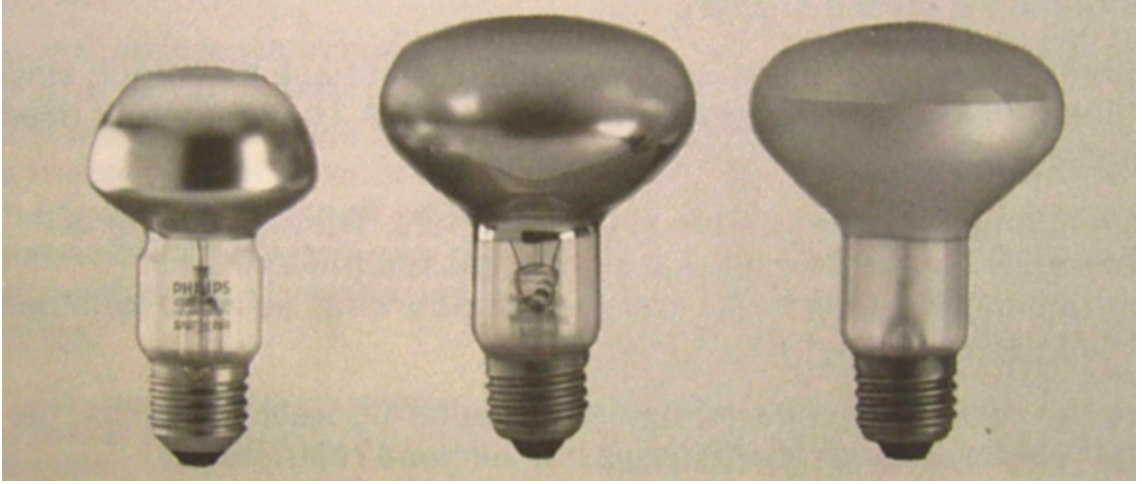
4.1.1 Akkor Filaman Lamba

Akkor telli lamba, bir direncin ısıtılması yoluyla ışık üreten bir ısı yayıcıdır. Cam bir ampul içerisinde bulunan tungsten bir telden oluşur. Lambaların üretim tipine göre, ampulün içi ya tamamen boşaltılmıştır ya da nitrojen veya (argon gibi) bir asal gaz ile doldurulmuştur.

Ampulün içine doldurulan asal gaz, hem tungsten telin ısısını yükseltir, hem de buharlaşma yoluyla ayrışmayı azaltır. Böylelikle bir yandan daha yüksek bir ışıksal etkinlik elde edilir, öte yandan da ampulün iç yüzeyindeki kararmaya bağlı olarak ışık akısında ortaya çıkabilecek azalmanın önüne geçilir. [4]

Akkor elektrik lambalarının (25'ten 1000 W'a kadar) başlangıçtaki tipik etkisi yaklaşık olarak 10 ile 23 lümen/watttır. Bunlar çoğunlukla yaşamın yaklaşık 1000 saati için tasarlanmıştır. Akkor elektrik lambalar mevcut voltaja uyarlar. Sadece birkaç volt değişikliği bile tüm ömrünü ve ışığın çıkış büyüklüğünü ciddi bir şekilde etkileyebilir. Birkaç özel çeşit akkor elektrik lambası vardır:

- 1. Yansıtıcı (R, PAR ve ER) lambalar:** Bu çeşit lambalar kendinden kontrollü yansıtıcılara sahiptirler ve bir çok boyutta, 30 watttan 1500 watta ve birçok ışık yayılımlarında imal edilirler. Bu lambalar genelde daha iyi ayarlanmış bir ışıksal aydınlığa sahiptirler. ER lambalar (50,75 ve 120 watt) odağı kendi yüzlerinden 2 inch öne düşürerek kendi ışıklarını kontrol edebilirler. Enerji biriktirimine bağlı olarak yüksek ışık kullanımına izin verirler. Şekil 4.1 bir ER30 lambasını ve ışık odağını gösterir.



Şekil 4.1 Dar, orta ve geniş açılı reflektörlü lambalar

- 2. Sert servis ve titreşimli servis lambaları:** Bunlar endüstride kullanılan özel tiplerdir. Sert servis lambaları (25 watttan 500 watta kadar) mekanik şoklara karşı koymak amacıyla extra filaman destekli üretilmiştir ve prensip olarak uzatma kablosuyla beraber kullanılır. Titreşimli servis lambaları ise (25 watttan 150 watta kadar), genel servis lambalarında titreşimin neden olabileceği erken hataları engellemek için esnek filaman destekli üretilmiştir. Genellikle transformatör tarafından yönetilen düşük voltajlı lambalar, standart voltaj tiplerinden şok ve titreşime daha dayanıklıdır.
- 3. Silikon lastik kaplı lambalar:** Bu çeşit lambalar hem termal hem de mekanik şoklar nedeniyle oluşan kırılmaları azaltmak amacıyla lastiğe benzer bir tabakayla kaplanmıştır ya da kırılma meydana gelse de cam parçalar neredeyse bozulmamış olarak kalırlar. 25 wattan 200 watta kadar olan mevcut büyüklüklerdeki lambalar genellikle yiyecek paketleme endüstrilerinde ve ayrıca aydınlatmaya bağlı çalışan imalat birimlerinde kullanılmaya uygundur.
- 4. Genişletilmiş servis lambaları:** Bunlar normal ömürleri boyunca yaklaşık olarak 2 ya da 3 kere kullanılırlar. Bu lambalar; lamba değişimi maliyetinin çok, kullanılan enerjinin maliyetinin az olduğu durumlarda kullanışlıdır.
- 5. Isısal şoka dayanımlı ya da özel servis lambaları:** Bu lambalar çok çeşitli wattlarda ve ampul şekillerinde bulunabilir ve ayrıca nemin ısınmış ampule zarar verebileceği uygulamalarda önerilir.
- 6. Halojen akkor lamba:** Bunlar, halojenleri tübüler yapının kararmasını engellemek amacıyla çalıştırılırlar. 2000 h'lık bir ömür ya da daha fazlası boyunca çok iyi derecede

lümen değeri sağlarlar (yaklaşık % 97). Lambaların şekilleri, mükemmel ışığı sağlamak amacıyla; ışıklığa imkan tanır.

7. Yüksek voltajlı genel aydınlatma lambası: Bunlar, 230 ve 250 voltluk dolaşım için 100 wattan 150 watta kadar bulunabilir. Bu lambalar, daha az sağlam filamana sahip olup başka bir deyişle daha çok destek gerektirirler ve eşit wattaki 120 voltluk lambalara göre daha az verimlidirler (Chen, 1990).

Akkor lambaların genel özellikleri şöyle sıralanabilir;

- Durultucu * ve başlatıcı ** gibi yardımcı parçalar gerektirmediğinden ilk yatırım giderleri azdır.
- Işıklıkları güce bağlı olarak $3,5 \times 10^6 \text{cd/m}^2$ 'ye kadar çıkabilir,
- Ömürleri yaklaşık 1000 saattir.
- Renk sıcaklıkları 2400-2900 K arasındadır.
- Renksel geriverim sınıfı 1A, renksel geriverim indisi $R_a=100$ dür.
- Işık tayfları sürekli ve düzgündür.
- Yanarken ısındıklarından çalışırken elle tutulmazlar.
- Sık sık yanıp söndürülmesi lamba ömrünü çok etkilemez.
- Elektrik bağlantısı sağlandığında hemen ve tam ışıksal verim ile yanarlar.
- Dimmerlenebilirler.
- Stroboskopi *** etkisi fark edilmeyecek derecede azdır.
- Her konumda yanabilirler.

Akkor lambaların bir diğer türü de **akkor halojen lambalardır**. Akkor halojen lambalarda ampulün doldurulduğu gazlar iyot grubundandır. Bu gazlar ,yaklaşık 250°C sıcaklıkta, akkorlaşan telden koparak ampulün içinde dolaşan tungsten moleküllerini yakarlar. Telin yanma geldiğinde ise yüksek sıcaklık yüzünden (2500°C) yeniden tungstene ve halojene ayrışır. Ayrılan tungsten parçaları filamana yapışırken, halojen gaz ise tungsten molekülleriyle birleşmek üzere görevine devam eder. Akkor lambadaki tel (filaman) yüksek

* Elektrik akımını gerekli değerde sınırlamaya yarayan ve boşalmalı lambalarda lambalar ile onları besleyen elektrik devresi arasına koyulan aygıt (Sirel,1997).

** Daha çok flüorüsil lambalarda kullanılmak üzere hazırlanan ve elektrotların ön ısınmasını sağlayarak, lambada anlık bir yüksek gerilim oluşturan başlatma düzeni (Sirel,1997).

*** Bir nesnenin gerçek devrimininin, bu devrimin devirsel olması ve buna uygun frekanslı bir değişken aydınlıkla aydınlanması durumunda, görünüşte değişmesi (Sirel,1997).

sıcaklığa ulaştığında tungstenden kopan parçalar buharlaşır ve ampul duvarında yeniden yoğunlaşarak ampulün kararmasına ve lambanın ömrünün bitmesine neden olur. Akkor halojen lambalara eklenen halojen gazlar ampuldeki bu kararmayı da önler. Akkor halojen lambaların ampul sıcaklığının yüksek olması gerektiğinden bu lambaların ampul boyutları normal akkor lambalara göre oldukça küçüktür ve ısıya dayanıklı özel camdan yapılır.

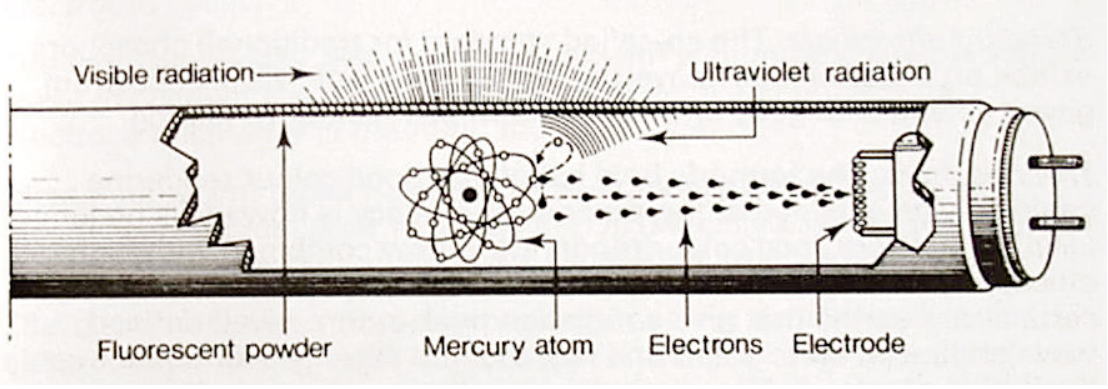
Akkor halojen lambaların 220-110 V'un yanı sıra, 6-12-24V gibi düşük gerilimde çalışan türleri de vardır. Tek dipli, çift dipli, yansıtıcı, çift ampul vb. tipleri üretilmektedir. Akkor halojen lambaların genel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Düşük gerilimde çalışanları ek parçalar gerektirir. Bu lambaların ilk tesis giderleri yüksektir.
- Düşük gerilimde çalışanların güçleri 5-500 W, diğerlerinin güçleri ise 60-2000 W arasındadır. 220 V gerilimde çalışanların ışıksal verimleri 14-22 lm/W arasında değişir.
- Ömürleri yaklaşık 2000 saattir.
- Işık rengi akkor lambalardan daha beyazdır. Renk sıcaklığı yaklaşık 2800-3200K'dır.
- Renksel geriverim sınıfı 1A dır.
- Işık tayfları sürekli ve düzgündür.
- Yanarken ısınırlar.
- Boyutları normal akkor lambalara göre daha küçüktür. Çeşit açısından zengindir.
- Dimmerlenebilirler. Fakat dimmerlenebilmesi lamba için zararlı olduğundan tercih edilmez.

500W 'tan daha yüksek güçte ve iki dipli olanları yatay konumda kullanılmalıdır.

4.1.2 Floresan Lambalar

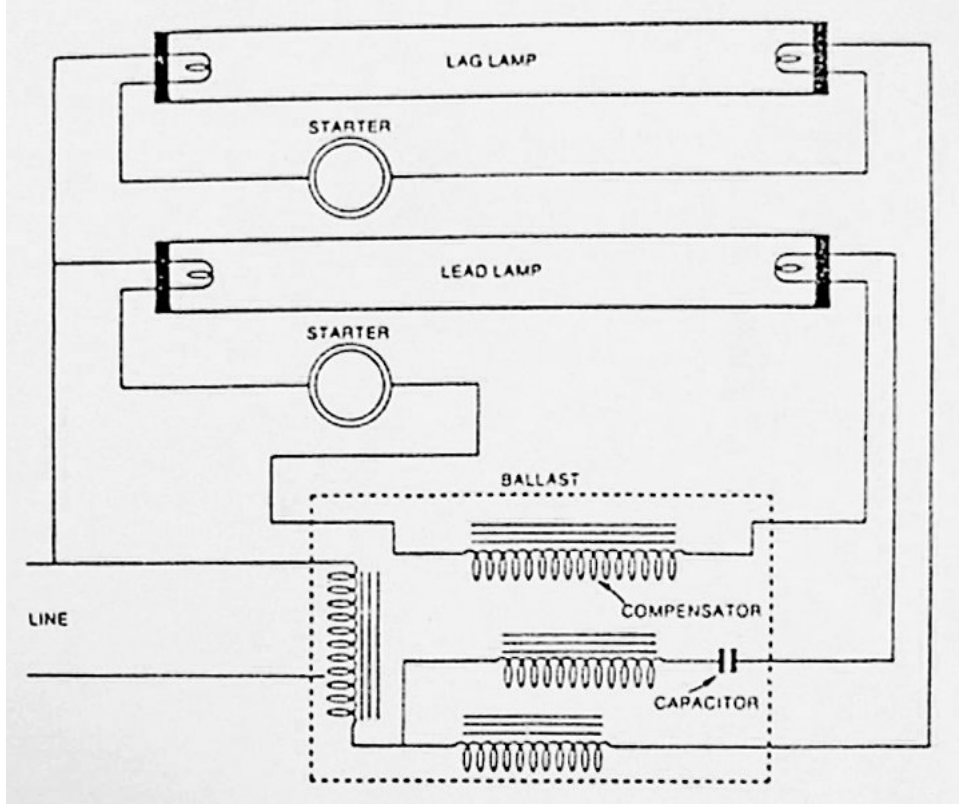
Floresan lamba ışığın, ultraviole enerji ile alçak basınçlı civa yayından harekete geçirilen fosforların floresanından üretilen elektrik boşalma kaynağıdır. Bu tip lamba, aktif voltajı sınırlamak ve birçok durumda mevcut voltajı dönüştürmek için balastlara ihtiyaç duyar. Lambanın performansı; balast ve ışıklığın, voltajın, çevre sıcaklığının, başlangıçtan bu yana yanma saatlerinin ve hava hareketinin karakterinden etkilenir. Floresan lambalar beyazın birçok çeşidi olarak ve birçok renkte bulunabilirler. Endüstriyel aydınlatmada en popüler renk standart soğuk beyazdır. Soğuk beyaz lambaların etkileri 30 ile 100 lümen/watt arasında değişiklik gösterir (balasttaki % 20 güç kaybına mahsusen). Birçok floresan lamba tubuler yapıya sahip olmasına rağmen, özel formda olanlarda vardır, dairesel, u formu, yansıtıcı ve kaplı olanlar gibi. Şekil 4.2 karmaşık bir floresan lambanın ana bileşenlerini gösterir.



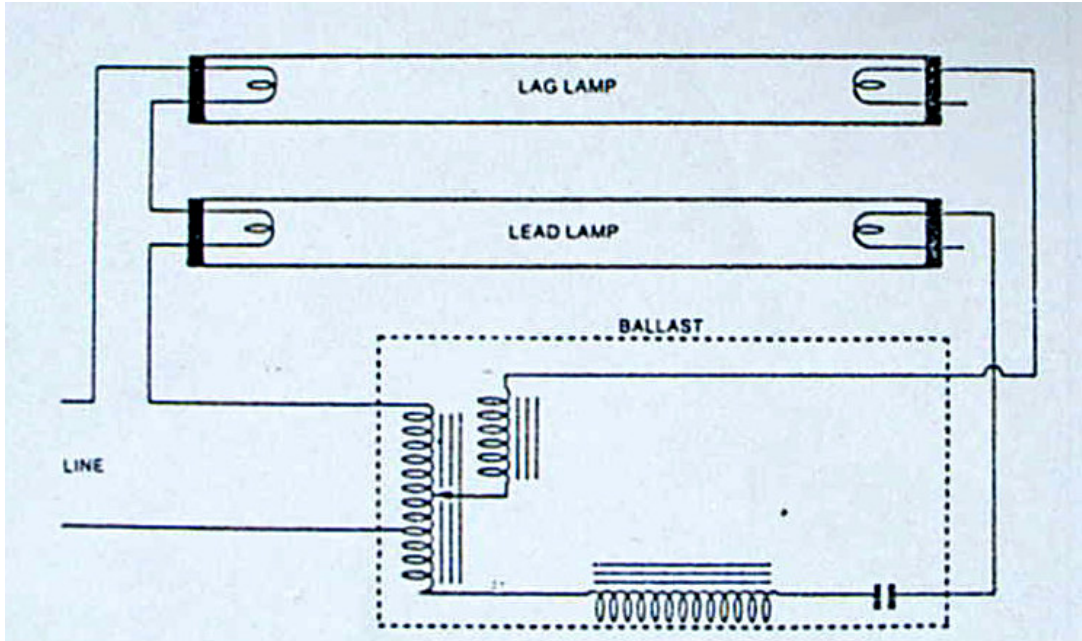
Şekil 4.2 Karmaşık bir fluoresan lambanın ana bileşenleri.

4.1.2.1 Fluoresan Lamba Balastları

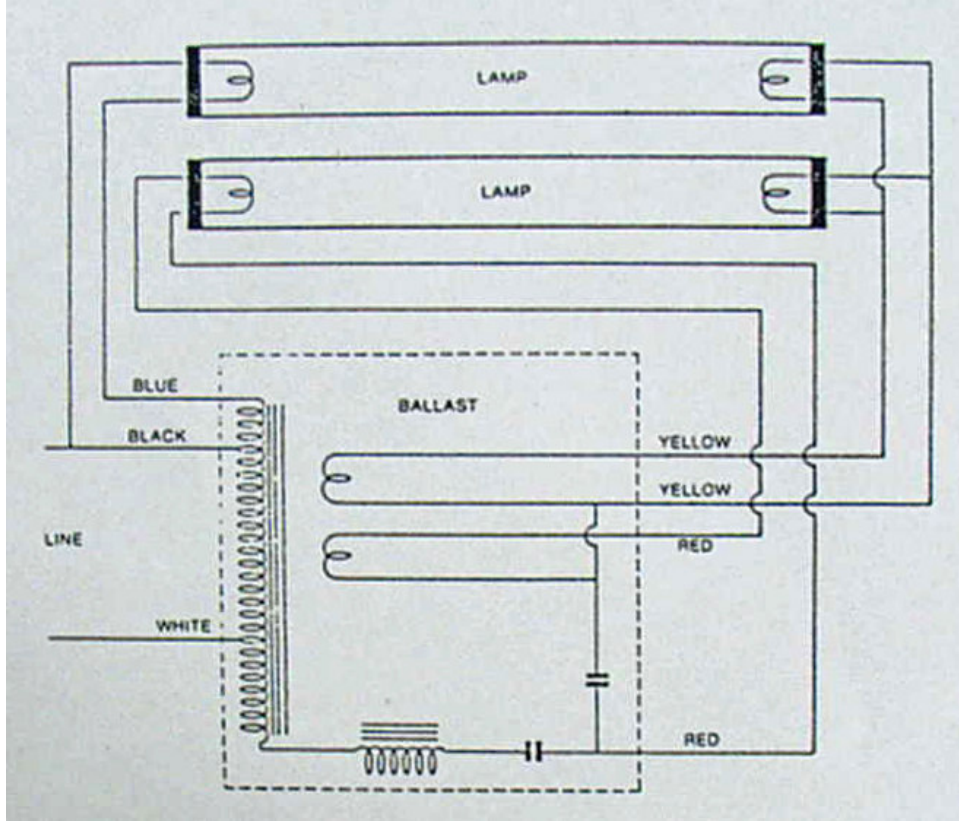
Birçok fluoresan lamba şu üç tip balast devresinden bir tarafından yönetilir; ön ısıtmalı, ön ısıtmasız yada hızlı başlamalı. Çok azı, ön ısıtmalı yada hızlı başlamalı balastlar tarafından yönetilir. 20 watta kadar olan ön ısıtmalı lambalar özel hızlı başlamalı (hazır başlamalı) balastlar tarafından yönetilir. Ön ısıtmalı balastlar tarafından yönetilen ön ısıtmalı lambalar, yay, lambanın uzunluğu içinde yerleşmeden birkaç dakika önce akımın elektrotlar arasından ilerlemesine imkan sağlamak amacıyla, yardımcı başlatanlara ihtiyaç duyarlar. Ön ısıtmasız ve ince yapılı lambalar herhangi bir başlatana ihtiyaç duymazlar. Hızlı başlamalı lambalar da extra bir başlatana ihtiyaç duymazlar. Fluoresan aydınlatma döşemeleri için hızlı başlamalı lambalar en popülerleridir. 430-, 800-, 1000- ve 1500 mA yüklemelerini üreten balastlar için mevcuttur. Fluoresan lamba balastları, çoğunlukla ikincil dağılım voltajları için bulunabilirler (Chen, 1990).



Şekil 4.3 Ön ısıtmalı fluorens balast dolaşımı.



Şekil 4.4 Ön ısıtmaz fluorens balast dolaşımı.



Şekil 4.5 Hızlı başlamalı fluoressan balast dolaşımı.

Elektronik balastlar (EVG), lambaların ışıksal etkinliğini yükseltir ve ömrünü uzatır. Elektronik balast kullanılması halinde, lambalar derhal ve titreşimsiz olarak devreye girdikleri gibi, stroboskopi etkisine yol açmayan, sakin ve titreşimsiz bir ışık yayarlar. Arızalı lambalarda, derhal devre dışı bırakılır. Uygun elektronik balastla çalıştırılan fluoressan lambalar ve kompakt fluoressan lambalar, sorunsuz olarak dim edilebilirler [4].

4.1.2.2 Lamba Performans Faktörleri

Voltaj değişikliklerinin lambanın performansını etkilemesi nedeniyle, balastların belirlenmiş voltaj oranları mümkün olduğunca yakın tutulmalıdır. Düşük voltaj da, yüksek voltaj gibi istenmez. Tüm bu koşullar lambanın ömrünü kısaltır. Çok düşük voltaj balasta zarar bile verebilir, çok yüksek voltaj ise balastın ömrünü kısaltır. Soğuk hava sıcak havanın da sebep olabileceği gibi lambanın lümen verimini azaltır. Lambanın ömrü başlangıçtan bu yana geçen saatlerden de etkilenir ki minimum saat çalıştırmak lambanın ömrünün iyiliğindedir.

4.1.3 Yüksek Yeğinlikli Boşalmalı Lamba

Yüksek yeğinlikli boşalmalı lambalar (HID), elektrik boşalım kaynaklarıdır. Fluoressan lambadan ana farklılığı, HID lambalar civa, metal halide ve yüksek basınçlı sodyum lambaları

içerir. Spektral karakteristik özellikleri floresan lambalardan farklılık gösterir çünkü yüksek basınçlı yay görünür ışığın büyük bir oranını emer. HID lambalar, sadece tüm basıncın yönetildiği durumlarda başlangıçtan sadece birkaç dakika içinde tüm ışık verimini ortaya koyarlar. Birçok HID lambalar hem iç hem de dış ampul içerirler. İç ampul, kuvarz yada polykristalize alüminyumdan oluşur, dış ampul ise genellikle ısısal şoka dayanıklı camdan meydana gelir. HID lambaları, % 10 ile 20 arası ek watt harcayan, mevcutu sınırlayan aygıtlara ihtiyaç duyar.

1) Civalı lambalar: Bu lambalar diğer HID kaynaklarıyla karşılaştırıldığında daha düşük etki gösterirler ve endüstriyel aydınlatma uygulamaları için demode olmuşlardır. Bu tür lambalar, 40 wattan 100 watta kadar değişik boyut ve şekillerde, saydam ya da fosfor kaplı ampullere sahiptirler. Rastlanır etki oranı 30 dan 63 lümen/watt olup balast kaybını içermez. Saydam civalı ampuller ışığı sarı ve yeşil tonlarında zengin olarak üretirken kırmızıdan yoksunlardır. Fosfor opalleştirilmiş ampuller gelişmiş renkler üretirler. Birçok özel çeşidi; yarıyansıtıcı, tam yansıtıcı ve karışık ışıklı lamba içerir.

2) Metal halide lambalar (MH): Bu lambalar yapım sırasında civalı lambalarla benzerlik gösterirler. Farklılık civa tüpündedir, ki bu tüp civaya ek olarak çok sayıda değişik metal halide içerir. Bu lambalar 175 wattan 1500 watta kadar saydam ya da fosfor opalleştirilmiş ampullerle kullanılırlar. Mevcut etki oranı 70 ile 125 lümen/watt arası değişir ve balast güç kaybını içermez. Ek metal halide ile renk gelişimi sağlanır.

3) Yüksek basınçlı sodyum lamba (HPS): Işık, sodyum buharının aralarından geçen elektrik ile üretilir. Bunlar 35 wattan 1000 watta kadar değişik ebatlarda bulunabilirler. Başlangıç etkisi civa buharının iki katı kadardır, 80 den 140 lümen/watta kadar ve balast güç kaybını içermez. Normalde, saydam dış tabakaya sahiptir, yayılımı geliştirmek amacıyla kaplama ile geliştirilebilir. Üretilen ışığın rengi altın beyazdır. Şekil 4.6 çok sayıda 50-1000 wattlık HPS lambaları gösterir.

4) Düşük basınçlı sodyum lamba: Bu lambalar 35 wattan 180 watta kadar mevcuttur. Tipik başlangıç etkileri yüksektir: 137 den 183 lümen/watta kadar ve balast güç kaybını içermez. Uygulamalar, monokrom sarı renk avantajıyla sınırlıdır. Şekil 4.7 tipik bir düşük basınçlı sodyum lambayı gösterir.

4.1.3.1 Yüksek YeğİnlİkLi Boşalmalı Lamba Balastları

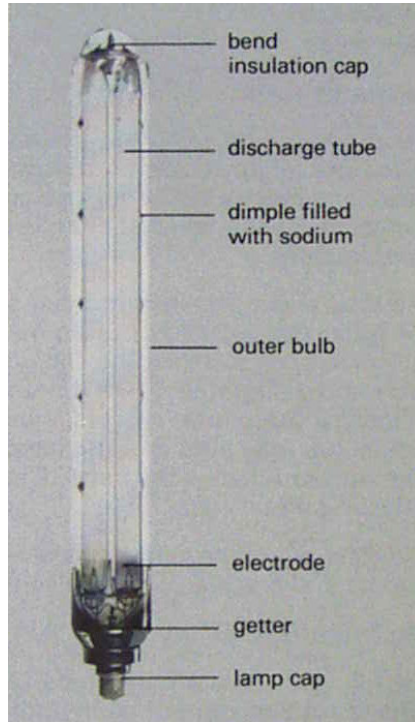
Düzgün bir balast, bir HID lambayı sağlanabilen her voltajdan yönetebilir. Bunun yanısıra

bazı lamba çeşitleri 480 voltluk kullanıma kısmen uygunluk gösterirler. Balast tasarımları çok çeşitlidir ve tek lamba kullanan modelleri içerir, diğerleri ise iki lambalı modellerini içerir.

1) Cıvalı lamba balastları: Bir balastın seçimi temel olarak performansa karşın ekonomik koşullara dayanır.



Şekil 4.6 50-1000 watt yüksek basınçlı sodyum lamba.



Şekil 4.7 Tipik düşük basınçlı sodyum lamba.

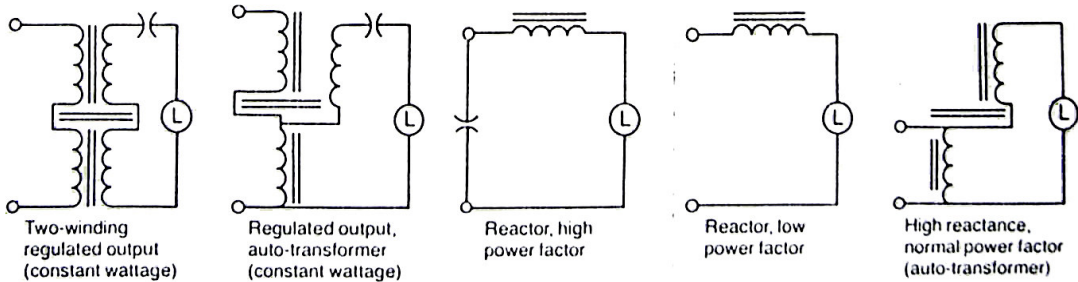
Eğer voltajın \pm %5 de kalması beklenebilirse reaktör ya da yüksek tepkimeli çeşitleri daha düşük maliyet ederler. Ayarlanmış çeşitleri lambayı, başlangıç voltajındaki büyük

değişikliklere rağmen, normale yakın ortalama bir wattta tutarlar. Civalı lamba, metal halide balast tarafından yönetilir fakat tersi her zaman doğru değildir. Şekil 4.8 civalı lambaların birçok değişik balast tipi için elektrik devre diyagramını gösterir.

2) Metal halide lamba balastları: Birçok metal halide lambalar kendileri için tasarlanmış özel balast çeşitlerini kullanırlar. Eğer çevre $50^{\circ} F$ 'ın üzerindeyse 1000 wattlık bir tip civa buharlı lamba reaktör balastı tarafından yönetilebilir. Metal halide balastı (Şekil 4.9) devir olarak civa buharlı lamba balastına benzerlik gösterir fakat bazı değişikliklerle istenen yüksek başlangıç voltajı ve her yarı ömründeki yayın oluşumunu sağlamak amacıyla dalga şekli özellikleri sağlanır.

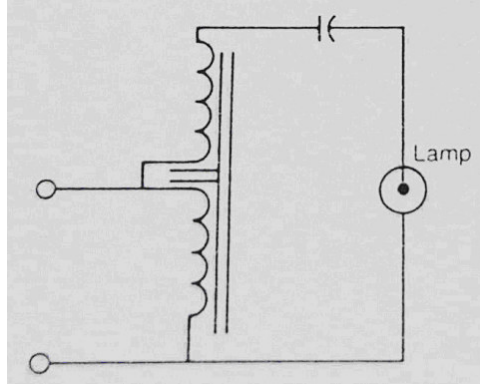
3) Yüksek basınçlı sodyum lamba balastı: Hiçbir başlangıç elektrodunun HPS lambaların içine yerleştirilmediğinden dolayı balast en azından bir tam devirde 1000 wattlıklara göre 2500 den 4000 volta kadar bir yüksek basınç oranı sağlamalıdır. 1000 wattlık lambalar 4000' den 6000'e kadar volt gerektirirler. Bunu gerçekleştiren element başlatıcı yada ateşleyici adını alır. Mevcutta, HPS kullanıcıları için dört genel balast tipi vardır. Lamba performansı, maliyet ve enerji tüketimi konularında diğerleriyle karşılaştırıldığında herbirinin avantajları ve dezavantajları vardır.

- **Reaktör balast:** Bu, lamba voltajındaki değişiklikler için iyi bir lamba voltaj düzeni sağlamak için yapılabilir fakat aynı hattaki voltaj değişiklikleri için zayıf bir düzen sağlar.



İkili sarım, düzenli verim, (sabit watt)	Düzenlenmiş verim, oto- transformatör (sabit watt)	Reaktör, yüksek güç faktörü	Reaktör, düşük güç faktörü	Yüksek tepkime, normal güç faktörü, oto- transformatör
---	---	-----------------------------------	----------------------------------	--

Şekil 4.8 Civalı lamba balastları için elektrik devre diyagramı.



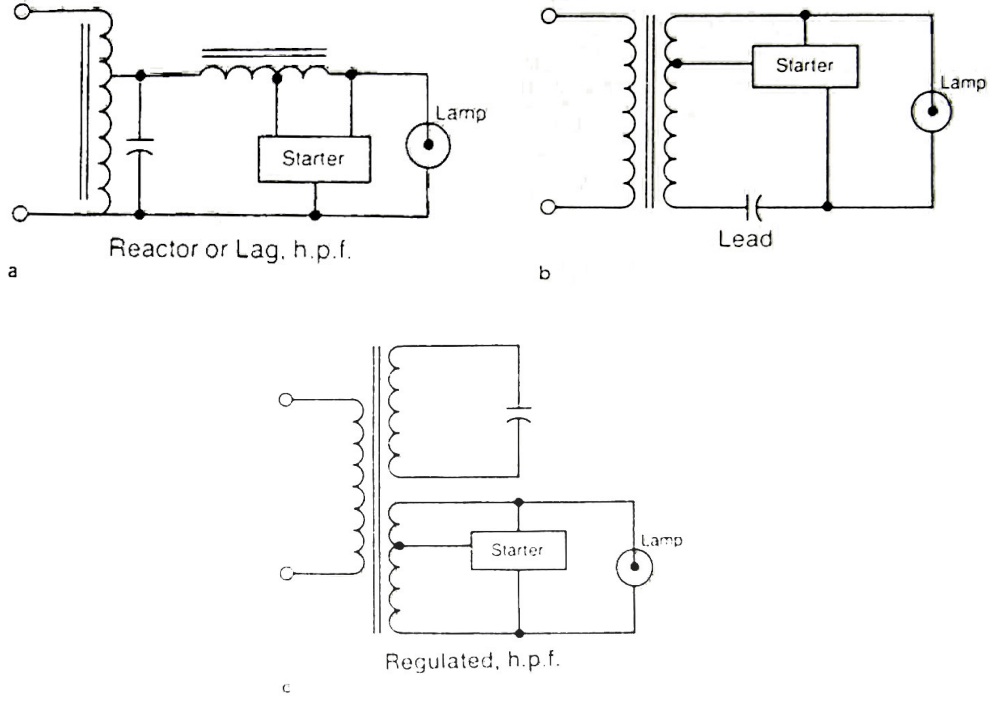
Şekil 4.9 Metal halide balastı için elektrik devir diagramı.

Hızlı bir lamba ısıtması sağlayan nispeten daha yüksek bir başlangıç akımına sahiptir. Daha ucuzdur, daha az güç kaybına sahiptir ve ebat olarak ta daha küçüktür.

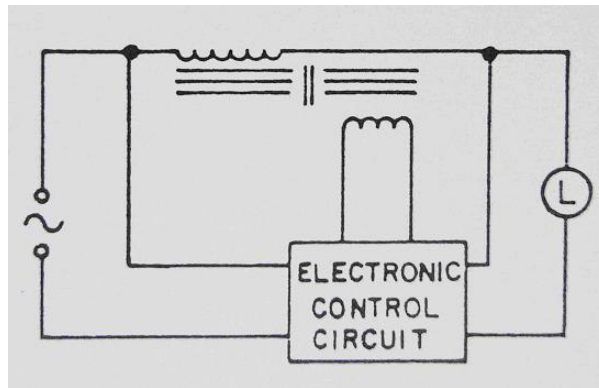
- **Kurşun (lead) balast:** Hat gerilimlerindeki değişiklikler için bu oldukça iyi bir düzenlemedir ve lamba voltaj değişiklikleri için de regüle edici bir düzenlemeye sahiptir.
- **Manyetik ayarlı balast:** Aynı çekirdek üzerine bindirilmiş birincil ve ikincil sarımlarla beraber, bu bir voltaj düzenleme izolasyon dönüştürücüsüdür ve manyetik akıyı birincil ve ikincil voltajdaki değişikliklerle ayarlayan üçüncü bir kapasite içerir. Girdi veya lamba voltajındaki değişiklikler için en iyi wattsal düzenlemeyi sağlar. Başlangıçta düşük bir akıma ve yüksek bir güç faktörüne sahiptir. Bunun yanında en pahalı ve en çok watt kaybına neden olan yöntemdir. Şekil 4.10 bu üç tip balast devresini gösterir.
- **Katı halde elektronik balast:** Mevcut HPS lambalarıyla yaşanan problem, lambaları istenilen güçte yönetme yetersizliğidir. Elektronik olarak kontrol edilen balastlar tasarlanmış ve katı halde bir kontrol devri ve bir reaktörle meydana getirilmiştir. Şekil 4.11 elektronik olarak kontrol edilen bir balastı ya da “enerji etkili” bir balastı gösterir. Katı bir elektrik düğmesinin kullanımı, faz kontrol davranışı sırasında kısaltılan kontrol mekanizmasına izin verir böylece de balastın ortalama ömründeki yumuşak ve süregen değişiklikleri sağlar. Katı kontrol devir monitörü lambası ve elektrik hattı yönetim koşulları, lambayı istenen güçte düzenlemek için gerekli düzgün balast değerini hazırlar.

4.1.3.2 Lamba Performans Faktörleri

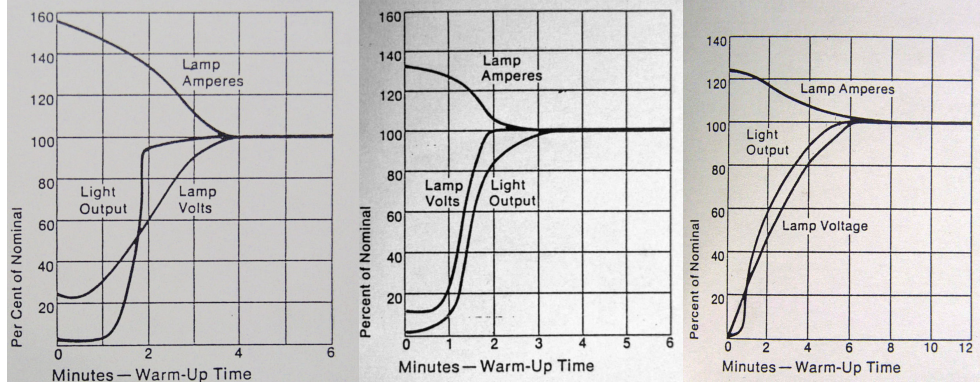
Balastın özellikleri HID lambasının performansını etkiler. Balastın tasarımı lambayı düşük ısıda başlatma yeteneğini kazandırır, lambanın tam verime ulaşabilmesi için gerekli süreyi kontrol eder ve voltajın iniş çıkışına bağlı olarak lambanın toleransını sağlar.



Şekil 4.10 HPS lamba balastları için elektrik devre diagramı. (a) Reaktör balast devresi (b) kurşun uçlu balast devresi (c) Manyetik ayarlı balast devresi.



Şekil 4.11 Elektronik olarak kontrol edilen HPS balast devresi.



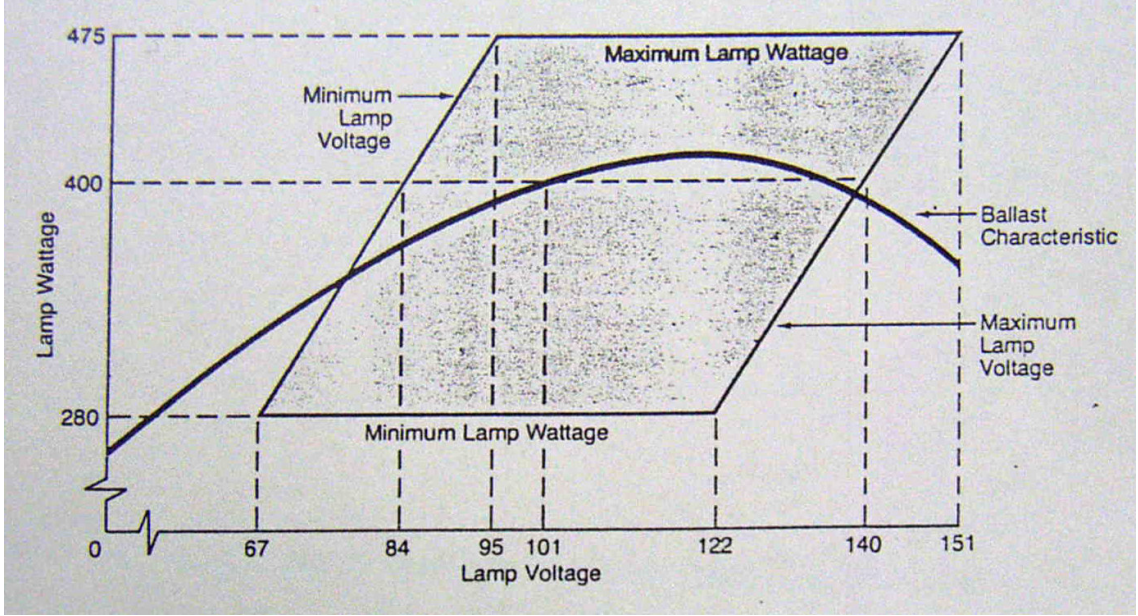
Şekil 4.12 Üç tip HID lambanın ısınma özellikleri. (a) Civalı lambalar, (b) Metal Halide lambalar, (c) Yüksek basınçlı sodyum lamba.

Voltajdaki ciddi iniş çıkışlar ya da herhangi bir güç kesilimi lambanın sönmeye neden olacaktır ve lamba tekrar çalıştırılmadan önce birkaç dakika soğutulmalıdır. Şekil 4.12 üç tip HID lambanın ısınma özelliklerini gösterir.

Diğer HID lambalarında olmayan, HPS lambalarının voltajının lambanın wattına bağlı olmasından dolayı, ki HPS lambalar genellikle watttaki değişime rağmen sabit gerilime sahiptirler, lamba üreticileri lambanın voltaj ve watt limitlerini gösteren trapezoid bir diagram oluşturmuşlardır. Şekil 4.13 400 wattlık bir lambanın trapezoid diagramını gösterir. Yüksek ya da düşük seviyeler minimum yada maximum wattı tanımlar, ki lamba her iki koşulda da kullanılabilir. Sol çizgi beklenen en düşük lamba voltajını simgelerken sağ çizgi ise lambanın devrine başladığı voltajı simgeler (Chen, 1990).

4.2 Işıklıklar

Birçok çeşit endüstriyel ışıklıklar vardır. Bir donanım için belirli bir çeşidin seçimi birçok faktörün gözden geçirilmesini gerektirir. Mum gücü dağılımı, yararlılık, korunaklılık ve parlaklık kontrolü, ulaşılan yükseklik, lumen sağlama özellikleri, mekanik yapım, normal bir kullanım için çevresel uygunluk, riskli yada özel alanlar. İç uygulamalar için CIE sınıflandırmasına göre genelde beş çeşit ışıklık vardır:



Şekil 4.13 400 wattlık bir yüksek basınçlı sodyum lambası için trapezoid diagram.

4.2.1 Dolaysız Tür

Dolaysız tür birimleri pratik olarak tüm ışığı (%90-100) aşağıya, çalışma alanına gönderir. Bu tip ışıklıklar çalışma alanları üzerinde genellikle en etkili aydınlatmayı sağlamalarına rağmen diğer faktörler harcama yaparlar. Örneğin; eğer birimler oldukça büyük ışıklık alanlara sahip değillerse ya da birimler önerilen aralama-yükselme oranlarından daha yakınlarsa, gölge aşırı miktarda olabilir. Fakat dolaysız ya da yansımış kamaşma, parlak kaynak ve karanlık çevre arasındaki ışıklık farkından dolayı rahatsız edici olabilir. Dolaysız kamaşma, iyi tasarlanmış bir ışıklık sayesinde düşük yapılabilir.

Dolaysız endüstriyel aydınlatma ekipmanları, yüksek yoğunluktan yaygın aşağı bileşenlerin dağılımına göre sınıflandırılır. Işıklıkların bu sınıflandırması Çizelge 4.1'de de gösterildiği gibi aralama-yükselme oranları olarak ifade edilir. Bu yaygın kategori, yansıtıcı tasarımını içeren optik bileşime sahip yüksek yeğnikli boşalmalı (HID) ışıklıkları içerir. Bu tasarım, konvansiyonel HID ışıklıkları için kabul edilenden daha düşük bir yükselme oranına imkan tanımak için, lambanın gizlenmesi ve ışıklığın yeterli derecede düşürülmesini sağlar. Alçak bölüm birimleri düşey aydınlatmayı geliştirmeyi (geniş açı bileşeninden dolayı) ve çalışma alanı altındaki aralığın yükselme oranının en az iki üç katı olmasına imkan tanımayı amaçlamıştır.

Prizmatik ya da yansıtıcı cam ya da düzgün alüminyum yansıtıcılar daha konsantre bir dağılım üretirler. Genel aydınlatmanın ışıklığı, odanın enine eşit ya da iki katı oranlarda bir

yükselme oranına sahip olması durumunda ya da yüksek makinelerle işlem ekipmanlarının gerektirdiği, aletler arasındaki etkili aydınlığın dolaysız kontrol gerektirdiği durumlarda yararlıdır. Bunlar ayrıca ek aydınlatmada da yararlıdır.

Çizelge 4.1 Güvenli aralama kriteri adı altında ifade edilen ışıklık dolaysız bileşenin sınıflandırılması.

Aralama-yükselme oranı (çalışma alanı üzerinde)	Işıklık sınıflandırılması
0.5'e kadar	Yüksek konsantre
0.5'ten 0.7'e	Konsantre
0.7'den 1.0'a	Orta yaygınlık
1.0'dan 1.5'e	Yaygınlık
1.5 üstü	Geniş yaygınlık

Yaygın türler; porselen mineli yansıtıcılar, diğer beyaz yansıtıcı yüzeyler, yaygın alüminyum, yansıtıcı ya da prizmatik cam ya da plastik ve benzer malzemelerden oluşur. Yaygın dağılımlar, alçak bölümlü alanlarda ya da birçok düşey ya da düşeye yakın görüş konularında avantajlıdır.

Nerede, bir denetim ya da özel çalışma alanı için ortalamadan daha yüksek bir genel aydınlatmaya ihtiyaç duyulsa yüksek yoğunluklu ışıklıklar, yüksek bölüm aydınlatma sistemlerinin yerleştirildiği yüksek seviyedeki vinçlerin üzerine, yerleştirilmelidir.

Geniş alanlar için, az yansıtıcı ışıklığı sağlamak için düşük ışıklık ışıklıkları tercih edilmelidir. Bu tip ışıklıklar standart türde bir floresan yansıtıcı üzerinde bir yayılım paneli, dolaylı aydınlatma başlığı yada geniş ışıklıkta bir alan içerirler. Çok tozlu ya da korozyona uğramış bir alanda contalı cam yada plastik kaplar önerilir.

Duvardan duvara uzanan alan aydınlatması dolaysız aydınlatmanın başka bir yoludur. Bu durumda, yüksek yansıtıcılık içindeki büyük boşluktaki kaynaktan yayılan ışık, hücresel örtücü veya yarısaydam ya da ışık kırıcı cam ya da plastikten aşağı doğru yönlendirilmiştir. Bu malzemeler lambaları tamamen engellediklerinde, aydınlatma özellikleri dolaylı

aydınlatma sistemiyle benzerlik gösterir. Hücresel örtücüler, mevcut bir yansımış kamaşma problemine karşın koruyucu olarak kullanılırlar. Bu, tasarımda en aza indirgenmelidir. Şekil 4.14 genel fabrika aydınlatmasında çok popüler olan 400 wattlık tipik bir yüksek basınçlı sodyum ışıklığını gösterir.

4.2.2 Yarı Dolaysız Tür

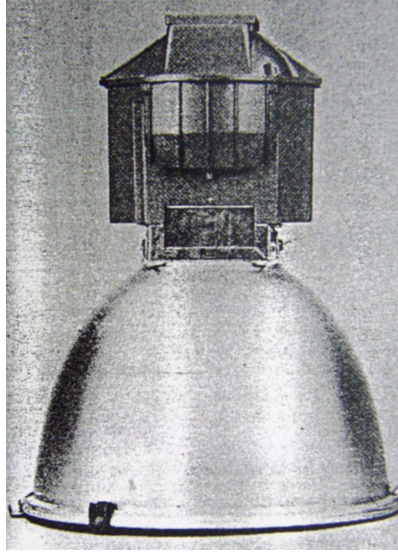
Yarı dolaysız birimler ışığın %60'dan %90'a kadarını aşağıya gönderirler. Bu ışıklıklardan çıkan ışıkları kullanmak çoğunlukla tavanın yansıtıcılığına bağlıdır. Açık renkli tavanlar genellikle gelişmiş kullanım yada görsel konfor olarak sonuçlanırlar. Yarı dolaysız dağılımla artırılmış tavan aydınlatması; tavanla ışıklılık arasındaki ışıklığı azaltır, yayılımı artırır ve gölgeleri yumuşatır. Yaklaşık olarak tasarlanmış yansıtıcılar ya da ışık kırıcılar ışıklılık ışıklığını azaltacak ve ek konfor sağlayacaktır. Birçok floresan ve bazı HID ve akkor ışıklıklar, korumayı arttırmak ve dolaysız kamaşmayı azaltmak için örtücülerle donatılmıştır.

4.2.3 Genel Dağılım ya da Dolaylı-Dolaysız Tür

Bu ışıklıklarda alt, üst aydınlatma nerdeyse eşittir (toplam ışıklılık veriminin %40'tan %60'a kadar olan kısmı). Genel dağılım türündeki ışıklıklar ışığı eşit olarak her yöne yayarlar; dolaylı-dolaysız ışıklıklar ise yataya yakın açılarda çok az ışık yayarlar ki, bu durum aslında dolaysız kamaşma alanındaki düşük ışıklılık nedeniyle tercih edilir. Bu tür bir dağılıma sahip ışıklıklar ofis ve laboratuarlarda geniş çapta kullanılır ve temiz imalat alanlarında kullanımda artmaktadır.

4.2.4 Yarı Dolaylı Tür

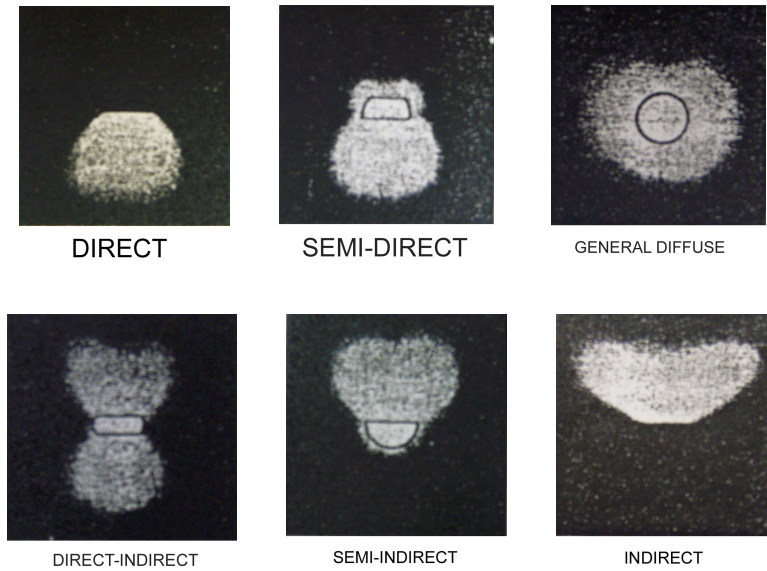
Bu tip ışıklıklar ışığın büyük bir bölümünü (%60 ile %90 arası) yukarı yayarlar. Yatay çalışma alanına ulaşan ışığın ana bölümü tavadan ya da yukarı duvarlardan yansıtılmalıdır. Bu nedenle bu yüzeylerin yüksek yansıtıcılığa sahip olması gereklidir. Yüksek yansıtıcılıkların ve iyi bakımların sağlanma ihtiyacı, belirli çalışma alanlarındaki yansımış kamaşmanın azaltılması gereken alanlarda endüstriyel yarı dolaylı sistemlerin kullanımını sınırlandırır.



Şekil 4.14 Endüstriyel uygulamalardaki tipik bir 400 wattlık HPS ışığı.

4.2.5 Dolaylı Tür

Işığın % 90 ile %100'ünü yukarı yayan dolaylı ışıklıklar endüstride nadiren kullanılırlar. Bu birimler en az kullanıma sahiptirler ve elde etmek daha zordur. Şekil 4.15 genel aydınlatma ışıklıklarını gösterir. Bu ışıklıklar, yatay olarak yukarı ve aşağı yayılan toplam ışıklık veriminin yüzdesine bağlı olarak CIE tarafından sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.15 Genel aydınlatma ışıklık sınıflandırılması.

4.2.6 Ek Işıklık Türleri

Ek aydınlatma birimleri, mum gücü dağılımına ve ışıklılığa göre beş ana tipe ayrılır:

1. **S-1 Türü – doğrultulu:** Bütün yoğun birimleri, yansıtan spot lamba gibi ya da yoğun yansıtıcılara ya da lenslere hizmet eden birimleri içerir.
2. **S-2 Türü – yaygın, yüksek ışıklılık:** Akkor ya da yüksek yeğinlikli boşalmalı gibi küçük mekan kaynaklarını içerir. Altı açık ya da yüksek yeğinlikli boşalmalı lambaya sahip derin çanak tipi yansıtıcı bir örnektir.
3. **S-3 Türü – yaygın, kısmi ışıklılık:** Işıklılığında 2:2'den daha büyük oranda bir değişime sahip tüm floresan birimlerini içerir.
4. **S-4 Türü – düzgün ışıklılık:** 2:1'den daha az bir ışıklılık değişimine sahip birimleri içerir. Genellikle bu ışıklılık 6800 cd/m²'den azdır.
5. **S-5 Türü – kalıplı düzgün ışıklılık:** Şerit ya da çizgi modelinin ilave edilmesi hariç S-4 türüyle benzerlik gösteren ışıklılık (Chen, 1990).

4.3 Armatürlerde (Işıklıklarda) Aranılan Genel Özellikler

Armatür seçimi aşağıdaki kriterlere göre yapılır:




- Armatürlerin kullanım amacına göre (iç ya da dış mekanlar için).
- Armatürlerde kullanılan lambaların cinsine ve sayısına göre (akkor telli lamba, düşük ya da yüksek basınçlı deşarj lamba).
- Armatürlerin konstrüksiyon şekillerine göre (açık ya da kapalı konstrüksiyonlu armatürler).
- Armatürlerin montaj özelliklerine göre (sıva altı, sıva üstü ya da askılı armatürler).
- Aydınlatma karakteristiklerine göre (ışık akısı dağılımı, ışık şiddeti dağılımı, parıltı dağılımı ve armatürün standart geriverimi gibi).
- Armatürlerin elektriksel özelliklerine ve lambaların çalıştırılması için gerekli bileşenlere göre (elektrik güvenliği, koruma sınıfı, telsiz parazitlere karşı koruma, balastlar, starter ve ateşleyiciler vb.)
- Armatürlerin mekanik özelliklerine göre (mekanik güvenlik, koruma sınıfı, yangından koruma özellikleri, top çarpması dayanıklılığı, malzeme özellikleri, vb.).
- Armatürün boyutlarına, biçimlerine ve tasarımlarına göre.

4.4 Armatürlerin Elektriksel ve Mekanik Özellikleri

Armatürlerin elektriksel ve mekanik özelliklerine göre koruma sınıfları:

4.4.1 Dokunmaya Karşı Koruma Sınıfları

Armatürler, dokunma halinde yüksek gerilime karşı alınan koruma tedbirlerine göre üç koruma sınıfına ayrılırlar :

- Koruma sınıfı I: Dokunulması mümkün metal parçalar toprak hattına bağlıdır. Toprak hattı bağlantı klemensinin sembolü: 
- Koruma sınıfı II: Gerilim altında bulunan parçalar için ek bir izolasyon öngörülmüştür. Toprak hattı bağlantısı yasaktır. Sembolü: 
- Koruma sınıfı III: İnsanlar için tehlike taşımayan çok düşük bir gerilimle (<42V) çalışırlar. Sembolü: 

4.4.2 Parazite Karşı Koruma

Elektrikli aletler, elektrik şebekesinin hatları üzerinden yüksek frekanslı elektromanyetik sinyaller yayarak başka elektrikli aletlerin işleyişini olumsuz yönde etkileyebilirler. Endüktif ya da elektronik balastlı armatürler ile düşük gerilimli halojen lambaların transformatörleri de, bu tür etkilere yol açabilirler. Bu nedenle, parazite karşı korunmuş olmaları gerekir.

Deşarj lambaların kullanıldığı armatürler kısmen parazite karşı korumalı, kısmen ise korumasızdır. Parazite karşı korumasız armatürlerin kullanılmasına, örneğin Almanya'da yalnızca belirli endüstri bölgelerinde izin verilir. Konutsal yerleşim bölgelerinde kullanılan armatürlerin ise mutlaka parazite karşı korumalı olmaları gerekir.

Fluoresan lamba kullanılan armatürler: 87/310/EEC sayılı Avrupa Birliği (EC) Yönergesi uyarınca parazite karşı korumalı.

Diğer deşarj lambalar ya da elektronik balastlı floresan lambalar kullanılan armatürler: DIN VDE 0875, Kısım2/11.84 Normu uyarınca parazite karşı korumalı.

Tüm armatürler: 89/336/EEC sayılı Avrupa Birliği (EC) Yönergesi'nin EMC koruma şartları ile uyumlu CE sembolü

4.4.3 IP Koruma Sınıfları

Armatürlerin mekanik tasarımı, içlerine yabancı madde ve nem girmesine karşı tam koruma sağlanacak şekilde olmalıdır. Armatürlerin koruma sınıfı, IP numaralandırma sistemi (ingress protection) ile ifade edilir.

Çizelge 4.2 IP koruma sınıfı numaralandırması (IEC598 PartI)



İlk Rakam Katı Maddelere Karşı	İkinci Rakam Sıvı Maddelere Karşı
0 - Korumasız	0 - Korumasız
1 - 50 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. El teması gibi.	1 - Dikey olarak gelen sulara karşı koruma. Su damlaması gibi.
2 - 12 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. Parmak gibi.	2 - Dikeyden 15 ° 'ye kadar açıyla gelen sulara karşı koruma.
3 - 2.5 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. El aletleri gibi.	3 - Dikeyden 60 ° 'ye kadar açıyla gelen sulara karşı koruma.
4 - 1 mm'den büyük cisimlere karşı koruma. İnce teller gibi.	4 - Tüm yönlerden gelen sıçrayan sulara karşı koruma.
5 - Toza karşı koruma	5 - Tüm yönlerden gelen fişkıran sulara karşı koruma.
6 - Toza karşı tam koruma	6 - Tüm yönlerden gelen güçlü su fişkirmalarına karşı koruma.
	7 - Geçici süre suya daldırmaya karşı koruma. 0.15 m. ile 1 m. arası.
	8 - Sürekli suya daldırmaya karşı koruma.




IP ibaresinin ardından gelen ilk rakam yabancı maddeye karşı korumanın, ikinci rakam ise suya karşı korumanın sınıfını tanımlar.

Örneğin koruma sınıfı IP20 olan bir armatür, içine 12mm'den büyük yabancı maddelerin girmesine karşı korumalı (2), ama nem girmesine karşı korumasız (0) demektir. Öte yandan IP65 koruma sınıfı bir nemli mekan armatürü, toz geçirmez (6) ve fişkıran suya karşı korumalıdır (5).

4.4.4 Yangın Önleyici Özellikler

Armatür seçiminde, montaj yüzeylerinin ve çevrenin tutuşkanlığı dikkate alınmalıdır. DIN

VDE 0100 Bölüm 559 sayılı norm uyarınca  sembolünü taşıyan armatürler, 180⁰C ısıya kadar şekil ve stabilite bozukluğu göstermeyen malzemelerin üzerine doğrudan monte edilmeye uygundur. Yangın önleyicilik sembolü taşımayan armatürler, yalnızca beton ve benzeri gibi tutuşkan olmayan malzemelerin üzerine doğrudan monte edilebilirler. Buna karşın, armatürlerin üzerinde tekstil elyafı gibi kolay tutuşabilir maddelerin birikme tehlikesinin mevcut olduğu yangına hassas işletme tesislerinde, yalnızca  sembolünü taşıyan armatürlerin kullanılmasına izin verilmiştir.

Mobilya ve benzeri donatım eşyasının üzerine ya da içine doğrudan monte edilecek armatürlerin, montaj yüzeyinin özelliklerine bağlı olarak  ya da   sembolünü taşımaları gerekir [4].

5. ENDÜSTRİYEL AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Endüstriyel aydınlatma küçük çalışma alanlarından büyük fabrikalara, birincil olarak dikkat gerektiren işlerden, ikincil olarak ağır endüstriyel işlere kadar çok geniş ve farklı çalışma alanlarını ve iş hizmetini kapsamaktadır (Philips Lighting, 1993).

5.1 Görsel Görevler İçin Fabrika Aydınlatması

Endüstriyel aydınlatma için ilk gereksinim, yüksek kaliteli aydınlatma doğrultusunda görsel görevin performansını kolaylaştırmaktır. Bu tür aydınlatma sayesinde personel; inceleme, işlemleri etkili bir şekilde kontrol etme ve birçok çeşit makinenin ve oluşumun bakımını yapma imkanı bulacaktır. Endüstriyel alanlarda kullanılan üç tip aydınlatma vardır: (1) genel, (2) yerleştirilmiş genel ve (3) ek.

5.1.1 Genel Aydınlatma

Genel aydınlatma, tüm çalışma alanı üzerinde istenen seviyede düzgün bir aydınlatma sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Noktadan noktaya farklılık gösteren, mekandaki ışık seviyesinin seçilen seviyenin % 17'si olması gerekmektedir. İyi bir genel aydınlatma sistemi aydınlatmayı yeniden düzenlemektense makinelerin yerinin değiştirilmesini mümkün kılar ve ayrıca tüm zemin yüzeyinin kullanımına olanak sağlar. Genelde, düzgün aralama ve demirbaşların sırasının sürekli yerleştirilmesi çoğunlukla floresanların göz önünde tutulduğu en ekonomik yöntemdir. Bir ya da daha çok işlem ya da kontrol alanına sahip büyük makineler hariç diğer mekanlar düzgün aydınlatma seviyesinin dağıldığı kritik görüş alanlarıdır. Sıra, topluluk, denetim gibi işler için bazen yerel aydınlatmaya ihtiyaç duyulur. Fakat iyi bir genel aydınlatma eksikliğinde etkisinin büyük bir bölümünü kaybedecektir (Lyons, 1992).

Mevcut montaj yüksekliği genel aydınlatmada kompakt flüoresan, yüksek basınçlı veya metal halide lamba seçimini etkilemektedir. Mevcut montaj yüksekliği endüstriyel aydınlatmada bir tipten diğerine oldukça değişkendir.

Aydınlatma dizaynının amacına uygun olarak, binaların tipine göre montaj yüksekliğini 4 gruba ayırmak mümkündür.

Çizelge 5.1 Endüstriyel Bina Tipleri

Montaj Yüksekliği (m)	Tipik Endüstriyel Varsayımlar
2.5-3.0	Çok katlı ve ofis tipi binalar
3.0-4.0	Tek veya çok katlı fabrika tipi binalar
4.0-7.0	Tek katlı fabrika binaları
7.0-üstü	Yüksek bölümlü (high bay) fabrika koridorları

Montaj Yüksekliği 2.5- 3.0 m: Birçok modern ışık endüstrileri çok katlı binalar olarak inşa edilmiştir ve mimari olarak ofis blokları ile birçok ortak özellikleri vardır. Bu tip binaların genellikle tavanlarının düz ve beyaz olması ışığın daha iyi dağılması ve gelişmiş bir aydınlatma modeli olması açısından geniş alana yayılmış reflektör görevi görür.

Sadece ofislerde, bundan dolayı, iyi aydınlatma kalitesi ve kullanımdaki verim arasındaki en mükemmel uzlaşma flüoresan lambalar ile yapılan aydınlatma ile sağlanır.

Eğer çalışma alanının planı önceden bilinmiyorsa tavandaki ışık kaynakları içeride istenilen aydınlatma seviyesini sağlayabilmek için bir baştan diğer başa eşit aralıklı diziler halinde veya düzenli ızgara modeli şeklinde düzenlenebilir. Diğer taraftan çalışma alanı planının sabit olduğu yerlerde daha ekonomik asimetrik aydınlatma düzenlemeleri ile sirkülasyonlu alanlarda daha düşük aydınlatma seviyeleri sağlamak mümkündür.

Özellikle VDU (Visual Display Unit) ekranlarının kullanıldığı alanlarda olduğu gibi, montaj yüksekliğinin kısıtlı olduğu mekanlarda aşırı parlaklığın kontrolüne özellikle dikkat edilmelidir. Bunun için iyi ekranlanmış ışık kaynakları kullanılmalıdır.

Diziler halinde ışık kaynaklarının kullanıldığı mekanlarda diziler pencereye paralel ve çalışanların görüş yönünün sağında olmalıdır.

Montaj Yüksekliği 3.0-4.0 m: Montaj yüksekliğinin 4 ‘ m ye kadar olduğu durumlarda en iyi sonucu kompakt flüoresan lambalı reflektörlü ışık kaynakları vermektedir.

Işık kaynakları genellikle devamlı yada kesik diziler halinde pencereye ve görüş yönüne paralel ve çalışma tezgahlarının ve makinelerinin sağından ışık verecek şekilde düzenlenir. Bu şekilde yapılan düzenleme görsel alanda sorun yaratacak gölgeleri önler ve ışığın

çalışanların gözlerine yansımaları olasılığını azaltır.

İyi yalıtılmış lambaların kullanıldığı ışık kaynakları dizilerinden oluşan, görüş açısının sağında olacak şekilde dizayn edilmiş aydınlatma sistemi daha rahatlatıcı ve kapsamlı bir etki vermektedir. Fakat şu da unutulmamalıdır ki çalışma alanında görüş alanında iyi bir aydınlatma yapılmış olması kapsamlı etkiden çok daha önemlidir.

Çalışma alanı düzeninin sık değiştirildiği durumlarda ışık kaynakları için kablolama içeren jonksiyon sisteminin kullanılması tavsiye edilir. İstenilen durumlarda istenilen ışık seviyesini sağlayabilmek amacı ile tek veya çift lambalı ışık kaynakları daha sonra sistemin rayları üzerine monte edilebilir.

Montaj Yüksekliği 4.0-7.0 m: Montaj yüksekliğinin 4.0-7.0 m olduğu tek katlı endüstriyel binalarda teras çatı veya camlı kırık çatı bulunur veya duvarların üst kısımlarına pencere açmak suretiyle aydınlatma sağlanır. İşin türünün ne olduğu önemli olmaksızın gündüz saatlerinde bile ek olarak aydınlatma yapılması gerekmektedir.

En uygun çözüm kompakt flüoresan lambalı reflektörlü ışık kaynaklarının diziler halinde pencereye paralel ve görüş alanının sağında olacak şekilde yerleştirilmesi ile oluşan sistemdir. Daha alçak çatı yüksekliklerinde tavana değecek şekilde yada çatı gövdesinin altına monte edilir. Daha fazla yüksekliğin olduğu durumlarda ise ışık kaynakları yerden 4 m yüksekte olacak şekilde çatıdan asılır.

Gün ışığı seviyesinin yüksek olduğu yerlerde gün ışığına bağlı kontrolü olan yüksek frekanslı flüoresan tipi lambalar ile yapılan aydınlatma daha ekonomik bir çözümdür.

Kompakt flüoresanlı ışık kaynaklarına alternatif olarak, montaj yüksekliği 6 m ve üstü olan yerlerde daha az sayıda ve daha güçlü lambalar uzak aralıklarla yerleştirilebilir.

Bu tip bir uygulama tesisatın yapımı aşamasında, işletme ve bakım esnasında büyük ekonomiklik sağlamaktadır. Fakat aydınlatmada gerekli homojenliğin sağlanmasına dikkat edilmeli ve daha az ışık kaynağı yerleştirilmesi sonucu ortaya çıkabilecek gölgelerden kaçınılmalıdır.

Kullanılan lambalar yüksek basınçlı civa buharlı, yüksek basınçlı sodyum buharlı ve metal halide olmak üzere 3 tiptir. Bu tip lambalar yüksek bölümlü (high bay) reflektörlü ışık kaynakları ile kullanılır. Reflektör istenilen ışık konsantrasyon seviyesini sağladığı gibi görüş alanının normal açısının olduğu yerde ışığı yalıtır. Bu yalıtma, ışık kaynaklarının genelde

görüşün normal çizgisinin üstünde olması faktörü ile birlikte, parlaklığın kolaylıkla engellendiği anlamına gelir.

İyi ışık girişi gereken yerlerde, yüksek, birbirine yakın makinelerin, paketleme tezgahı kümelerinin bulunduğu ve bunun gibi diğer mekanlarda yer yüzeyinin aydınlatılması yerine sınırlı, dar ışık veren ışık kaynaklarının kullanımı avantajlıdır. Tamamen görünür olması gereken yüksek dikey yüzeylerin, kontrol panelleri ve depo rafları gibi mekanların aydınlatılmasında geniş ışık veren ışık kaynakları kullanılır.

Montaj Yüksekliği >7.0 m: Yüksekliği fazla olan tek katlı binalarda ışık kaynakları yükseğe monte edilmelidir. Bunun nedeni ışık kaynaklarını vinçlerin kılavuz raylarından, buna benzer çalışma alanında bulunan yüksek makinelerden uzak tutarak zarar görmesini engellemektir.

Tesisatın büyük çoğunluğunda uygun yüksek bölümlü (high bay) ışık kaynakları diziler halinde kullanılır. Bu tip ışık kaynakları dar veya geniş ışık yayar ve içerisinde 400 W ‘ a kadar HID metal halide, yüksek basınçlı sodyum veya cıva buharlı lambalar kullanılır.

Floodlight*, gelişmiş ışık bilgisi ile asimetrik ışık dağıtımında kullanılır. İçerisinde 1 kW veya daha yüksek güçte HID lamba kullanılır ve istenilen durumlarda yüksek dikey yüzeylerde yüksek aydınlatma seviyeleri elde edilmesini sağlar.

Teknik, ekonomik, işletme ve bakım açısından tüm bu ışık kaynakları bu tip tesisatlar için oldukça uygundur (Philips Lighting, 1993).

5.1.2 Yerelleştirilmiş Genel Aydınlatma (Lokalize aydınlatma)

Genel alanın içinde görevin gerçekleştirildiği alan daha küçük olabilir ve bu nedenle bu mekan daha çok ışığa ve daha değişik kalitede ışığa ihtiyaç duyabilir. Bir depodaki paketleme masası buna bir örnek olabilir ki bu masada küçük parçaları bile tanımlamak, hızlı bir şekilde saymak, okumak ya da paketleme kağıtlarını doldurmak gereklidir. Bu durumlarda yerel aydınlatma için ek ışıklılık gereklidir. Yerel aydınlatma elemanlarının belirlenmesi fazla dikkat gerektirir. Nitekim yanlış koruma ya da tasarım mekan içindeki görsel konforu ters yönde etkiler. Görevden ve diğer çalışanlardan dolaysız ya da yansımış kamaşmayı uzaklaştırmak için dikkat üzerine gidilmelidir. Giysi endüstrisindeki kesim odalarında, masalar 100 ft uzunluğunda ve 4 ft genişliğinde olabilir ve mümkünse 3 ft genişliğindeki dar

* Genellikle filaman veya cıva buharlı lambaya ve bir parabolik reflektöre sahip olan binaların, parkların, spor salonlarının vb. yererin aydınlatılmasında kullanılan projektör (Philips Lighting, 1993).

yollarla ayrılmalıdır. Her bir masayı ayrı ayrı aydınlatmak, alanın yerel ya da ilave aydınlatma ile aydınlatılmasına rağmen sonuçta genel aydınlatma sistemini doğurur (Lyons, 1992).

5.1.3 Ek Aydınlatma (Lokal aydınlatma)

Ek aydınlatma, belirli bir miktar ya da kalitede ışığın gerekli olduğu zor görüş alanlarında kullanılır ki bu alanlardaki genel aydınlatma metotları yeterli değildir. Ek aydınlatma genellikle küçük ya da dar alanlardaki aydınlatma seviyesini arttırmayı sağlamak amacıyla kullanılır.

Ek aydınlatma değerli bir endüstriyel aydınlatma aracıdır. Zor görme koşullarını içeren birçok makine, topluluk ve denetim işlemleri, genel aydınlatmanın sağladığından daha çok aydınlatma ya da değişik çeşit bir aydınlatmaya gereksinim duyabilir. Bir engel nedeniyle genel aydınlatmadan yararlanamayan ya da parlaklığı azaltılan görev bazı tipik problemler doğurur. Düşük kontrast, örneğin çeliğin üzerindeki izler ve ürünlerin çok hızlı hareketi görsel bir zarara neden olabilir.



Şekil 5.1 Ek aydınlatmaya örnek (Philips Lighting, 1993).

Ek aletler, kullanıcı ve alt çalışanlardan kamaşmayı önlemek amacıyla, dikkatli bir şekilde korunmalıdır. Işıklılık oranı dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. İyi bir denge sağlamak amacıyla, ek ve genel aydınlatmanın tasarımını büyük bir dikkatle koordine etmek önemlidir (Lyons, 1992).

5.2 Güvenlik Aydınlatması

Güvenlik aydınlatması, zenginliğin tüm sınırlarını da içeren, binanın dış ve çevre alanlarının aydınlatmasına bağlıdır. Bazı alanlarda bu, endüstriyel aydınlatma tasarımının önemli bir

parçasıdır. Güvenlik aydınlatması, kişinin güvenlik duygusuna ve zenginliğinin korunmasına katkı sağlar. Bu durum şu şekilde başarılır:

1. Gözetim Aydınlatması : Davetsiz misafirleri görmeye ve dikkat etmeye yarar aydınlatma.
2. Koruyucu Aydınlatma: Göz korkutmak ya da saldırıları ortaya koymak amacıyla girişte kullanılan ışık. Vandallık gibi.
3. Güvenlik için Aydınlatma: Korumaların ve diğer görevli kişilerin rahat hareket etmesine yarar aydınlatma.

5.3 Acil Aydınlatma

Acil aydınlatma, normal aydınlatmanın güç kaynağı yetersiz kaldığında sağlanan aydınlatmadır. Yedek aydınlatma, acil aydınlatmanın bir parçası olup normal aktivitelere devam etmeyi olanaklı kılar. Sebep ne olursa olsun kullanılan bir binanın aydınlatmasının başarısız olması durumunda sıradaki fonksiyonları yerine getirmek için acil aydınlatma gereklidir:

1. Kesin olarak kaçışların belirlenmesi.
2. Çıkışlardan ve acil çıkışlardan güvenli hareketi kolaylaştırmak için aydınlatmayı ve konforlu görsel çevreyi sağlamak.
3. Tüm yangın alarmı çağırma noktalarının ve yangınla mücadele ekipmanlarının anlatımının okunmasının olanaklı kılınması.

Aşağıdakiler, çıkış noktaları ve çıkış işaretlerinin gerektirdiği minimum aydınlatma önerileridir:

- a) **İç aydınlatma işaretleri:** 54 lux 'lük (5fc) aydınlatmayı temsil eden işaret kodun yüzeyinde mevcuttur.
- b) **Dış aydınlatmalı çıkış işaretleri:** Bunlar; tasarım, malzeme, renk ve basım yönlerinden büyük farklılık gösterirler ki standartlarının hazırlanması da zordur. İşaretin yüzeyinde 54 lux (5fc) gerektirir. Bunun yanı sıra, kontrast, kamaşma, puslu yansımalar ve acil güç kaynağının güvenilirliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

- c) Çıkış yolu:** Herhangi bir çıkış noktasının aydınlatması normal aydınlatmadan sağlanan ortalamanın % 1'den azı olmamalı, zemin katta ortalama minimum 5 lux (0.5 fc) olmalıdır. Bir kaçış noktasının merkez hattı boyunca olan 20:1'e varan düzgün oran (E_{max}/E_{min}) güvenli hareket için istenilendir. 40:1 değeri aşılmamalıdır.
- d) Çıkış aydınlatmalarının yerleşimi:** Her çıkış kapısı ve acil çıkış kapılarında ve ayrıca potansiyel tehlike oluşabilecek noktalarda 30 lux (3fc) seviyesinde ışıklıklar sağlanmalıdır.
- e) Güç sağlama sistemleri:** Acil aydınlatma sistemleri, normal aydınlatmanın kesilmesi halinde normal aydınlatmanın 10 s'i kadarını sağlamalıdır. Eğer böyle bir sistem bir jeneratör tarafından destekleniyorsa, jeneratörün verimi belirli alanın gereksinimi doğrultusunda arttırılmalı ve normal aydınlatma kesildiği anda devreye girmelidir. Batarya destekli acil aydınlatma sistem kullanımında bataryalar değiştirilebilir olmalı ve ikincil bataryalar merkezi bir sistem tarafından kontrol edilmeli, şarj edilebilmeli ya da lambalar kendi içinde barındırmalıdır. Batarya/şarj birleşimi, sistemi 1 saatten 24 saate kadar desteklemelidir.

Tüm acil aydınlatma sistemleri test edilmeli ve hangi türde bir acil güç kullanılırsa kullanılsın her 30 günde bir incelenmelidir.

5.4 Aydınlatma ve Mekan Koşulları

Yüksek ışıklıkların kullanılmasıyla beraber; aydınlatmayı, ısıtmayı, soğutmayı ve atmosferik kontrol gereksinimlerini bütünleşik bir sistemin içinde toplamak pratik olandır. Aydınlatma sistemi sıklıkla enerjisinin büyük bölümünü ısıtma mevsiminde sağlar.

5.4.1 Yüksek Nemli ya da Korozyonlu Hava ve Riskli Konum Aydınlatması

Çevresi sarılı civatalı ışıklıklar, havanın yanıcı olmayan toz ya da buhar içerdikleri riskli olmayan bölgelerde kullanılırlar. Buhar süreci, ekim alanları, çamaşır ve duş odaları ve diğer yüksek nem oranına sahip alanlar çevresi sarılı ışıklıklar içeren tipik alanlardır. Riskli alanlar, havanın patlayıcı alanlarda yanıcı olmayan toz, buhar yada gaz içeren alanlarıdır. Bunlar, yerel elektrik koduna göre temel riskli özelliklerine bağlı olarak gruplandırılırlar. Bu alanlarda kullanılan ışıklıklar; patlama kanıtı, toz geçirmeyen, toz kanıtı ve çevresi sarılmış ve contalı olarak tanımlanır.

5.4.2 Normaldışı Sıcaklık Koşulları

Isıtılmayan ağır endüstriyel bitkilerin, donmuş gıdaların ve donmuş gıda depolarının bulunduğu alanlardaki mevcut düşük çevre sıcaklıkları tanınmalıdır. Bu koşulları yürütmek için aletler seçilmeli ve floresan lamba seçildiğinde lambaların çalışmasına ve verim özelliklerine gerekli dikkat verilmelidir. HID ekipmanlarıyla sıcaklık değişim lumen verimi üzerinde az bir etki gösterir fakat düzgün başlangıç özellikleri korunmalıdır.

Dökümhanelerin, çelik fabrikalarının, demir dükkanları vb. mekanlardaki giriş yüksekliğindeki normal dışı yüksek sıcaklıklar ortak bir özelliktir. Bu mekanlardaki aydınlatma doğrultusunda aletlerin seçimine dikkat edilmelidir. Bu tip koşullar altındaki floresan ve HID balast sıcaklık sınırlamaları gözden geçirilmelidir. Aşırı yüksek sıcaklıklardan kaçınmak için biraz yükseltilmelidir.

5.4.3 Bakım

Lambaların düzenli temizlik ve hızlı değişimi, iyi yönetilen endüstriyel aydınlatma sistemlerinde gereklidir. Elektrik (aydınlatma) mühendisleri için ışıklık imalini ve yansıtıcıların bitimini ve bakım için gerekli tedarığın sağlanmasını incelemek önemlidir böylelikle sistem düzgün servis edilecektir.

6. ENDÜSTRİYEL KURULUŞLARDA AYDINLATMA SİSTEM UYGULAMALARI

Endüstriyel yerlerdeki çevresel koşulların çok değişken olması, standart bir ışıklandırma metodunun geliştirilmesini imkansız kılmaktadır. Buradaki bilgiler çoğunlukla genel uygulama üzerinedir fakat bahsedilen prensipleri uygularken yapılmakta olan görsel işlevli görevler ve değişken çevresel koşullara göre uygun ekipman ve ışıklandırma yöntemi seçilmelidir. Bu bölümde bazı endüstri tiplerinin ışıklandırma ihtiyaçları, karşılaşılması muhtemel bazı sorunları ve bu sorunlara karşılık çözümleri yer alacaktır.

Bir endüstrideki başarıyla uygulanan ışıklandırma yöntemi, benzer görsel sorunlar yaşayan ya da benzer çevresel koşullar altındaki başka endüstri tipine de uygulanabilir. Bu gibi karşılıklı çözümler ışıklandırma biçimleri bakımından endüstrileri 4 gruba ayırmaktadır. Bazı durumlarda bir sanayi tipinde uygulanmakta olan yöntemler tamamıyla farklı başka endüstri tipinde de başarıya ulaşmaktadır. Bu bölümde bahsedilen bu 4 grup incelenecektir.

6.1 Gıda, İçecek, İlaç Sanayileri

6.1.1 Gıda Endüstrisi

Gıda endüstrisindeki ışıklandırma ihtiyacı, ayrıntılı renk ayırımına imkan verebilmek ve hijyenik koşulları yerine getirmek içindir. Gıda endüstrisindeki binaların ışıklandırılması, GIDA HİJYENİ KURALLARI' na ve diğer ilgili kurallara uygun olmalıdır.

Birçok gıda maddesi tahmin edilemeyen optik özelliklere sahiptir. Örneğin güneş ışığı ve zengin UV kaynaklarında bazıları bir seviyede floresan yayarken, bazıları da dikromatik özellik sergilerler.

Gıda ürünlerinin üretilmesi ve hazırlanmasındaki sabit sorun ürünlerin “soğuk tip” yüksek renk kaliteli (Northlight Lambaları 6500K) lambalarda izlenmesidir ki bu lambalar çok farklı çeşitler halinde piyasaya sürülmüşlerdir. (DeLuxe Natural Lambalar, Trifosfor Lambalar ya da 2800K'ya kadar inen sıcak tip lambalar)

Gıda üreticileri ürünlerin kalitesini, tazeliğini, çekiciliğinden emin olmak için izleme amaçlı yüksek renk kaliteli (colour 96, Northlight, Artificial Daylight) ve “sıcak tip” lambalar (Warm White, Colour 93, Deluxe Natural...) kullanmalıdırlar.

Özellikle kırmızı et, balık ve beyaz et gibi ürünlerin izlenme sürecinde detaylı renk ayırımını mümkün kılan soğuk tip kaliteli ışık kaynakları gereklidir. Çürümeye başlayan et parçaları DeLuxe Natural tüp veya temiz, pembe plastikle kaplanmış Warm White tüplerinin altında ve hatta GroLux lambalarının altında bile rahatlıkla fark edilebilir. (Kırmızı, beyaz ve balık etleri donma noktası veya altında diğer koşullar ne olursa olsun kokusuzdurlar.)

Işıklandırmanın Gıda Yönetmeliği'ne uyması için kirliliğe ait hiçbir izin olmaması ve ışıklandırmaya ait parçaların gıda maddelerinin üzerine düşme riskinin olmaması gerekmektedir. Bu şartları sağlamak amacıyla aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Bütün lambaların etrafı kırık parçaların etrafa düşmesini önleyecek şekilde kaplanmalıdır. Bu kaplama transparan bir plak şeklinde olabildiği gibi kompakt olarak lambayla birlikte de gelebilir.
- Açılabilir kısımlar menteşelenmeli ya da zincirlerle tutturulmalı ve sabitleyiciler de sağlam olmalıdır.
- Kaplanmış olmasına karşılık toz-tutucu, toza dirençli olmayan ışıklandırmalar tozun hava akımıyla gıda maddelerinin üzerine düşme riskini ortaya çıkarırlar. Sadece toz- tutucu veya toza dirençli veya BS4533-suya dirençli ışıklandırmalar toz veya su riskine önlem olabilir. Toza maruz kalsalar dahi tozu üzerlerinde tutarak gıda maddelerinin üzerine düşmesini engellerler.
- Işıklandırmaların yukarı yatay yüzeyleri tozun yerleşmesine izin vermeyecek derecede minimize edilmelidir.

Ürün izleme ve takibi açısından yüksek renk kaliteli lambalara ihtiyaç duyulsa da, normal üretim alanları için bazı seçenekler de mevcuttur. Pişirme(fırın) ve şekerleme alanlarında 3800 K ve üstü renk sıcaklığına sahip floresan lambalar uygun olurken, yüksek tavanlı mekanlar için civa buharlı lambalar (MB) kullanılabilir. Çünkü metal bileşimli lambalar genel renk görünümü ve ekonomik olarak tercih nedenidir.

Gıda endüstriyel binalarının modern ışıklandırma standartlarıyla tanıştırıldığı zaman, yönetim bu binaların tekrar dekore edilmesi yönünde harekete geçmelidir çünkü modern ışıklandırma yardımıyla mekanın ne kadar kirli, pis ve rengi atmış bir çevreye sahip olduğu kolayca görülebilmektedir. Personel hijyeni de dolayısıyla iyileşme fırsatı bulacaktır, çünkü parmak, tırnak ve üniforma temizliği gözle görülür olacaktır.

6.1.2 İçecek Endüstrisi

Süt Şişeleme Fabrikaları:

Bu gibi mekanlarda cam konteynır üretiminde ürün izleme prosesine benzer görsel tabanlı problemler oluşur. İzleme istasyonlarından ve de lokal laboratuarlardan farklı olarak, süt şişeleme fabrikalarının dahili ve harici bütün alanları yüksek basınçlı sodyum lambaları (SON) kullanılarak, etkili ve verimli bir şekilde aydınlatılabilir. Bütün iç aydınlatma ekipmanları BS4533-suya dirençli olmalıdırlar.

Soft (hafif) İçecek Endüstrisi:

Süt şişeleme alanlarından farklı bir gereklilik yoktur. Konserve yapılan hat içinde özel bir durum söz konusu değildir.

Bira Yapımı,Damıtma:

Damıtma merkezlerindeki nem ve toz bu gibi yerlerin korozyona karşı dirençli “Zone2“ ışıklandırma ile aydınlatılmasının zorunlu standart olmasını gerekli kılmaktadır. Bu tesislerdeki şişeleme alanları , süt şişeleme alanlarında ve konserve kutulama hatlarında olduğu gibi aydınlatılmalıdır.

Bazı bira fabrikalarının ışıklandırmaları kancalara takılı şekilde lambalardan oluşup bu lambalar su dirençli, kıvılcım dirençli priz, soket ve kablolarla birbirlerine bağıdırlar. Birkaç yedek ışıklandırma, kusurlu ve hatalı olan lambanın değiştirilmesinde güvenlik sağlamakla birlikte üretimi etkilemez ve periyodik bakım kolaylıkla yapılabilir. Aydınlatmalar mantar ve yosun etkisine karşılık sık sık silinip temizlenmeleri gerekir.

Damıtma ve bira üretim merkezlerinde sabit bir çalışma alanı olmadığı için çalışanlar bir iş merkezinden diğerine giriş çıkış yapmaktadırlar. Işıklandırma bu duruma uygun olmalı ve ölçüm aletlerindeki değerler işçiler tarafından rahatça okunabilecek derecede aydınlatılmalıdır. Ayrıca güvenlik için merdiven ve koridorlar gece ve gündüz iyi derecede aydınlatılmalıdır.

Bira fabrikaları ve damıtma santrallerinde, periyodik bakım için yukarı doğru bakan tungsten halojen projektörler yerleştirilmelidir. Fakat bunlar sadece bakım zamanlarında kullanılmalıdırlar.

Alkol gazı ve buharı yanıcı ve patlayıcıdır. Işıklandırmayı sağlayan şirket ve müşteri arasındaki görüşmede bu tip tehlikeli alanlar belirlenmelidir. Bunun yanında unutulmamalıdır

ki ufak partikül ve tozlar belli bir konsantr değerine ulaştıkları zaman şiddetli bir patlamaya neden olabilirler.

6.1.3 İlaç Endüstrisi

İlaç sanayiindeki (üretim ve medikal olmayan kimyasal ürünler, kozmetikler) hijyenik koşullar gıda endüstrine benzer fakat daha sıkı şekilde takip ve kontrol altında tutulmalıdır. "Steril" ve "temiz" odalar için özelleşmiş bazı kurallar söz konusudur. Bazı laboratuvarlarda gazlı dolap ve kapalı sıra raflarda steril yapmaktadır. Ürün izleme ve takip etme proseslerinde kullanılan ışıklandırma yöntemleri bu tür gazlı dolap ve rafların aydınlatılmasında kullanılabilir. Fakat diğer laboratuvarlarda yanıcı, tutuşturucu özellikte kimyasal maddeler söz konusu olmaktadır. Bu alanlar için basınçlı ve korumalı aydınlatma ekipmanlarının avantajları göz önünde bulundurulmalıdır.

6.2 Giyim, Tekstil, Kağıt, Deri Endüstrileri

Burada tartışılan sanayii çeşitleri doğal veya sentetik maddeler ve bunların boyanması ile ilgilidirler.

Doğal ışık ve bazı floresan tüplerin ışıkları ultraviyole foton ihtiva ederler ve bunlar da ilgili ürün üzerinde istenmeyen organik veya inorganik boya maddelerinin oluşmasını sağlayabilir. Çevredeki ışığın spektral bileşimine göre ürünlerin renkleri değişebilir.

Ürünlerin satışa ve kullanıma elverişli olup olmadığından emin olmak için, hem hammadde halinde hem de bitmiş ürün olarak ışık testleri yapılmalıdır.

Bu renk değişimine örnek olarak yaşanmış bir olay verilebilir. Bir giyim fabrikasında etek çeşidinin büyük miktarda üretimi yapılmış fakat ürünler geri iade edilmiş. Sebep olarak da eteğin belli lokasyonunda fark edilebilir şekilde renk değişiminin olmasıymış. Üretim esnasında fark edilmemiş çünkü elektrik ışık altında hiç bir renksel uyumsuzluk söz konusu değilmiş. Northlight tüpleri altında gözlendiğinde bu farklar görünür olmuş.

6.2.1 Giyim Endüstrisi

Giyim endüstrisindeki ışıklandırma koşulları incelendiğinde, endüstrinin gelişmesi çalışma alanının iyileşmesine yüksek oranda duyarlıdır. Işıklandırmanın personel memnuniyetine ve üretimdeki büyümeye etkisi çok büyüktür.

Araştırmalara göre üretilmiş elbise ve giysilerdeki hataların %60'ı kumaş hatasından kaynaklanmaktadır. Üretim başlangıcındaki kumaşın daha iyi izlenmesi, satılamayan ve defolu ürünlerden kaynaklanan maliyeti büyük ölçüde düşürür. Kesim masalarında, tezgahlarda kumaş hatalarının tespitinde çok önemli olan CIBSE (aydınlık ve renk standartları) 1.madde yeterince uygulanmamaktadır.

Kesme tezgahı kumaş hatalarını tespit etmek için en iyi yerse, bir soru aklımıza takılabilir. Bütün kumaş kesilmeden önce denetim yapılması çok daha iyi olmaz mı?

Örme hataları en çok kumaşın üzerinden kayarak gittiği ön ya da arka ışıklandırılmalı dönen kasnak iskeletinde ve ışığı uygun açıda ayarlayarak tespit edilebilir.

Görsel açıdan hoş bir izlenim taşıyan mekanın morale etkisi oldukça fazladır, çünkü makine odalarında operatörler çok fazla sesle muhatap oldukları için birbirleriyle konuşamazlar. İyi bir ışıklandırma görselliği arttırdığı gibi işe konsantre olmayı da kolaylaştırır. Genel ışıklandırma lokal alanların da görünümünden sorumludur. Genel aydınlatma, lokal aydınlatmanın en az 3'te 1'i kadar olmalıdır.

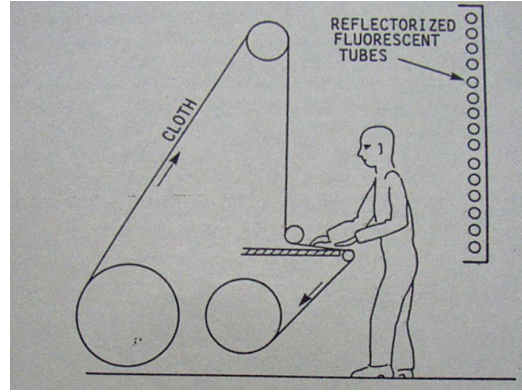
Bazı giyim fabrikalarında içeri nüfuz eden güneş ışığının kontrol edilememesi ve tavandaki cam pencerelerden gelen direkt ışınlar işçiler açısından büyük handikap yaratmaktadır. Kış aylarında incelendiğinde bu tür binalarda düşük güneş ışığının da etkisiyle verimliliğin önemli derecede arttığı görülmektedir. Kış aylarındaki bu verimlilik ve kaliteye pencereleri matlaştırarak ve elektrik aydınlatma sistemi kurarak bütün yıl boyunca ulaşılabilir.

6.2.2 Tekstil Endüstrisi

Doğal ve suni iplikle çalışan fabrikalarda tozun ve keten tiftiğinin aydınlatmayı etkilemesi, üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Aydınlatma ekipmanının çok kalın bir toz tabakasıyla kaplanması ve bunun sonucunda fazla ısıya maruz kalıp kullanılamaz hale gelmesi hiç de seyrek karşılaşılan durumlar değildir. Özel girinti veya oyuklara yerleştirilen ve düz tavana tutturulan aydınlatma cihazlarının üst kısımlarına toz girmesi söz konusu olamaz.

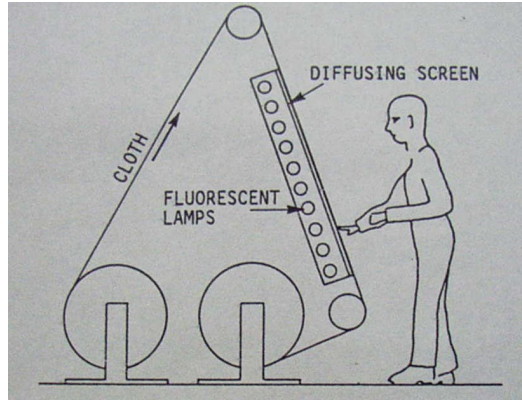
Dokumada, ışıklandırma sistemi en küçük hatayı bile tespit edecek kadar iyiye, düzeltme işlemi için duraksamalar artacak fakat genel olarak gecikme zamanı eskisine oranla daha az olacaktır. Dokuma tezgahları ve örme makinelerinde ışıklandırma ihtiyacı, özellikle hata tespit ederken, kullanıcının görsel ihtiyacına göre değişir.

Makine yüzeyindeki pastel renk kullanımının görme olayındaki yararı kanıtlanmış bir gerçektir. İhtiyaca göre lokal aydınlatmaya birkaç ilave ekipman yerleştirilebilir.



Şekil 6.1 Yapay pencere kullanılarak kumaşın incelenmesi

Son izleme aşamasında “yapay pencereler” kullanılabilir (Şekil 6.1). Bu pencereler 12-15 tane birbirine yakın yerleştirilmiş 65W floresan tüp ve difüze edici kapak takımından oluşmaktadır. Pencere yere dikey olan kumaş platformuna paralel şekilde, kumaştan 1,5-2,0 metre uzağa yerleştirilir. İşçi ışık kaynağına sırtını döner ve oluşan gölge ışın işleyişinde etki yaratmayacak kadar küçüktür.



Şekil 6.2 Arka aydınlatmalı kasnak sisteminin kullanılması

Bazı kumaşlar arka yüzlerinden aydınlatıldıklarında daha iyi izlenirler. Floresan tüpler sıralanmış bir çerçeveye yerleştirilirler, eğim ve yükseklikleri ayarlanabilir şekilde konuşturulurlar (Şekil 6.2). Açıklanan her iki aydınlatmada ışık derecesi ayarlanabilir olmalıdır. Bazı basit dizi elemanları kullanarak hem yapay pencere hem de arka ışıklandırmada ki avantajları, harekete ve ayarlama imkanı veren küçük tekerlekler sayesinde elde etmek mümkün olmaktadır. Bu gibi ışık dizilerinde yüksek renk kaliteli fosfor vermemesine rağmen floresan tüpler kullanılır.

6.2.3 Kağıt Endüstrisi

İngiliz kağıt endüstrisi geleneksel olarak güvenlik uygulamalarına çok güzel örnekler vermektedir. Kağıt imalatı, kart presi ve özel tip imalatlarda personel büyük tehlikelere maruz kalmaktadır. Yeterli ışığın sağlanması durumunda işçiler “parmaklar”ı yerine “gözler”ini kullanacaklardır.

Kağıt endüstrisi yüksek oranda mekanize olduğu için iş hacmine bağlı olmakla birlikte az sayıda çalışan vardır. Genel aydınlatma sadece süpervizörlük işleri için yeterli olabilir. Fakat kurulum aşamasındayken, kesme, dövme, şeritleme makineleri kullanırken yan ve alt ya da gömülü olarak yerleştirilen projeksiyon aydınlatma kesinlikle hayatidir.

Gecikme zamanının belirlenmesi açısından kurulum ve bakım periyotlarında daha fazla ışık gerekebilir. Arka aydınlatma operatörün kağıttaki küçük yırtık ve delikleri tespit etmesi açısından gerekli olabilir. Fabrika dahilindeki atmosferik şartlar arasında “nem” önemli yer teşkil eder. Kaplanmış ve damlamaya karşı korunmuş aydınlatma ekipmanları gereklidir.

Kağıt imalatı sırasında bir sorun ise ıslak kağıt hamurunun rengini tayin edebilmek için doğru ışıklandırmanın sağlanması sırasında oluşur.

İmalat sırasındaki atık kağıt ve materyaller dışarıda tutulur ve kamyonlarla taşınır. Gece gündüz işleyen bu süreç içerisinde dışarı ile içerisi arasında kalan alanlar orta ölçekli bir aydınlatmaya ihtiyaç duyabilir.

Tespit etme, izleme odalarında ışıklandırma, yüzeydeki hataları açığa çıkarmasından dolayı bakış açısına göre yerleştirilmiş, kağıt rulosundan yüzeye paralel şekilde yerleştirilmiş projeksiyon aydınlatma olmalıdır.

6.2.4 Deri Endüstrisi

Bronzlaştırma prosesi dahilinde gerekli olan çevresel koşullar genellikle nemli ve korozyon bir atmosfer gerektirir ve buna uygun suya, neme, korozyona dirençli aydınlatma kullanılmalıdır.

Günümüzde doğal deri ürünlerine talep düşmekte fakat suni deri ürünlerine talep hiç olmadığı kadar fazla olmaktadır. Bronzlaştırılmış deri ve bitmiş ürünlerin seçilmesi, eşleştirilmesi, işlenmesi, derecelendirilmesi ve kesilmesi sırasında mükemmel ışıklandırmanın sağlanması üretimdeki birincil koşuldur.

Ayakkabı yapım tezgahlarında işin doğal yapısı gereği makineler tamamıyla güvenli hale getirilemez. Bu şartlarda yeterli ışıklandırma, operatörlerin parmaklarının güvenliğinde çok

değerlidir. Bazı fabrikalarda iş üzerindeki ışığı optimum düzeye ayarlayan optik rehberler bulunmaktadır.

Bitmiş kundura ürünlerindeki hata tespitleri ayrı bir izleme odasında yapılır ki genellikle burada paketleme işi de olmaktadır. Doğal veya sentetik bitmiş deri ve kundura ürünleri düşük parlaklığa sahip, büyük alan aydınlatabilen lambalar sayesinde izlenmektedirler. İzleme odalarında Northlight ve ColorMatching gibi lambalar bulunmaktadır.

6.3 Mühendislik, Plastik, Basım ve Mobilya Endüstrileri

Birçok üretim prosesinde, makine prosesine yüksek oranda güven duyulsa bile, insan-makine siberetik ilişkisi görme duyusuna ve görsel iletişime dayanır. Birçok tesiste insan ve materyal kaynakları güzel bir ortam sağlandığı için daha iyi kullanılabilirlerdir.

6.3.1 Mühendislik Endüstrisi

Mikro teknolojik proseslerde küçük iş alanının ışıklandırılması ve mikroskop ve manipulatörlerdeki gömülü ışıklandırma üretimi artırıcı yöndedir.

6.3.2 Plastik Endüstrisi

Plastik malzeme üretimindeki çevre koşulları ilaç ve petrokimya sanayiinde karşılaşılan çevre koşulları ile benzerlik taşır. Plastik kalıp ve çekme atölyelerinde havadaki çözücü maddeler kırılcım tehlikesi yaratabilirler. Çözücü maddeler ışıklandırmaların plastik kaplamalarından sızıp elektriksel ekipman ve kabloların yalıtımlarına zarar verebilirler.

Bu endüstride ışıklandırma yapılırken sık karşılaşılan sorunlardan bir tanesi, kalıp plastiğinin pislik ve kirden yoksun olduğunu kontrol etmek amacıyla ışık kaynağının kalıba parıltı yapmadan yönlendirilmesinde çekilen zorluktur. Uzaktan lokal ışıklandırma veya metal aynalar yardımıyla dökümün ve kalıbın alt tarafını aydınlatmak çözüm olabilir.

Kalıplama, çekme ve pres atölyelerinde makineler üzerindeki aşırı sıcak hava aydınlatmanın bu makineler üzerinde yerleştirilmesi için uygun ortam yaratmamaktadır. Bu gibi sıcak koşullarda ışıklandırma ekipmanı en yüksekteki pencereden daha yüksek olmayacak şekilde yerleştirilir ve amplife (kuvvetlendirilmiş) edilmiş vantilatörler kullanılmalıdır.

6.3.3 Basım Endüstrisi

Bütün basım endüstrisinde çok yüksek oranda görsel içerik olduğu için, modern ışıklandırma teknikleri uygulanmalıdır. Teknolojik gelişmeler neticesinde metin tarama ve basımının,

grafik tasarımının ve ekran-sayfa etkileşiminin çok hızlı olmasına neden olmuştur. Aynı zamanda ekipmanların küçük boyutlara ulaşmasıyla basım endüstrisi çok küçük alanlarda faaliyet göstermeye başlamıştır. Birçok printer ve basım ekipmanı küçük ama modern, temiz, görsel açıdan doğru koşullandırılmış, bilgisayar destekli binalara taşınmıştır.

Bu tip sanayii ortamında, “renk” odaklı görevler için CIBSE code’ un belirttiğinden daha yüksek derecede, 2000-3000 lx aydınlık derecesinde, daha iyi renk ayırımına imkan veren lambalar kullanılmalıdır.

Birçok basım işinde mürekkebin moleküllerinin anlık polimerleşmesini sağlayan ve bu nedenle hızlı kurutma sağlayan ultraviyole ışıklar kullanılır. Bunu yaparken dikkat edilmesi gereken 2 husus vardır.

- Ultraviyole kaynağı herhangi bir aydınlatma ekipmanın içine konulmamalıdır çünkü çıkan ışıklar göze ve deriye zararlıdır.
- Ultraviyole kurutma konveyör veya tüneline açılmamalıdır.

Cyan (yeşilimsi mavi) filtreleri ile sarı renkli basım tescil işareti kolaylıkla görülebilir.

6.3.4 Mobilya Endüstrisi

Ahşap işleme sahalarında toz karşılaşılan en büyük sorundur. İşlenmiş odun talaşları, toz dirençli olmayan ışıklandırmaların içine girecektir ve ışık oranını büyük ölçüde düşürecektir. Bunların haricinde cilalama ve vernikleme atölyelerinde bu alanları tehlikeli yapan, yanabilir çözücüler kullanılmaktadır.

Şekil veren ve kalıplayan işlerde , yuvarlak ve düz testere kullanan departmanlarda karşı durulması gereken strokobik etki vardır. Testere için arka ışıklandırılmış bir ekranda testere dış konfigürasyonu kontrol edilebilir.

Bu işler boyunca alternatif ışık kaynaklar da değerlendirilmelidir. Genel makine alanlarından, dişli değirmenlerinde ve mobilya montaj ve depolama işlemlerinde, yeterli etkinlik değerine ulaşabilmek için yüksek basınçlı sodyum lambaları ilk tercih olmalıdır. Ahşap kaplama hazırlanmasında ,cilalama ve döşeme işlemlerinde yüksek renk kaliteli floresan tüpler kullanılmalıdır.

Döşeme malzemeleri renk olarak dikkatlice incelenmeden önce kesilmemelidir. Makinelerin içine yerleştirilen lokal ışıklandırmalar, kalite kontrolüne yardımcı faktörlerdir.

Kaplama yapımında ızgaralı tavan veya aydınlatmalar, çok fazla direkt parlama yapmadan

yüksek derecede aydınlık yaratırlar. Fakat difüze edilmiş ışıklandırmalar yüzey kalitesini daha iyi çıkarır. Kaplamaların düzgünlüğünün ve yüzey kalitesinin kontrol edilmesi, ızgaralı ışıklandırma sistemiyle ya da yönü ayarlanabilen (adjustable) ışıklandırmalar ile yapılmalıdır.

6.4 Metal,Dökümhane,Cam ve Petrokimya Endüstrileri

Bu tip endüstri birimlerinde çok büyük miktarda yakıt kullanılmasına rağmen, enerji israfına tahammül edilemez ve enerji yönünden verimli ışıklandırma tercih edilmektedir.

Ağır sanayii yüksek tavanlı binalarda lamba değiştirilmesi harcanan emek yönünden maliyet kalemi sayılmaktadır. Yukarı aşağı ayarlanabilen ışıklandırma kullanılmadığı durumlarda, lambaları sadece periyodik iş bitimlerinde değiştirmek pratik olabilir. Sıcak iş alanının yarattığı tehlike ve zemin bozuklukları nedeni ile lamba değiştirme işlemleri tavandan yapılmalıdır.

6.4.1 Dökümhaneler ve Sıcak Metal Sanayii

Dökümhanelerde veya sıcak metalin işlendiği alanlarda işçilerin güvenlikleri, üretkenlikleri ve moralleri çok büyük ölçüde o alandaki yeterli ışıklandırmayı sağlayan yöneticilere bağlıdır. Işıklandırma sisteminin sıcaklık, titreşim ve atmosfer kirliliğine karşı, temiz ve hizmet edebilir şekilde bakımı yapılmalıdır. Katı yakıtlar atmosfer koşulu yanında ışıklandırmayı da olumsuz etkiler. Birçok binanın içinde kirli hava vardır ama bu etki aydınlatmayı artırıcı nitelik taşır.

Bu gibi işyerlerinde kullanılmakta olan floresan ve civa lambalarının yerine yüksek basınçlı sodyum lambalar kullanılmalıdır. Fakat renk kodlu kalıp kumları kullanıldığı durumlarda metal bileşimli lambalar daha uygun olmaktadır. Kalıp renginin ve metal stok renk kodunun kolayca tanınacağı testler yapılmalıdır.

Yaralanma riskinin fazla olduğu döküm ve dövme atölyelerinde çok iyi ışıklandırma fevkalade önemlidir. Zamanımıza kadar demir ocaklarında ve döküm merkezlerinde ışıklandırma çok zayıf ve çevresel koşullar çok kötü idi. Fakat son yıllarda ocakların kontrollü ısıtılması hatta elektriksel ısıtma sistemlerinin çıkmasıyla birlikte döküm ve dövme sahalarındaki koşullar diğer ağır sanayii koşullarından daha kötü değildir.

Aydınlatma ekipmanlarının temizlenmesi, bakımı ve değiştirilmesine çok büyük özen gösterilmeli, sıcak alanların üstüne olmamak koşuluyla kolay erişim sağlanabilecek ışıklandırma kılavuzları oluşturulmalıdır.

Eriyik metalin işlendiği her yerde genel aydınlatma sıcak demirin parlaklığını bastırarak derecede olmalıdır. Eriyik metalin parlaklığı, hesapta olmayan direkt parlaklık etkisi yaratabilir. Döküm ve dövme sahalarında eskiden beri kabul edilen bir kural genel aydınlatmanın seviyesini düşük tutarak ocak sıcaklığını parlaklık derecesine bakarak tayin etmektir. Bu kural günümüzde teknik olarak çözümden uzak ve güvenli bir yol değildir. Günümüzde ocak sıcaklığı ayrı enstrümantasyonlarla ölçülür.

6.4.2 Cam Endüstrisi

Bu endüstride ayrı ayrı ışıklandırma sistemine gerek duyan özelleşmiş operasyonlar vardır. Örneğin, preslenmiş veya şişirilmiş cam konteynırlar (şişeler,kavanozlar vs) konveyordan geçerken hata tespiti için izlenmeleri gereklidir ve bu iş için özel bir ışıklandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Konveyordan gelen ürünün (dakikada 50-90 parça) etkili biçimde izlenmesinde esas olan, izleyicinin peripheral vizyonunu kullanmasını sağlamaktır. Bunu yapmak için konveyordan gelen ve uzaklaşan nesnelerin görüş alanı içinde olması ve nesnenin nominal izleme noktasından geçerken izleyicinin tam önünde olması gerekmektedir. Bu tip izleme istasyonlarında ızgaralı, beyaz arka aydınlatma mevcuttur. Bu ekipman sayesinde nesnenin dış yüzeyindeki kalınlık tutarsızlıkları değişimleri belirlenir. Izgaralar kalın veya ince yerleri tespit ederken daha iyi görüş sağlarlar.

Bir takım eğitim ve pratikten sonra izleyiciler akıllarında mükemmel bir şişe veya konservenin görüntüsünü oluştururlar ve küçük, büyük kabarcıkları olan, pürüzlü, asimetrik olan şişeleri ayırırlar. Böylelikle izleyici bozuk olan ürünü seçerken ona bakmaz bile, çünkü şişe peripheral vizyon içindedir.

Testlerden çıkan sonuçlara göre izleme istasyonlarında genel aydınlatma direkt parlamaya müsaade etmeyen şekilde, konveyor bandının en az 500 lx ve arka aydınlatmanın yansıtımlı floresan tüplerden oluşmuş 750-1000 lx değerinde aydınlık vermesi gerekir. Arka aydınlatmalı izleyici gözleriyle yatay düzlemde 90° açı yapması gerekmektedir.

Bazı içi oyuk, içi boş cam ürünlerinin izlenmesi en iyi alttan aydınlatma ile mümkün olmaktadır. Bunun için hafifçe karanlık bir arka plan ile iyi difüze olmuş genel ışıklandırma gerekmektedir.

Cam, plakların üzerine ışık vermesiyle ışık, plakadan bir yüzeye düşer ve hata ve yüzeydeki çizikleri ortaya çıkarır. Cam tüp veya silindirler bu yöntemle izlenebildiği gibi, arkalarında

temiz, plastik prizma ışık kaynağı ile temas ettirilmelerinde de hatalar belli olmaktadır.

6.4.3 Petrokimya Endüstrisi

Toksik gaz ve duman zararından minimal etkiyi sağlamak amacıyla petrokimya endüstrisi günümüzde açık hava yapılar da hayat bulmaktadır. Bu nedenle bu endüstri çeşidinde ışıklandırma düzeninin, dış endüstriyel ışıklandırma teknikleriyle sağlanması gerekmektedir. Öte yandan kimyasal testlerin yapıldığı laboratuvarlarda iyi renk ayırımının mümkün kılınması gereklidir.

6.5 Ofisler ve Üretim Yapılmayan Alanlar

Endüstriyel yapıların üretime direk katkıda bulunmayan alanları diğer alanlar gibi kullanıcının organizasyona verimli şekilde katkısını sağlayacak şekilde aydınlatılmalıdır. Hoş ve prestijli bir görünüm açısından giriş, ofisler ve resepsiyon alanlarının ışıklandırılması önemlidir. Ofis ve dizayn departmanlarında ışıklandırma verimliliğe büyük ölçüde katkı sağlar, personel odasında ve sosyal tesislerde çevrenin iyi şekilde olmasına katkıda bulunur.

6.5.1 Ofislerin Işıklandırılması

Ofislerin aydınlatılmasında CIBSE code'nde geçen özel öneri ve tavsiyelere uyulmalıdır. Tipik fabrika ofislerinde genellikle dekor yüksek kaliteli olmakta fakat bunun yanında kaliteli ışıklandırmaya gereken önem verilmemektedir. Oysa kaliteli ışıklandırma sistemi standart ekipman kullanılırsa çok cüzi bir bütçeyle elde edilebilir. Çoğu modern ofislerin tavanları floresan tüplerin ve aşağı-yönlendirilmiş ışıkların girebileceği oyuklara sahiptir.

Daha büyük ofislerin dizayn aşamasında aydınlatma ile birlikte havalandırma ve klima sistemleri birlikte düşünüldüğünde aydınlatma sistemine dair aşağıdaki avantajlar söz konusudur.

- Odadaki hava aydınlatma sisteminin içinden geçirilerek çıkarılırsa tüplerin soğuk kalması sağlanır ve ışık çıkışında kuvvetlenme olur.
- Işığın tavadaki ızgaralar ile dağıtımı söz konusu olduğu için tavadaki düzgün olmayan dağınık görüntüden kurtulmuş olunur.
- Uygun ekipmanlar ile büyük alanlarda, aydınlatmanın verdiği ısıyı alana dağıtıp tekrar kullanmak mümkün olur.

Toplantı ve eğitim odaları için özel ışıklandırma yöntemleri söz konusu olur. Konferans odaları için en esnek metot "çoklu ışıklandırma" dır. Bu sistem tamamen üretici fabrikada

hazırlanır ve kurulumu da oldukça basittir. Bu kompakt yapıda birçok lamba sistemi iç içe entegre haldedirler. Konferans masasının aydınlatılması için aşağı ışıklandırma , oda içindeki hafif ışıklandırmayı sağlayan endirekt ışıklandırma (slide ve görsel sunumlarda etkilidir) ve duvardaki pano veya dekorların aydınlatılmasında direkt ışıklandırma sistemleri kullanılır. Doğru ölçüm ve ölçeklendirme yapılırsa dikey rotlar sayesinde sistem, izleyiciler tarafından görünmeyecektir.

6.5.2 Dizayn Ofisleri İçin Aydınlatma

CIBSE Code önerisine göre çizim odalarında genel aydınlatma 750 lx civarında olmalıdır. Fakat küçük ofislerde 500 lx genel aydınlatmaya ilave olarak ayarlanabilir “görev“ ışıkları olabilir. Personel genellikle bu şekli tercih etmektedir. Ayarlanabilir görev ışıkları içinde 2 yada daha fazla minyatür lamba bulunur, fakat bazı personel filament lambaları tercih ederler.

İyi renk ayırımını mümkün kılmak için tavan ve duvarlar beyaz veya açık gri renginde ya da bu ikisinin karışımı olacak şekilde boyanmalıdırlar. Renk ayırımının önemli olmadığı diğer alanlarda da 0.7-0.85 yansıtma faktörlü pastel açık gri renk tercih edilmelidir.

Bölümlenmiş tavan sayesinde silindirize edilmiş bir aydınlık elde edilebilir fakat ışık fazla difüze edildiği için pergel ve kalem tarafından açılan küçük delikler görülmeyebilir. Bunun için ayrıca çizim masası ışığı temin edilmelidir.

Tavandaki her bölümün boyutları kullanılan floresan lambaların uzunluğuna ve tavan yüksekliğine bağlıdır. 1200 mm ve 1050 mm tüpleri için 1500mm ve 1350 mm ölçüleri bölüm ebatları uygundur.

6.5.3 Kantin, Personel Odası ve Medikal Odaların Işıklandırılması

Mutfak ve yemek saklanan yerlerdeki ışıklandırma düzeni gıda fabrikalarında anlatıldığı şekilde olmalıdır.

Küçük işletmelerde dahi yemek odası veya kantinin hoş ışıklandırılması personel tarafından iyi karşılanacaktır. 300 lx değerinde uygun renkteki bir aydınlık temizlik unsurunu da ön plana çıkarır. Bu alanlardaki aydınlatma genel olmaktan çok yerel olmalıdır. Çoğu insan normal filament lambalar altında yemek yemeyi tercih eder. Ortamdaki konforu hissettirmesi bakımından portre ve dekorların ayarlanabilir dikroik lambaları ile aydınlatılması gerekmektedir.

Personel odaları yemek odası olmakla birlikte iş kulübü gibi diğer amaçlarla kullanılan, ders

ve toplantılara mekan olan odalardır. Bu nedenle bu tip odalarda esnek ve bir çok yönden aydınlatma yapabilen ışıklandırmalar kullanmak akıllıca bir davranış olacaktır. Slayt ve video gösterimlerine elverişli olması bakımından potansiyometreli (dimmer) lambalar kullanılmalıdır.

Yüzlerce fabrikanın ışıklandırmaları incelendiğinde zayıf ve basiretsiz yönetimin yegane göstergesi kirli tuvaletlerdir. Zayıf ışıklandırma çevreye saygıyı düşürür, temizlikçiler işlerinin önemini fark etmezler ve kullanıcılar klozetleri kirli bırakırlar. Bu işler neden-sonuç ilişkisi içinde cereyan eder. İyi ışıklandırılmış lavabo ve tuvalet alanları daha iyi hijyenin sağlanması ve binaya saygı açısından çok önemlidir. Bu alanların aydınlatılması ekonomik olarak dikkate alınacak maliyet oluşturmazlar. Eğer lambalara hasar verilmesi ve teçhizatın çalınması söz konusu olursa vandal-dirençli ekipman kullanılmalıdır.

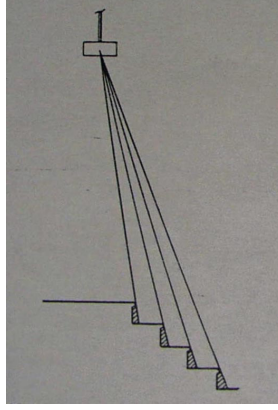
Medikal ve ilk yardım odaları hijyenik koşullar doğrultusunda teşhis ve tedaviye imkan sağlayacak şekilde ışıklandırılmalıdır. Ayrıca renk ayırımına yeteri derecede izin verecek ışıklandırma sayesinde insandaki komplikasyonlar fark edilebilir, erken teşhis için uygun koşullar yaratılmış olur. Mekanın temizliği açısından toz korumalı lambalar kullanılmalıdır. Ameliyatlarda kullanılan türde bir ayarlanabilen “ana“ lamba yardımıyla gözdeki yabancı cisimcikler ile deri yüzeyindeki ufak çizikler teşhis edilebilir. Bir tedavi odasında en az 300 lx seviyesinde genel aydınlatma ve hastanın incelendiği lokal bölgede de 500 lx aydınlatma sağlanmalıdır. Potansiyometreli lambaların kullanımı, hastanın uykuya ihtiyacı olduğu zaman tercih edilebilir. Göz testi duvar tabloları (Snellen tabloları) 300 lx derecesinde aydınlatma gerektirmektedir.

6.5.4 Merdivenler, Koridorlar, Sirkülasyon Alanları ve Antreler:

Merdiven bölümü ziyaretçiler için resepsiyon alanının bir parçasını oluşturuyorsa, bu bölümlerin ışıklandırmaları kurulurken işlevlikten ziyade dekoratif unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. Merdiven aydınlatmaları düşme vakalarının sayısı düşünüldüğünde önemli bir yer oluştururlar. Merdiven korkuluk ve tırabzanları olmadığı durumlarda ışıklandırma inen ve çıkan insanlar için direkt parıltıya yaratmayacak şekilde yerleştirilmelidir.

Basamak ve tırabzanlar aynı renkte ise ışıklandırma tırabzanı gölgede bırakacak şekilde yerleştirilmelidir. Acil durumlar için de görülebilirlik oranı test edilmelidir. Stratejik yerleştirilmiş veya acil çıkış ışıklandırmalarının kullanıldığı “pilot ışıklandırma” tekniği merdiven alanlarında bu gibi durumlarda rehber görevi görür.

CIBSE Code de skaler aydınlık oranları belli olan tek alan sirkülasyon alanlarıdır. Buraların ışıklandırılmasında esas, insanlara rahat ve konforu hissettirecek görüntü oluşturulmasıdır. Bu tür ışıklandırmada gölge tercih edilmez ve dekoratif spot lambaları, masa ve duvar lambaları ve diğer dekoratif lambalar çoğunlukla seçilen ürünlerdir.



Şekil 6.3 Merdiven aydınlatma yöntemi

Aydınlatıcılar basamaklarda gölge olmayacak şekilde yerleştirilir böylece tehlikeler daha fark edilebilir hale gelir.

Eğer koltuklar ve kahve masası modern zemin yada klasik masa lambalarıyla bütünlenirse resmiyetten uzak rahat bir ortam sağlanmış olur. Yol aydınlatmaları ve anayol çıkışı güvenlik ve emniyet için önemli olduğu gibi dış cephe aydınlatmalı işaretler ve bina projektörlü aydınlatmaları mekanın rahat fark edilebilmelerini sağlar. Ziyaretçiler için iyi aydınlatılmış araba park alanları ve ziyaretçi girişini rahat bulabilmelerini sağlayacak dış cephe aydınlatmaları sağlanmalıdır. Girişte insanların girişlerde ya da çıkışlarda gece ve gündüz koşullarına uyum sağlamalarına yardımcı olacak kademeli aydınlatmaya ihtiyaç duyulabilir. İyi aydınlatılmış giriş ve antre, iyi kullanılan işaretler ve memnuniyet verici resepsiyon organizasyonlar için iyi olarak sayılan özelliklerdir. Şirketlerin ilk izlenimleri de tıpkı insanlarınki gibi uzun süreli etki bırakır ve gelecek ilişkileri belirleyici bir rol oynar (Lyons, 1992).

7. SAYISAL UYGULAMA

İç mekanlardaki aydınlatma sistemleri, ilgili normlara uygun şekilde planlanmalıdır. Bir sistemi planlayabilmek için aşağıdaki veriler gereklidir:

- Mekanların plan ve kesitleri, mekan ölçüleri,
- Tavan konstrüksiyonu ile ilgili veriler,
- Tavanın, duvarların, zeminin ve mobilyaların renkleri ve yansıtma faktörleri,
- Mekanın kullanım amacı, kullanım sırasında yerine getirilmesi gereken görsel işlevler,
- Mekandaki çalışma alanlarının konumu,
- Mobilya ya da makine donanımı yerleşimi,
- Sıcaklık, rutubet, toz gibi işletme şartlarıyla ilgili veriler.

Bu verilerden yola çıkılarak amaca uygun ışık kaynakları ve armatürler seçilmelidir. İstenen aydınlık düzeyini sağlamak için gereken lamba sayısı hesaplandıktan sonra, armatürlerin sayısı ve yerleşim biçimleri belirlenir. Bu belirleme sırasında, aydınlatma tekniği, montaj tekniği ve bakım tekniğinin yanı sıra mekanın mimarisi ile ilgili hususlar göz önüne alınmalıdır.

Mimarın armatür seçimi ve bunların yerleştirilmesi konusundaki isteklerinin, aydınlatma tekniği ve çalışma fizyolojisinin deneyimleri ile örtüşmesine dikkat edilmelidir.

Planlama sırasında, aydınlatma tekniğinin gereklerinin yanı sıra, sistemin ekonomikliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

7.1 Aydınlatma İle İlgili Bilgisayar Programları (Relux One V.3.0)

Planlaması yapılan mekanda önceden belirlenen bir ortalama aydınlık düzeyine ulaşmak için gerekli armatür sayısını, verim faktörü yöntemi ile hesaplamak mümkündür. Mekanın farklı noktalarındaki aydınlık düzeylerinin hesaplanması ise, bilgisayar yardımı ile yapılır. Piyasada, bu amaç için hazırlanmış çeşitli programlar mevcuttur [4].

Aydınlatma tekniği çok büyük oranda aydınlığın niteliğine, yani biçimine, karakterine dayanmaktadır. Nicelik konusu, aydınlatma tasarımında; aydınlık gereksiniminin, yapılan iş, günün saati, yorgunluk durumu, kişi özellikleri, psikolojik koşullar vb. pek çok etkene bağlı olarak değişkenlik göstermesi nedeniyle; bu değişkenliğin dimmerler ile sağlanabilmesi ve görme organının (*göz ve gözün gerisinde, beynin görme merkezine kadar uzanan tüm sistemin*) değişik aydınlık düzeylerine uymadaki büyük esnekliği nedeniyle aydınlığın nitelik

özelliğine göre daha kolay hesaplanabilir ve pratik, uygulanabilir bir alandır.

Bunun aksine, aydınlığın niteliğinin, karakterinin, görsel algılamada temel öge olması ve bu özelliklerin ne basit ne de karmaşık bir hesapla belirlenememesi, ancak bütün bir tekniğin bilinmesi ve bu tekniğin yaratıcı bir zihinsel etkinlikle uygulanabilmesi, nitelik konusunun önemini açıklamaktadır.

Bugün artık, iyi görme koşullarının sağlanmasında belirleyici etkenin yalnızca aydınlığın niteliği olduğu, belirli bir aydınlık düzeyinin ise gerekli ama yetersiz bir öge olarak devreye girdiği, tüm uzmanlarca benimsenmiş bir gerçektir.

Bir aydınlatma projesinde, bilgisayar programları, aydınlığın niteliği ve aydınlatma düzeni belli olduktan, yani, aydınlatma tekniğine göre oluşturulması gereken aydınlığın biçimi, mimarisi belirlendikten sonra, yalnızca gerekli aydınlık düzeylerinin bulunmasında yardımcı olabilir (Sirel, 1992).

Aydınlatma hesaplarına yönelik hazırlanan bu paket programların eksik yönleri:

- .dwg formatındaki dosyaların aydınlatma programına aktarılamaması nedeniyle projedeki tüm bölümlerin odalar halinde yaklaşık ölçü ve çizimleri ile kullanılan aydınlatma programında baştan tanımlanması,
- Sadece dikdörtgen ve polygonal gibi alanlara izin verdiği için mevcut tasarımların gerçekçi aydınlatma hesabını yapmanın mümkün olmaması,
- Sınırlı sayıda, sadece programın izin verdiği (database inde bulunan), malzeme ve tefriş elemanlarının kullanılabilmesi (örneğin tekstil fabrikası örneğinde görüleceği gibi projeye özgü masa, makine ya da cihazlarının projeye eklenememesi),
- Aydınlatma hesaplarında önemi yadsınamayacak olan yansıma hesaplarının yapılamaması. Programda tavan, duvar ve döşeme yansıtma faktörleri seçilebilmekte ancak kullanılan malzeme bilgisi olmadığı için sadece renklere dayalı bir yansıtma hesabı ile bırakın tefriş elemanlarına malzeme atamayı temel tavan, duvar ve döşeme yansıtma faktörlerinin dahi doğru olduğu şüphelidir.
- Programda pencere seçilebilmekte ancak günışığı etkisi verilememektedir.
- 3 boyutlu görselleştirme konusunda zayıf kalması (hem tasarıma uygun malzeme ve tefriş yerleştirilememesi hem de renk ve arayüz olarak diğer görselleştirme programları yanında gerçekçi görünümünün olmaması).

Aydınlatma paket programları aydınlatma hesabı için (aydınlığın niceliği), kullanılacak armatür sayısının hesabı için yararlı ve pratik programlardır. Ancak yukarıda sayılan eksik

yönleri nedeniyle 3 boyutlu görselleştirme programları ile birlikte kullanılması gerçekçi bir sunum açısından çok önemlidir.

7.1.1 Aydınlık Düzeyi Hesapları

Relux One V.3.0 programı

- Mekanın kullanım amacına uygun olarak seçilen armatürlerin, uygun görülen aydınlık düzeyini gerçekleştirebilmek için kaç adet kullanılması gerektiğini hesaplamamızı sağlar.
- Armatür yerleşimi yapıldıktan sonra mekanda oluşan ortalama aydınlık düzeyi- parlaltının değerini ve dağılımını görmemizi sağlar.

7.1.2 Relux One V.3.0 ile Aydınlatma Hesabının Yapılması

- **File** menüsünden yeni bir dosya oluşturulur.
- **Architecture** menüsüne girilir.

Architecture-Interior : İç aydınlatma hesabı yapmak için bu alt menü seçilir.

Architecture-Exterior : Harici aydınlatma hesabı yapmak için bu alt menü seçilir.

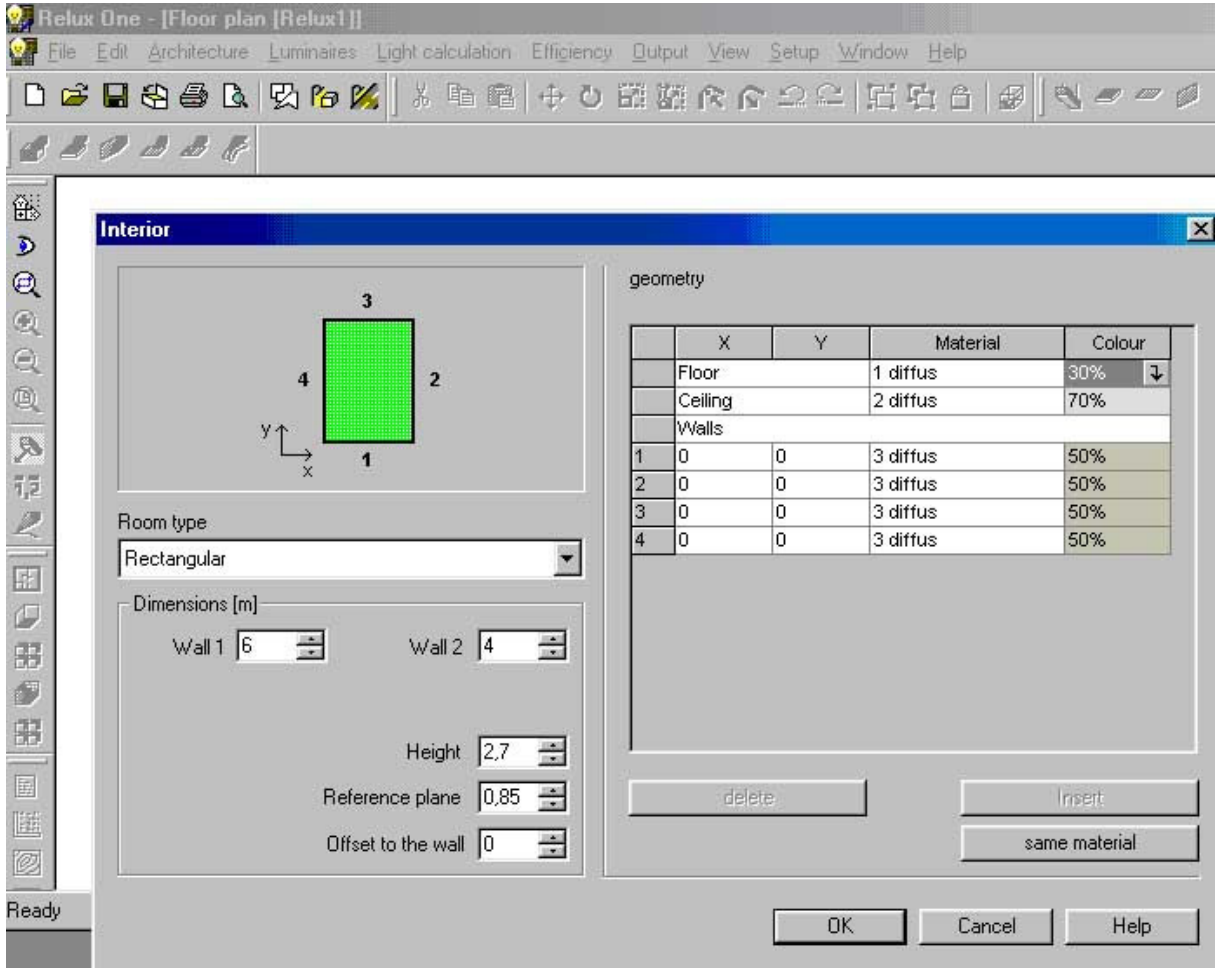
Architecture-Road Project :Yol aydınlatması yapmak için bu alt menü seçilir.

A=6 mt B=4 mt H=2.7 mt olan ve ofis olarak kullanılacak bir yerimiz olsun. Burası için uygun olan aydınlık düzeyini sağlayabilecek armatürün seçimi ve bundan kaç adet kullanmamız gerektiğini bu program ile aşağıda belirtilen yolları takip ederek belirleyebiliriz.

Architecture-Interior seçeneğini tıkladığımızda aşağıdaki pencere karşımıza çıkar. Mekanın boyutları, yüksekliği gibi değerler burada girilir. Tavan, duvar ve zeminin renklerinin ışığı yansıtma değerleri standartta 70-50-30 şeklindedir, eğer mekanımız farklı renklere sahipse örneğin çok koyu bir zeminimiz varsa yansıtma katsayısının düzeltilmesi gerekmektedir.

Aydınlatma hesabı yapılırken bizim için önemli olan zemindeki değil çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyinin değerini bulmaktır. Standartlarda bu mesafe 85 cm olarak belirlenmiştir. Koridor ve diğer yürüme alanlarında bu değer 20 cm olarak seçilir. Aşağıda ki pencerede yer alan reference plane bu değeri simgelemektedir.

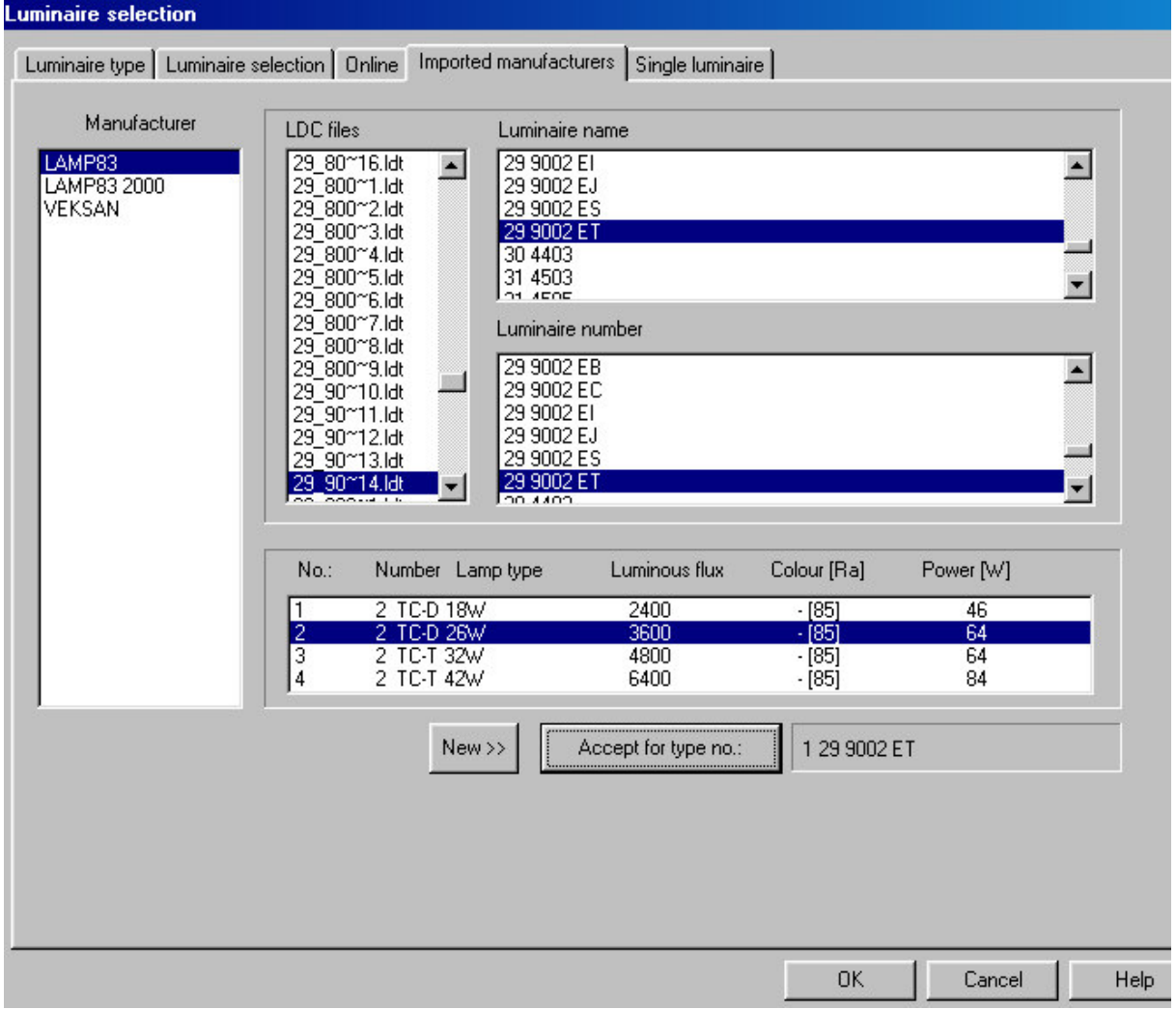
Offset to the wall; Referans olarak belirlenen düzlemin duvarlara olan mesafesini göstermektedir.



Şekil 7.1 Mekan tanımlama

- Mekanımızın boyutlarını girdikten sonra 2. aşama hesap yapacağımız armatürün seçimidir. Bu örnek proje için 29 9002 26ET kodlu Lamp83 ürününü kullanalım.

Luminaires menüsünden **selection** alt menüsüne girilir. Firmanın armatür bilgilerine ulaşabilmek için **imported manufactures** alt menüsü seçildiğinde aşağıdaki pencere oluşur.



Şekil 7.2 Armatür seçme

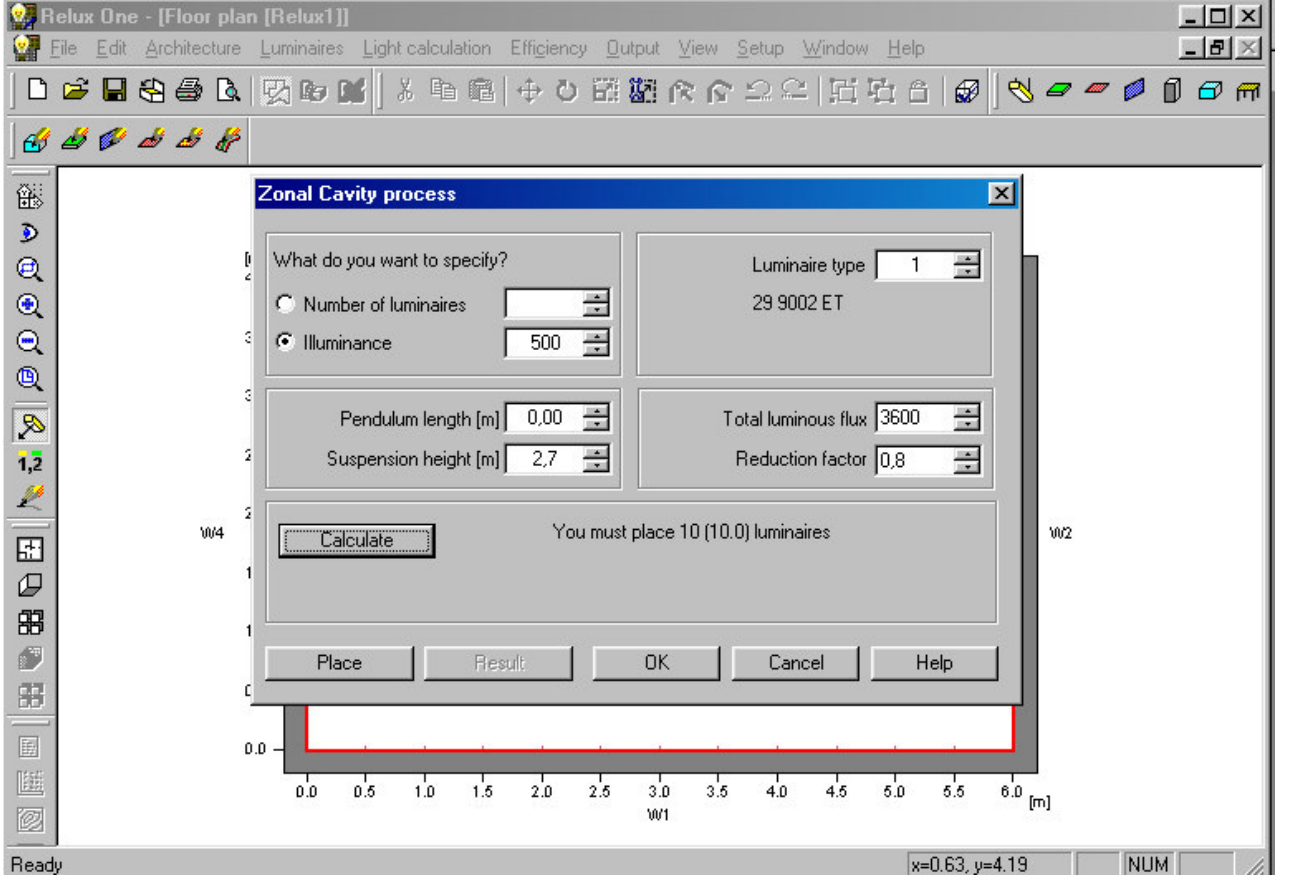
Seçilen armatürün teknik özelliklerini ise yukarıdaki pencerede yer alan Luminaire type bölümünden görebiliyoruz.

- Light Calculation – Zonal Cavity menüsünü kullanarak seçmiş olduğumuz armatürden kaç adet kullanmamız gerektiğini hesaplarız .

Bu işlemi 2 alternatifli olarak gerçekleştirebiliriz.

1. Alternatif : İstedğimiz aydınlık düzeyi değerini aşağıdaki şekilde girerek, olması gereken armatür sayısını hesaplarız.

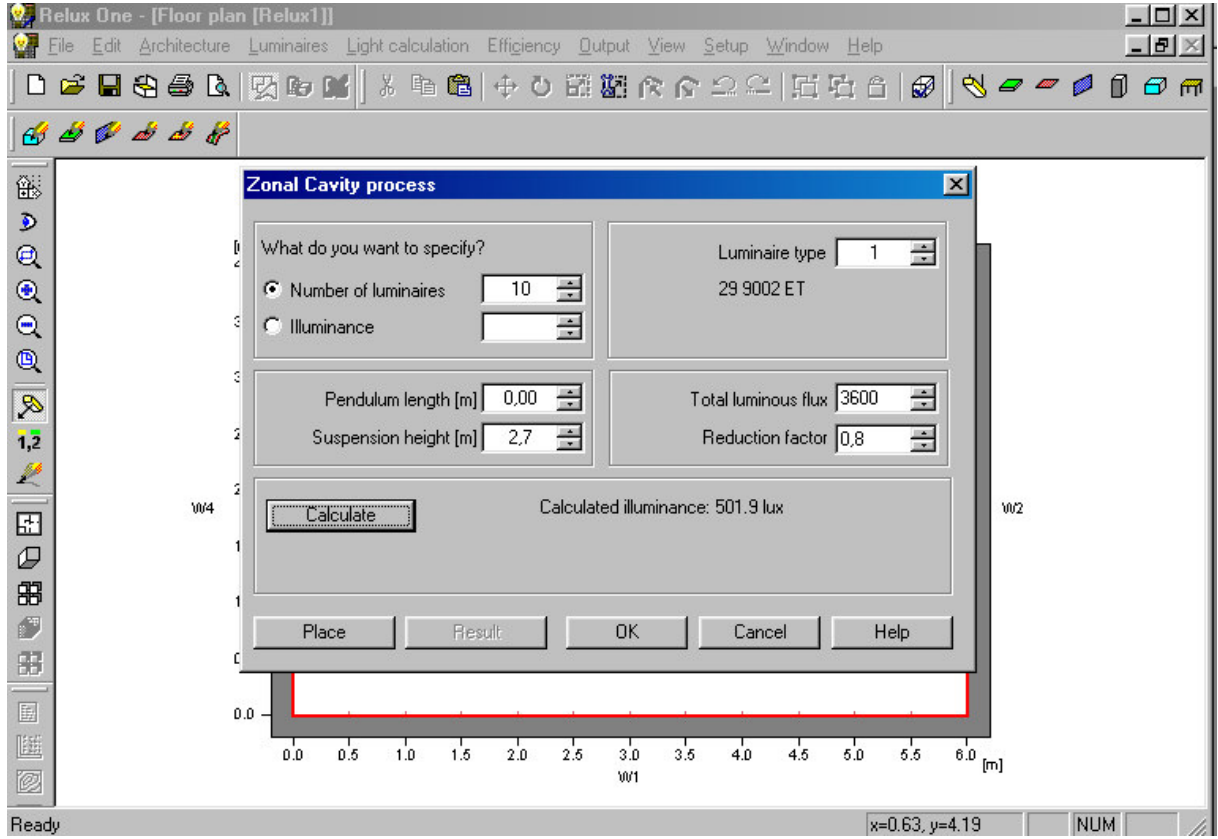
Reduction faktör (bakım faktörü) : Tasarladığımız aydınlatma sisteminin yaşlanmanın sonucu olarak etkinliğindeki azalmayı gösteren değerdir. Standartlarda bu değer 0,75-0,8 olarak kabul edilmektedir.



Şekil 7.3 Gerekli aydınlık düzeyi bilgisinin girilmesi

Örnek mekanımız ofis olarak kullanılacaktır. Ofis için olması gereken aydınlık düzeyi 500 Lux 'dür. 10 Adet 29 9002 26ET kullanarak bu değeri sağlayabiliyoruz.

2. Alternatif : Kullanmak istediğimiz armatür sayısını aşağıdaki gibi girerek mekanda oluşacak aydınlık düzeyinin değerini hesaplayabiliriz.



Şekil 7.4 İstenilen armatür sayısının girilmesi

Place seçeneğini tıkladığımızda program otomatik olarak armatür yerleşimini gerçekleştirmektedir.

Armatür yerleşimini kendimiz yapmak istiyorsak veya 2.tip armatür yerleştirmemiz gerekiyorsa, bu durumda **Luminaires – Process** menüsünü kullanıyoruz.

X (m) – Y (m) :Yerleşimini yapmayı düşündüğümüz sistemin ilk armatürünün (x,y) koordinat sistemindeki yeri

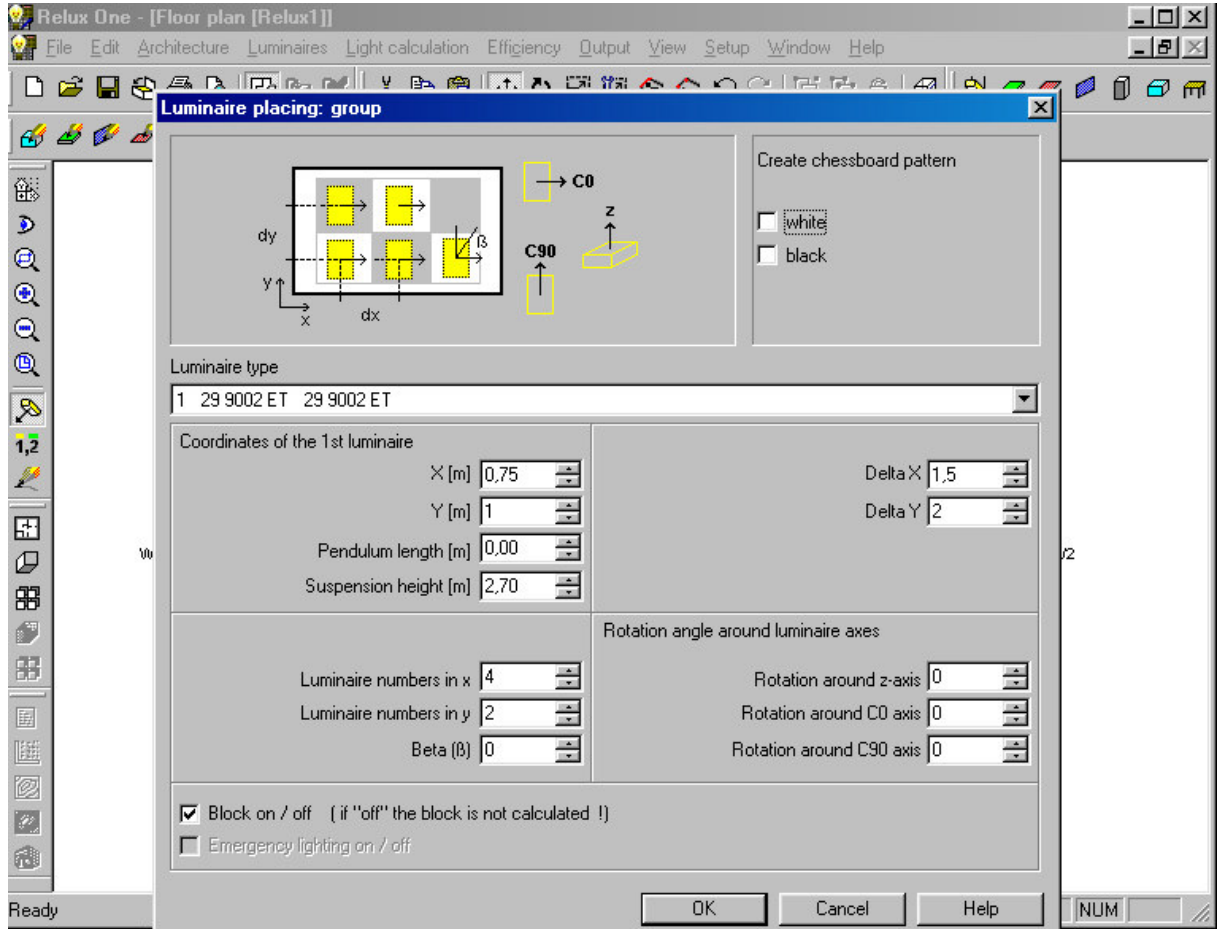
Delta X : X eksenine yerleştireceğimiz (yatay) armatürler arasındaki mesafe

Delta Y : Y eksenine yerleştireceğimiz (düşey) armatürler arasındaki mesafe

Luminaire number in x : X eksenindeki armatür sayısı

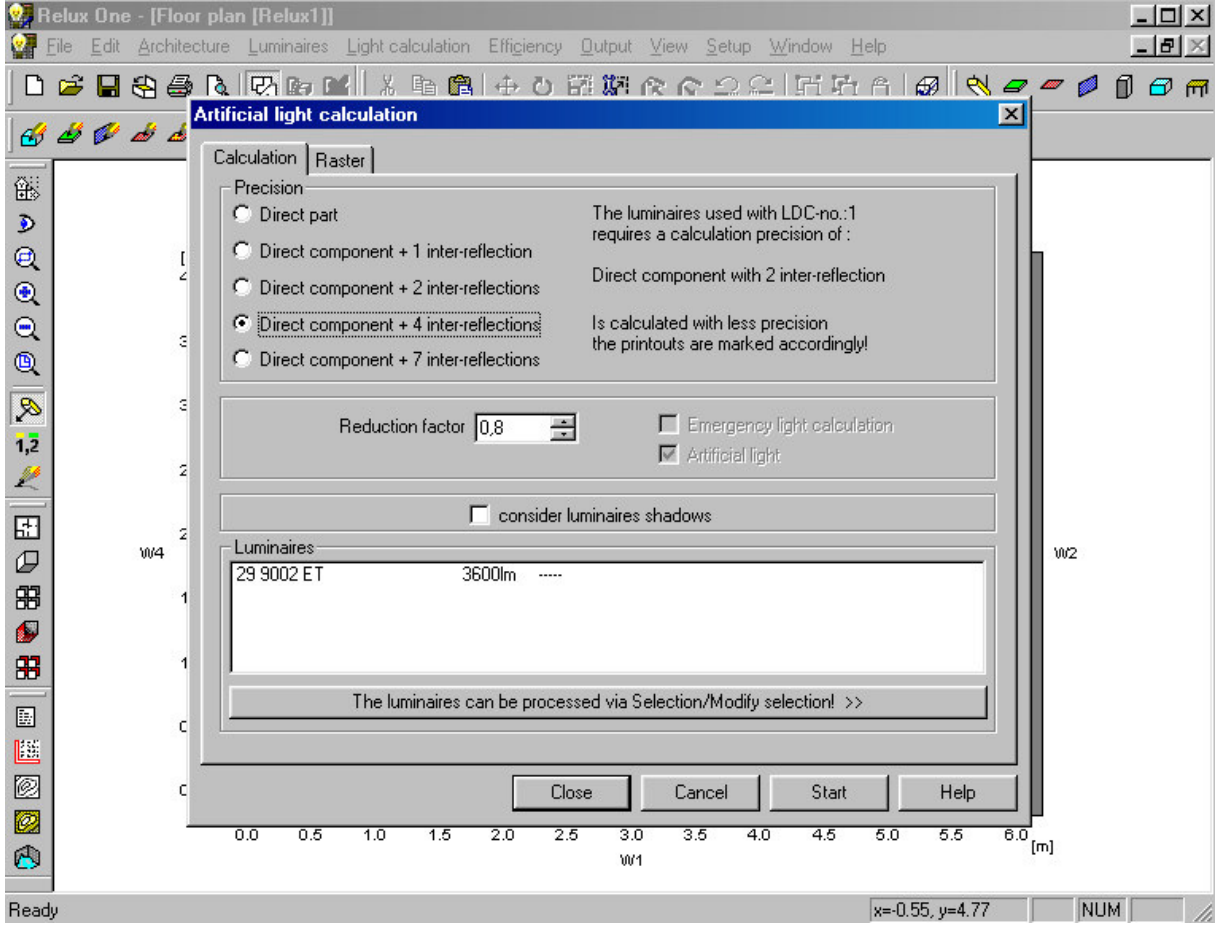
Luminaire number in y : Y eksenindeki armatür sayısı

Ayrıca yönlendirmeli ürünleri C90-C0-Z düzlemlerinde istediğimiz açı değerlerini girerek yönlendirebiliyoruz.



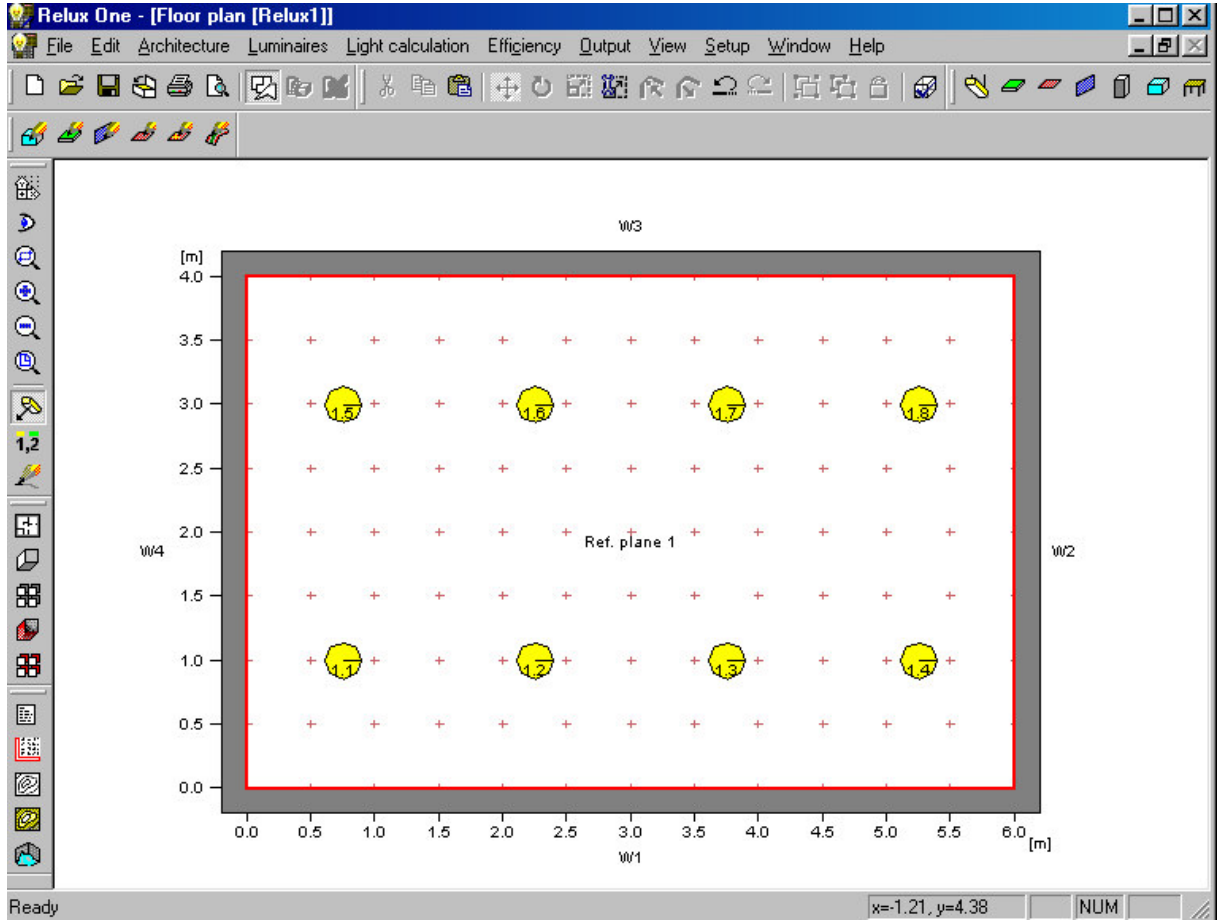
Şekil 7.5 Armatürlerin yerleştirilmesi

- **Light calculation – Artificial Light** menüsü kullanılarak aydınlatma hesabı yaptırılır.



Şekil 7.6 Yansıma ve bakım faktörünün girilmesi

Hesaplamaya direk veya endirekt yansımaların katılıp katılmayacağını belirleyebiliyoruz. Işığın oda yüzeyine sadece direk geldiği kısımları hesaplabileceğimiz gibi, mekanda yer alan mobilyalardan, tavadan, duvardan, zeminden gelen yansımaları da dikkate alarak hesap yaptırabiliriz.



Şekil 7.7 Armatür yerleşimi

Aydınlatma hesabı yaptırdıktan sonra yukarıdaki ekrana ulaşılır. Ekranın sol-alt köşesindeki ikonları tıklayarak çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi dağılımı, mekanın üç boyutlu görüntülerine ulaşabiliriz. Daha fazla hesap detayına ihtiyacımız varsa, örneğin duvarlarda oluşan aydınlık düzeyinin, parıltının değeri ve dağılımı bu durumda **Output- All outputs** menüsünü kullanıyoruz.

Yukarıdaki pencerenin sağ üst köşesinde yer alan ikonları kullanarak odaya mobilya, resim, armatür vb. yerleşimi yapabiliyoruz. Bu işlemi ayrıca **Architecture-New Structural Element** menüsünü kullanarak da gerçekleştirebiliriz.

7.2 Relux One V.3.0 ile Tekstil Fabrikası Aydınlatma Hesabı

Örnek tekstil projesinin (Şekil 7.8) tüm bölümlerinin aydınlatma hesabı yapılmış olup burada sadece birbirinden farklılık gösteren özellikli bölümlerin hesap sonrası çıktılarına yer verilmiştir.

Tekstil atölyesinde kullanılan tüm armatür tipleri ve adetleri aşağıda görülmektedir (Şekil 7.9).

ARMATÜR SEMBOLÜ	ARMATÜR KODU	LAMBA TİPİ	ARMATÜR ADEDİ	ARMATÜR RESMİ
⊙	5NJ 844 2-1P SITECO AYDIN.	HIT-150W	10	
▬	5LJ 914 7-1EM SITECO AYDIN.	T16-2x58W	26	
⊕	29 9002 26ET LAMP83 AYD.	TC'D 2x32W	60	
○	29 8002 26ES LAMP83 AYD.	TC'D 2x26W	28	
●	29 8004 32ES LAMP83 AYD.	TC'T 2x32W	3	
●	29 9002 26E0 LAMP83 AYD.	TC'D 2x26W	23	
●	29 4211 LAMP83 AYD.	TC'D 1x13W	18	
▬	5LS 302 1-2E SITECO AYDIN.	T16-2x58W	14	
▬	5LS 302 1-2C SITECO AYDIN.	T16-2x36W	8	
▬	5LF 516 7-2JW SITECO AYDIN.	T16-2x54W	13	
▬	5LF 112 7-1J SITECO AYDIN.	T16-1x54W	5	
▬	5LF 816 7-5P SITECO AYDIN.	T16-2x28W	20	

Şekil 7.9 Tekstil atölyesinde kullanılan armatürler

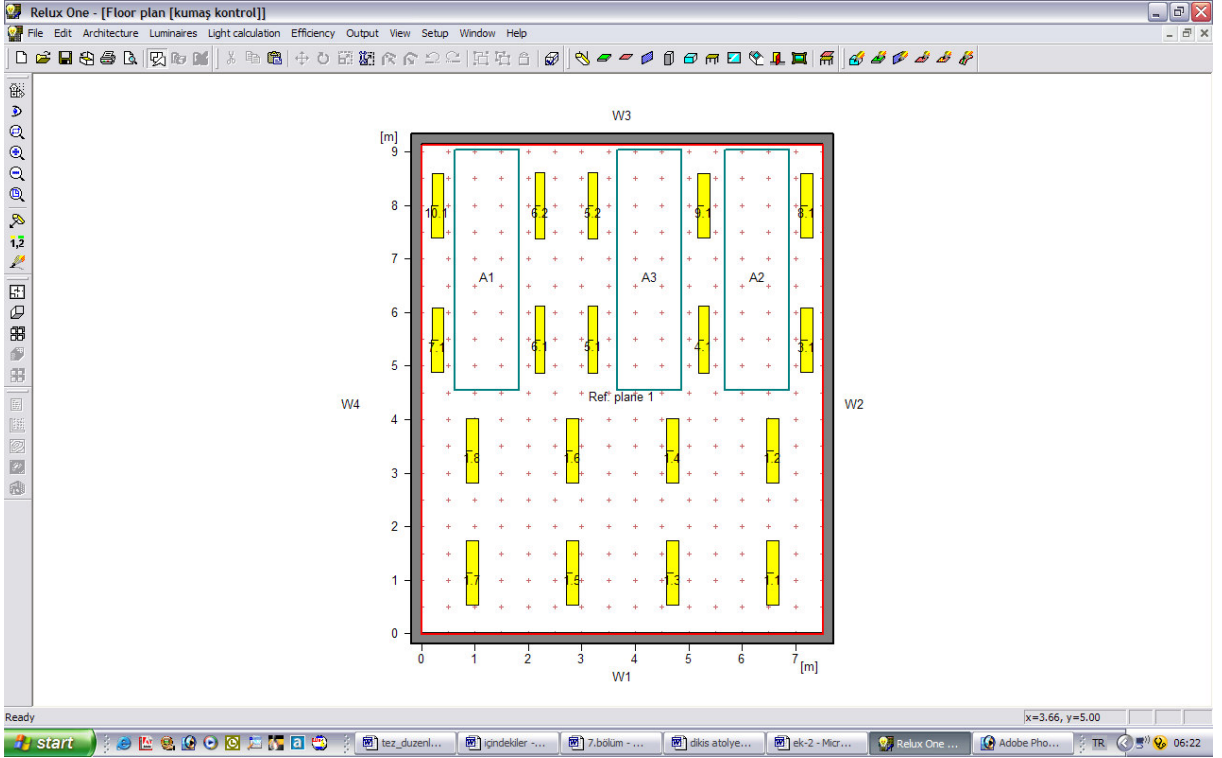
Örnek projede; kumaş kesme ve kontrol bölümünün tavan yüksekliği 5m olduğu için bu

bölümde HID ışık kaynaklı armatürler kullanılmış olup diğer tüm bölümlerin tavan yüksekliği 3m olduğundan buralarda renksel geriverimi ve ışıksal verimi yüksek olan floresan ışık kaynaklı armatürler kullanılmıştır. Endüstriyel tesis aydınlatmasında tavan yüksekliğine bağlı aydınlatma uygulamaları ve tasarım ve ürün seçme önerileri 5.Bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Tekstil atölyesi de bu temel tasarım kural ve önerileri göz önünde bulundurularak projelendirilmiştir. Ayrıca floresan ışık kaynağı seçmenin nedeni olarak gösterilen renksel geriverim ve ışıksal verim ile ilgili parametrelere bağlı olarak yapılan ışık kaynakları karşılaştırmaları Ek-3, Ek-4 ve Ek-5 de görülebilir.

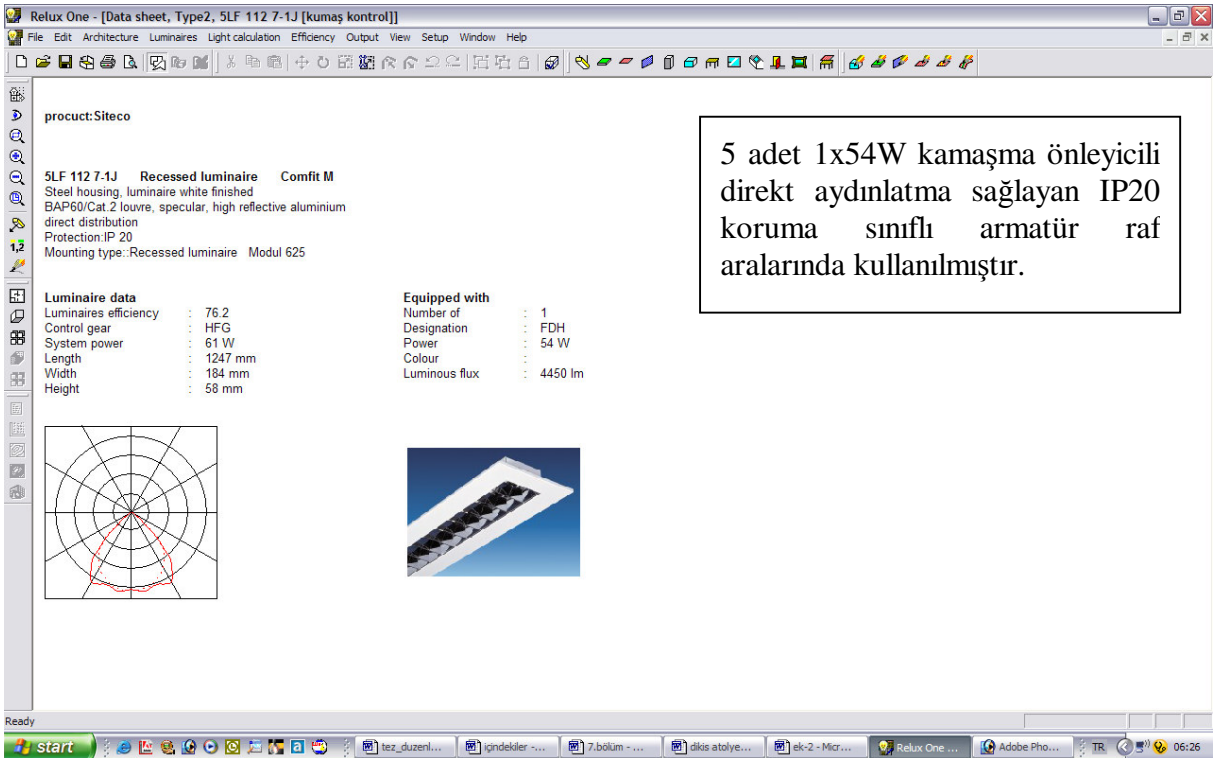
7.2.1 Kumaş Kontrol ve Depo Bölümü

Bu bölüm, dışarıdan hazır alınan kumaşın fabrikada geldiği ilk noktadır. Burada kumaş renksel özellikleri açısından kontrol edilip uygun raflara yerleştirilir. Burada renk ayrımı ve karşılaştırması işlemi yapıldığından Ek-2 DIN5035 çizelgesinde görüleceği gibi gerekli parametreler yerine getirilerek renksel geriverimi yüksek (1A grubu), 1000lux genel aydınlık düzeyi sağlayacak sayıda, Daylight floresan lambalı armatürler kullanılmıştır.

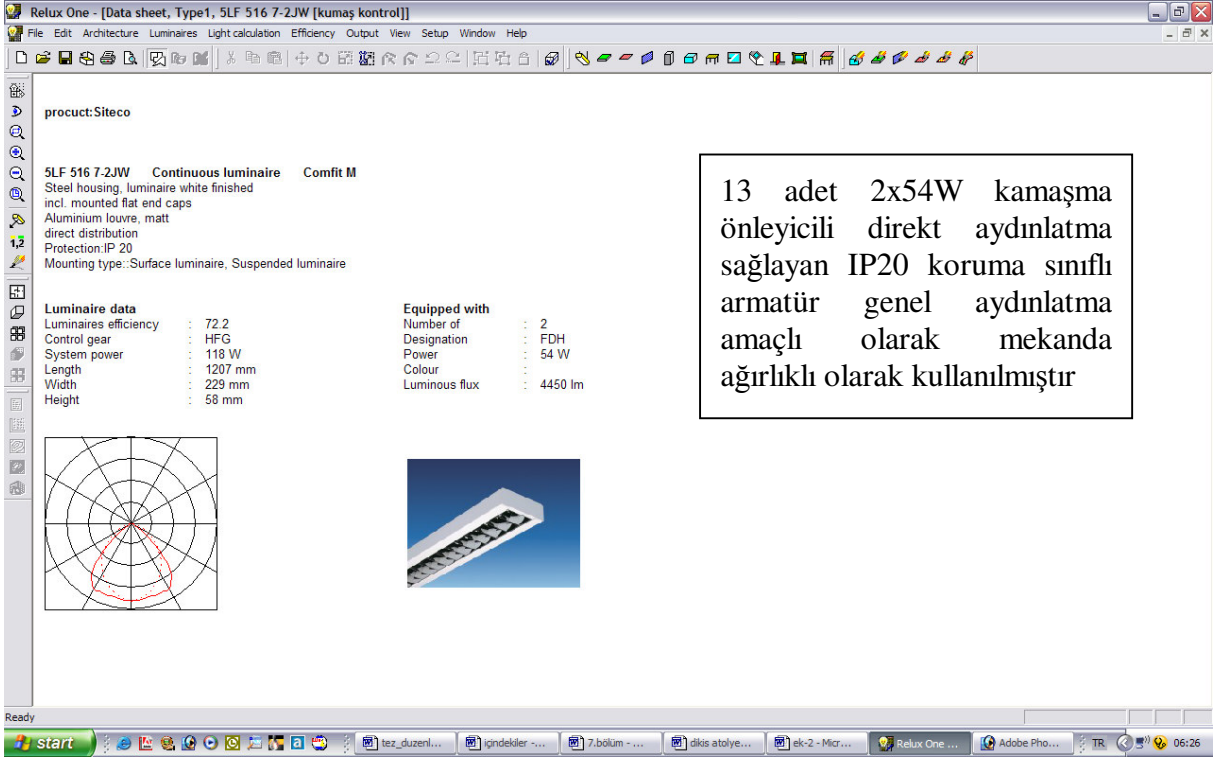
Oda içinde tavana kadar uzanan rafların arkadaki armatürlerin ışık dağılımını etkilemesi nedeniyle istenilen genel aydınlık düzeyini yakalamak için 2 farklı anma gücüne sahip benzer tip armatür kullanılmıştır. Kullanılan armatürler burada renk ve görsel kontrol yapıldığı için görüşü zorlamayacak kamaşma önleyicili seçilmiştir. Armatürler sıvaüstü olup tavan yüksekliği 3m alınmış ve aydınlık düzeyi hesapları için çalışma düzlemi yüksekliği, masa yüksekliği (0.85m) seçilmiştir. Aşağıda görüldüğü gibi seçilen armatür ve ışık kaynakları ile istenilen aydınlık düzeyine ulaşılmıştır.



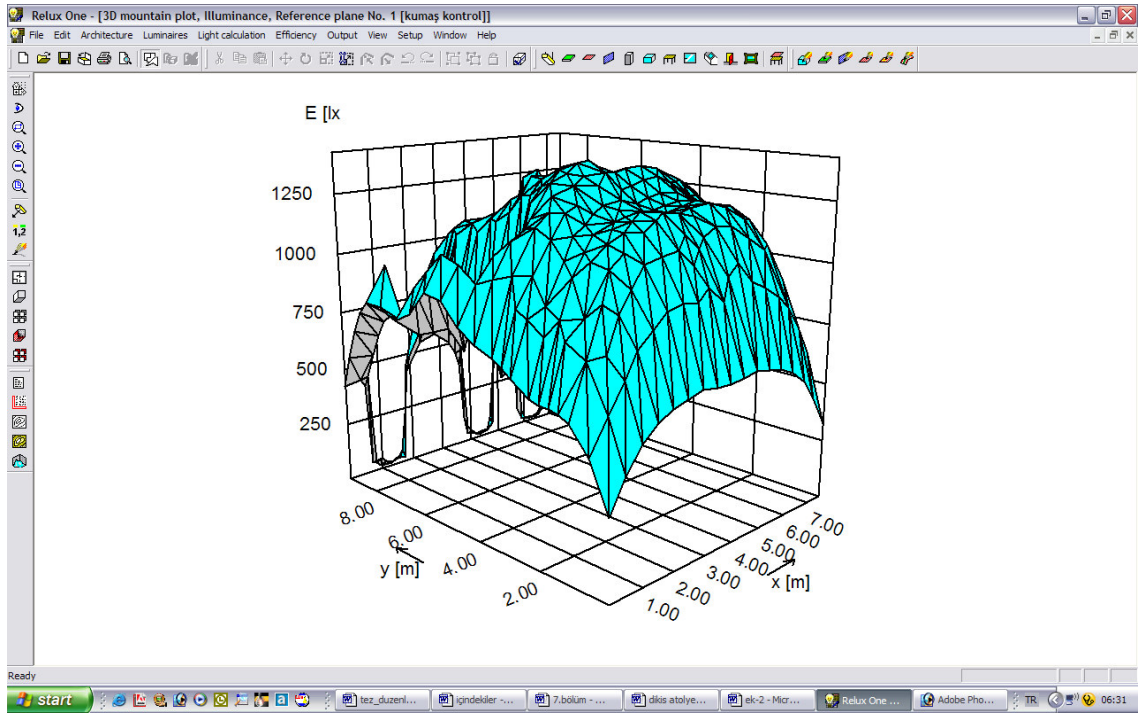
Şekil 7.10 Kumaş kontrol bölümünün armatür yerleşimi



Şekil 7.11 Kumaş kontrol bölümü raf arası armatürleri



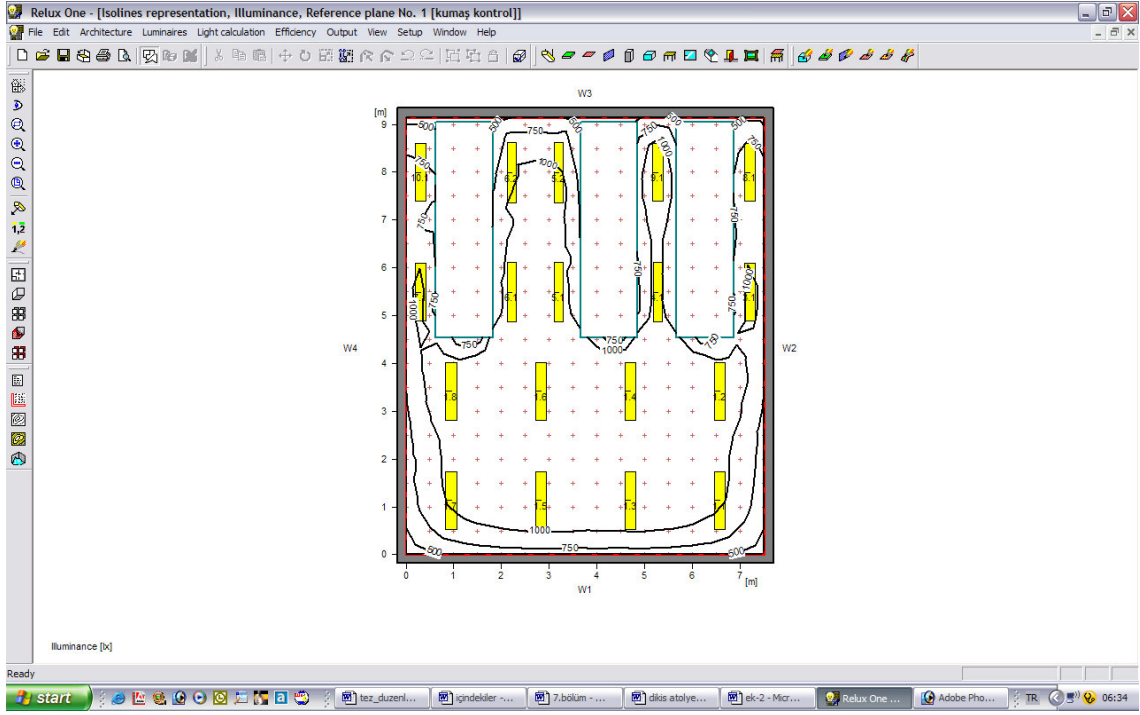
Şekil 7.12 Kumaş kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri



Şekil 7.13 Kumaş kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılım grafiği

Aydınlık düzeyi dağılımında max. noktalar 1250lx e kadar çıkmış, rafların olduğu bölgeler programda gerçekçi simule edilemediği için hiç yansıma yokmuş gibi davranmış ve o

bölgelerdeki 0 lx aydınlatma noktaları oluşmuştur (Şekil 7.13).

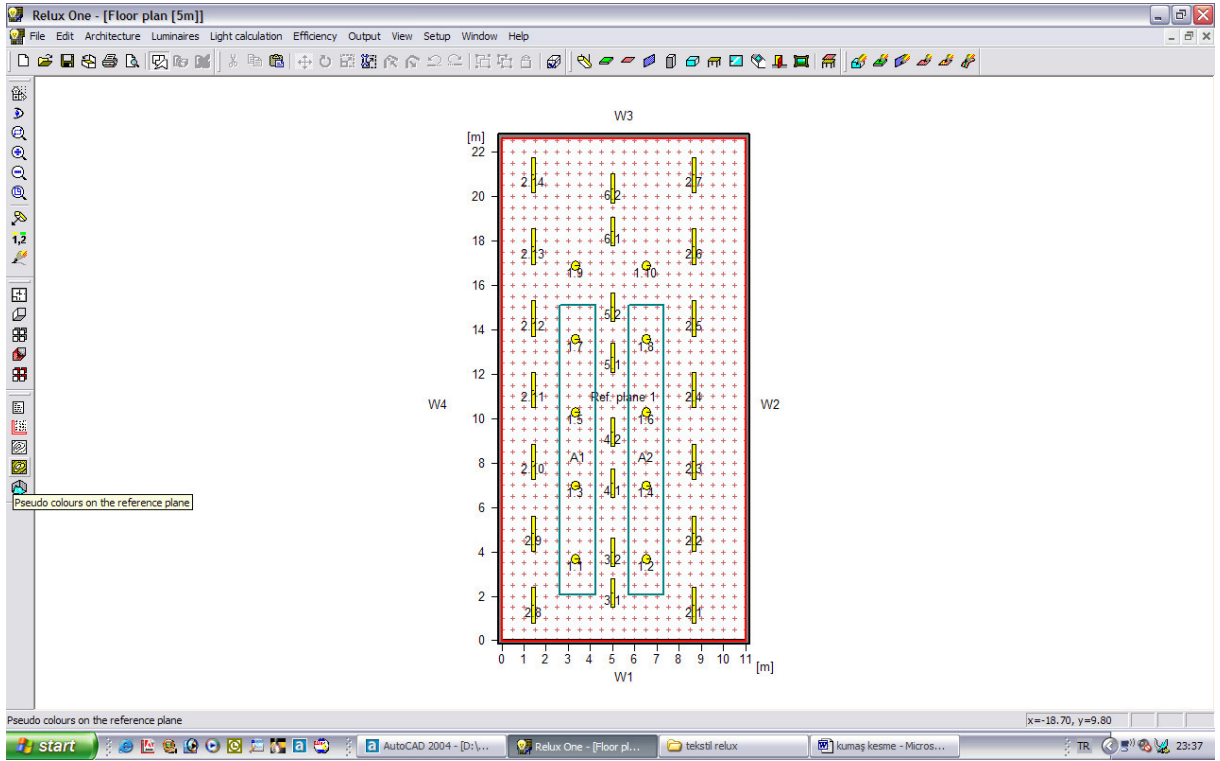


Şekil 7.14 Kumaş kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılımı

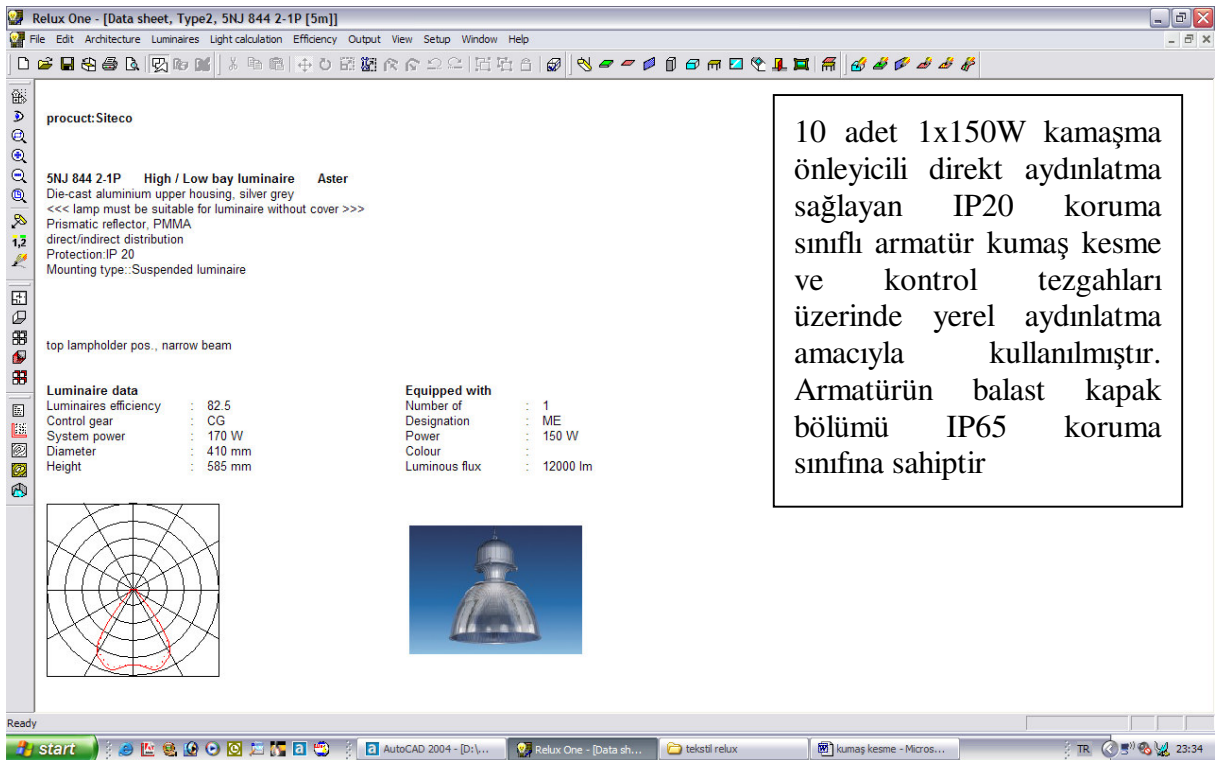
7.2.2 Kumaş Kesme ve Kontrol Bölümü

Kumaş kontrol ve depo bölümünde renksel olarak kontrol edilip depolanan kumaşlar kumaş kesme ve kontrol bölümü tezgahlarında örme hatası vb. kontrollerin yapılması amacıyla Ek-2 DIN5035 çizelgesinde verilen değerlere göre kontrol masalarında 1000lx aydınlık düzeyi sağlayacak, yüksek renksel geriverimli (1A grubu) 150W metal halide lambalı armatürler kullanılmıştır.

Genel aydınlatmayı sağlamak için de 2x58 ve 2x36W (1A grubu) daylight floresan lambalı armatürler kullanılmıştır. Aşağıda görüldüğü gibi seçilen armatür ve ışık kaynakları ile istenilen aydınlık düzeyine ulaşılmıştır.



Şekil 7.15 Kumaş kesme ve kontrol bölümünün armatür yerleşimi



Şekil 7.16 Kumaş kesme ve kontrol bölümü bölgesel aydınlatma armatürleri

Relux One - [Data sheet, Type1, 5LS 302 1-2E [5m]]

File Edit Architecture Luminaires Light calculation Efficiency Output View Setup Window Help

product: Siteco

5LS 302 1-2E Damp-proof diffuser luminaire SIPLAST 92
Glass-reinforced polyester housing
shock proofed for civil defence buildings, with integrated diffuser catches
Pearl diffuser, PMMA
Protection: IP 55
Mounting type: Surface luminaire, Suspended luminaire

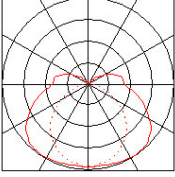

Luminaire data

Luminaires efficiency	: 71.7
Control gear	: L-LCG
System power	: 134 W
Length	: 1593 mm
Width	: 172 mm
Height	: 120 mm

Equipped with

Number of	: 2
Designation	: FD
Power	: 58 W
Colour	: ...
Luminous flux	: 5200 lm

14 adet 2x58W kamaşma önleyicili direkt aydınlatma sağlayan IP55 koruma sınıfı armatür kumaş kesme ve kontrol bölümünde genel aydınlatma amaçlı kullanılmıştır

Ready

start AutoCAD 2004 - [D:\... Relux One - [Data sh... tekstil relax kumaş kesme - Micros...

Şekil 7.17 Kumaş kesme ve kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri (2x58W)

Relux One - [Data sheet, Type6, 5LS 302 1-2C [5m]]

File Edit Architecture Luminaires Light calculation Efficiency Output View Setup Window Help

product: Siteco

5LS 302 1-2C Damp-proof diffuser luminaire SIPLAST 92
Glass-reinforced polyester housing
shock proofed for civil defence buildings, with integrated diffuser catches
Pearl diffuser, PMMA
Protection: IP 55
Mounting type: Surface luminaire, Suspended luminaire

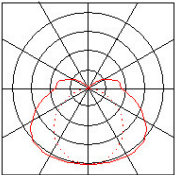

Luminaire data

Luminaires efficiency	: 74.5
Control gear	: L-LCG
System power	: 84 W
Length	: 1293 mm
Width	: 172 mm
Height	: 120 mm

Equipped with

Number of	: 2
Designation	: FD
Power	: 36 W
Colour	: ...
Luminous flux	: 3350 lm

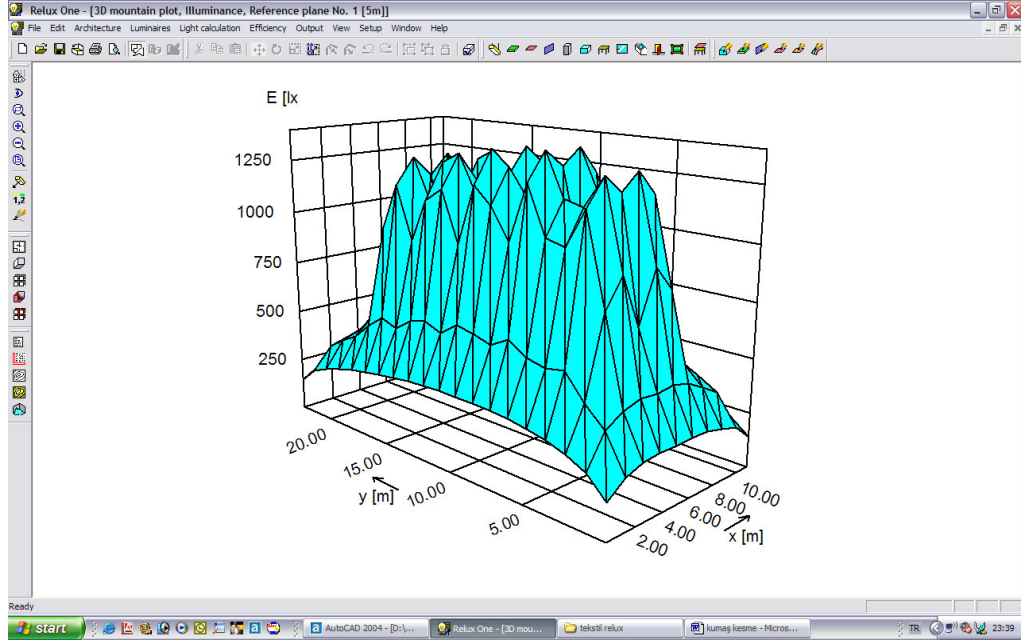
8 adet 2x36W kamaşma önleyicili direkt aydınlatma sağlayan IP55 koruma sınıfı armatür, kumaş kesme ve kontrol bölümünde masalar ve kolonlar arası genel aydınlatma amaçlı kullanılmıştır

Ready

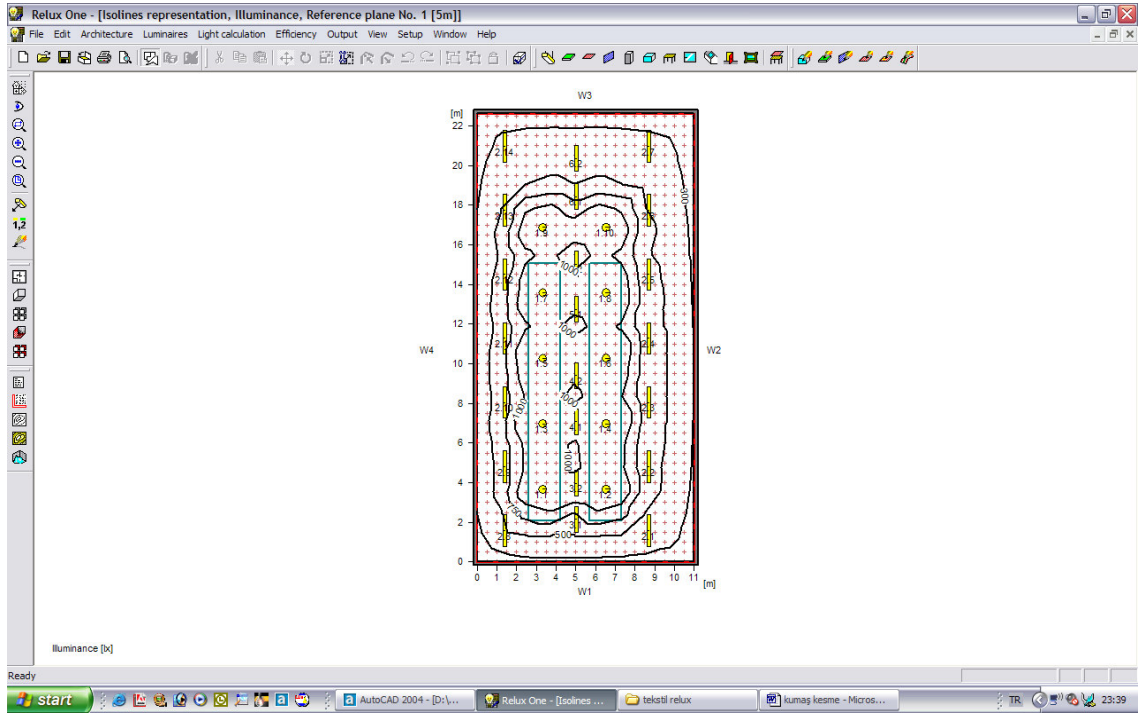
start AutoCAD 2004 - [D:\... Relux One - [Data sh... tekstil relax kumaş kesme - Micros...

Şekil 7.18 Kumaş kesme ve kontrol bölümü genel aydınlatma armatürleri (2x36W)



Şekil 7.19 Kumaş kesme ve kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılım grafiği

Mekandaki aydınlık dağılımı max. noktalar 1250lx e kadar çıkmış yerel aydınlatmayı oluşturan metal halide kaynaklarının olduğu yerlerde pikler olduğu görülüyor. Yine de Aster tipi high-bay armatürlerimiz dar açılı olduğundan genel aydınlatmayı bozucu etki yapmamaktadır (Şekil 7.19).

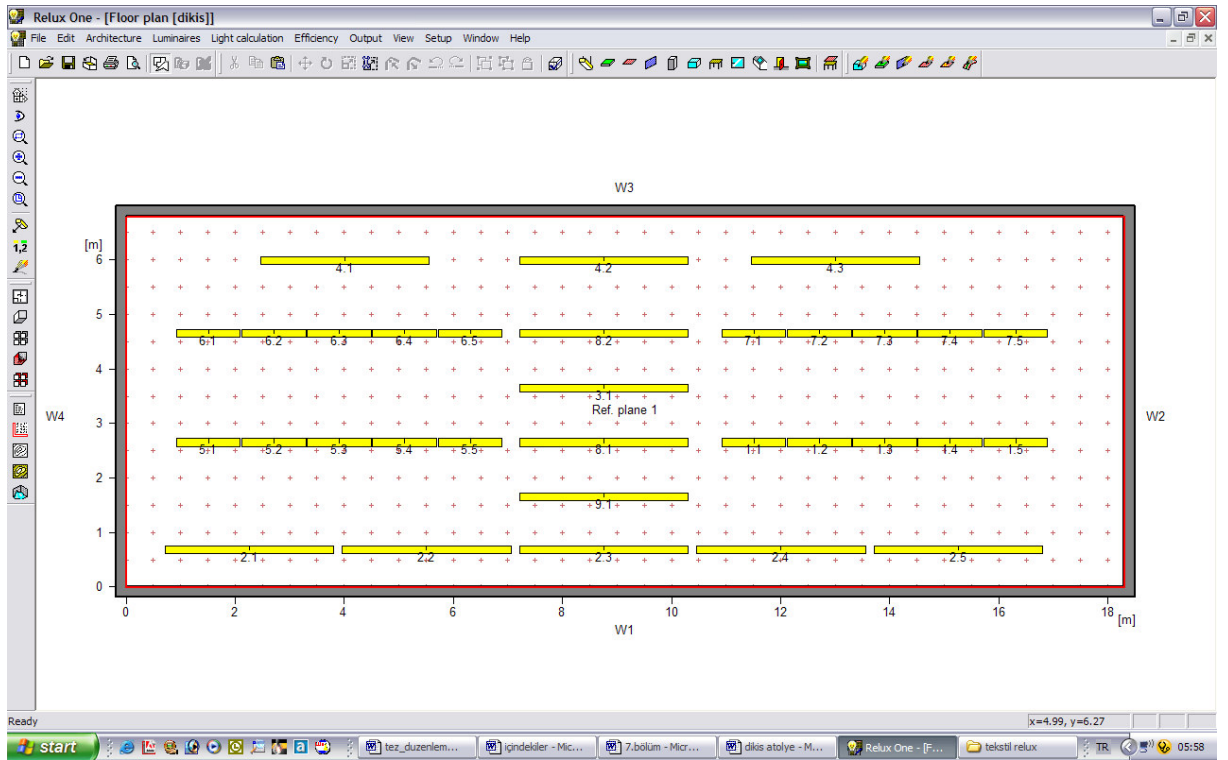


Şekil 7.20 Kumaş kesme ve kontrol bölümü aydınlık düzeyi dağılımı

7.2.3 Dikiş Atölyesi

Kumaş kesme bölümünden gelen kumaşların dikildiği bu bölümde Ek-2 DIN5035 çizelgede görülen 750 lx genel aydınlatma düzeyi için bant tipi sarkıt (2x28W daylight fluoressan) ve sıvaüstü (2x58W daylight fluoressan) armatür kullanılmıştır. Operatörlerin masaya gölgesinin düşmesini engellemek amacıyla en ergonomik olan aydınlatma şekli seçilmiş ve operatörün hem sol üst köşesinden hem de ortada uzanan masada gölge oluşmayacak şekilde masa üzerinden bant tipi fluoressanlarla ve sıvaüstü fluoressanlarla aydınlatılmıştır.

Aşağıda görüldüğü gibi seçilen armatür ve ışık kaynakları ile istenilen aydınlık düzeyine ulaşılmıştır.



Şekil 7.21 Dikiş atölyesi armatür yerleşimi

Relux One - [Data sheet, Type2, 5LF 816 7-5P [dikis]]

File Edit Architecture Luminaires Light calculation Efficiency Output View Setup Window Help

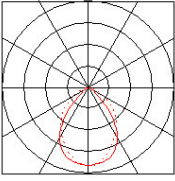

product: Siteco

5LF 816 7-5P Surface and suspended luminaire Comfit MD
 steel housing, similar to whitealuminium (RAL 9006)
 incl. mounted flat end caps
 Back reflector
 Aluminium louvre, matt
 direct distribution
 Protection: IP 20
 Mounting type: Surface luminaire, Suspended luminaire

Luminaire data
 Luminaires efficiency : 60.7
 Control gear : HFG
 System power : 64 W
 Length : 1176 mm
 Width : 145 mm
 Height : 69 mm

Equipped with
 Number of : 2
 Designation : FDH
 Power : 28 W
 Colour :
 Luminous flux : 2600 lm

20 adet 2x28W kamaşma önleyicili direkt aydınlatma sağlayan IP20 koruma sınıfı armatür kullanılmıştır. Armatürler bant tipi kullanıma uygun olup bus-bar sistemleri ile birlikte ucuca kullanılabilir

Ready

start | tez_duzenlem... | gindekler - Mic... | 7.bolum - Mic... | dikis atolye - M... | Relux One - [D... | tekstil relax | TR | 05:59

Şekil 7.22 Dikiş atölyesi bant tipi armatürleri

Relux One - [Data sheet, Type1, 5LJ 914 7-1EM [dikis]]

File Edit Architecture Luminaires Light calculation Efficiency Output View Setup Window Help

product: Siteco

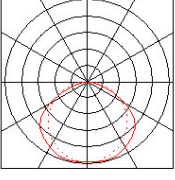

5LJ 914 7-1EM Continuous luminaire system Hexal-s
 Steel housing with vault structured surface, painted with white heavy duty lacquer
 2-length
 direct distribution
 Protection: IP 20
 Mounting type: Surface luminaire, Suspended luminaire

upper lampholder pos.

Luminaire data
 Luminaires efficiency : 77
 Control gear : HFG
 System power : 105 W
 Length : 3091 mm
 Width : 140 mm
 Height : 85 mm

Equipped with
 Number of : 2
 Designation : FD
 Power : 58 W
 Colour :
 Luminous flux : 5000 lm

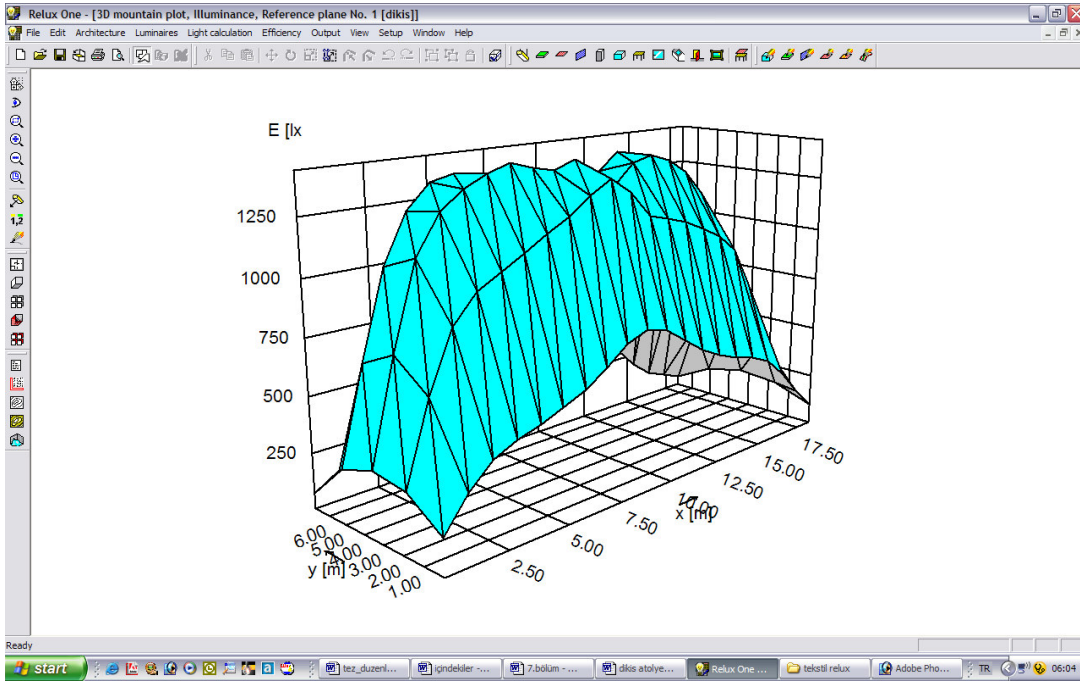
12 adet 2x58W direkt aydınlatma sağlayan IP20 koruma sınıfı armatür dikiş atölyesinde bant tipi armatürleri destekleyici genel aydınlatma amaçlı kullanılmıştır. Armatürler ucuca eklenen 2 floresan lambadan oluşmaktadır

Ready

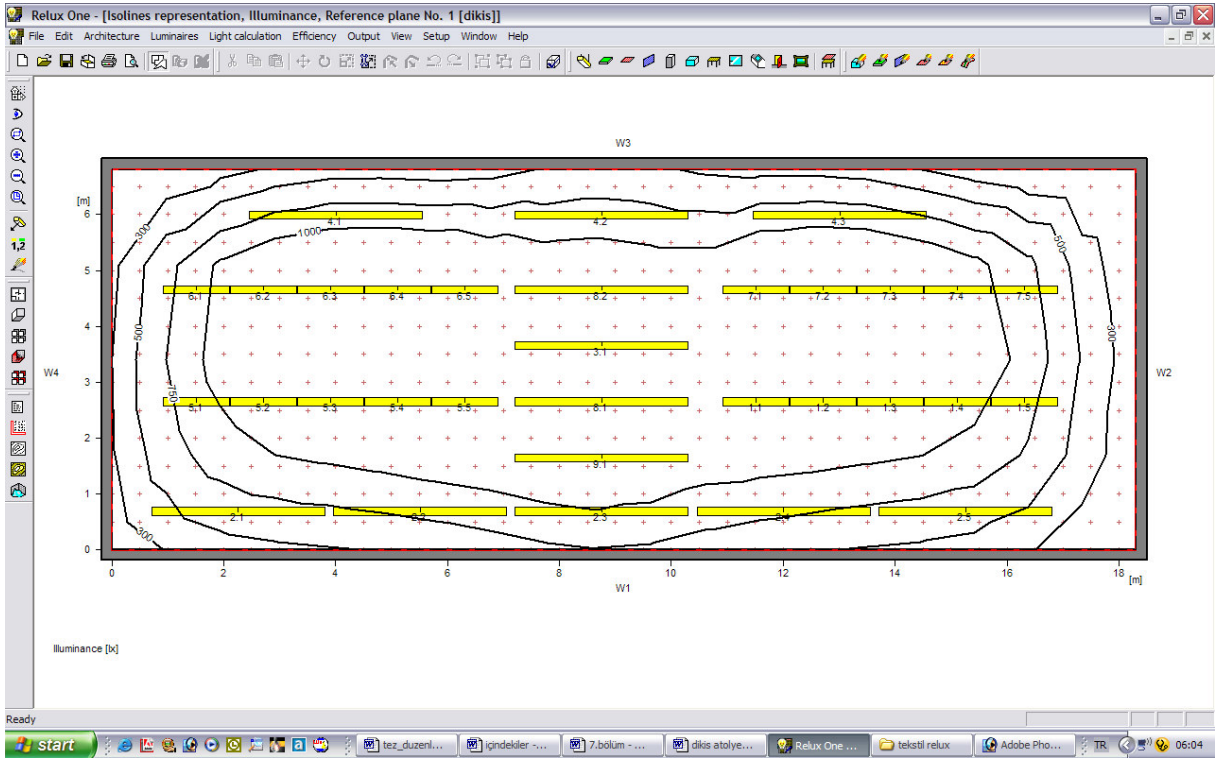
start | tez_duzenlem... | gindekler - Mic... | 7.bolum - Mic... | dikis atolye - M... | Relux One - [D... | tekstil relax | TR | 05:59

Şekil 7.23 Dikiş atölyesi genel aydınlatma armatürleri



Şekil 7.24 Dikiş atölyesi aydınlık düzeyi dağılım grafiği

Mekandaki aydınlık dağılımı max. noktalar 1250lx e kadar çıkmış ve dikiş masaları üzerinde istenilen aydınlık düzeyi sağlanmıştır (Şekil 7.24).



Şekil 7.25 Dikiş atölyesi aydınlık düzeyi dağılımı

7.3 Görselleştirmede Işık ve Yüzey Etkisi

İnsanlar, içinde buldukları çeşitli durum, eylem ve etkinliklere ilişkin gereksinimlerini karşılayabilmek amacıyla mekanlar oluştururlar. Bu mekanların, görsel olarak algılanması, mekanı biçimlendiren ve sınırlayan eleman olan yüzeylerin algılanmasına dayanır. Görsel algılamanın gerçekleşmesi için, görme organı, maddesel bir varlık ve ışık gibi üç öğeye ihtiyaç vardır.

Bir mekanda istenilen anlam ve etkilerin elde edilmesi, görsel açıdan iyi görme koşullarının oluşturulması ve yapay aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılması açısından aydınlatma ve yüzey özelliklerine bağlı olarak oluşabilecek sonuçların önceden bilinmesi gereklidir. Sözü edilen durum, özellikle kapalı hacimlerde ortama ilişkin malzeme seçimi ve aydınlatma düzenlerinin kurulması aşamalarında dikkatli ve bilinçli bir yaklaşımla ve önemle üzerinde durulması gereken bir konudur.

Malzemeler, nesnelerin ışığı yansıtmasını ve geçirmesini kontrol eder. Bir ışık kaynağından çıkan ışık doğada aydınlatma için tek başına yetersizdir. Doğru bir aydınlatma ve doğru bir aydınlatma algısı için aydınlatılan mekanın (iç ve dış mekanlar) alt bileşenlerine yani o mekanı oluşturan tüm eşya ve malzemelerin ışıkla kurdukları ilişkiye dikkat edilmelidir. Doğada varolan yada daha insan eliyle yapılmış her objenin ışıkla olan ilişkileri farklıdır. Bu farklılığı basitçe malzemelerin renk, saydamlık-matlık, ışığı kırma-yansıtma gibi özellikleri oluşturur.

Görsel algılama, insanın dış çevresi ile olan algısal ilişkilerinin bütününde %95 e varan bir yer kaplar. Bu bakımdan görmeyi eksiksiz ve kusursuz olması büyük önem taşır.

Kapalı hacimlerde görsel algılamayı sağlamak için doğal aydınlatma amacıyla pencereler, yapay aydınlatma amacıyla aygıtlar kullanılır. Gerekli aydınlık, doğal ya da yapay hangi yolla sağlanırsa sağlansın, belli bir yüzey üzerindeki aydınlığın;

- ışık kaynaklarından çıkarak doğrudan doğruya o yüzeye gelen dolaysız ışığın oluşturduğu 'dolaysız aydınlık'
- ışık kaynağından çıkarak hacim içindeki yüzeylere gelen dolaysız ışığın yüzeylerden yansıtılması ile oluşan yansımış ışığın, iç yüzeylerde peş peşe yansıtılması sonucunda ortaya çıkan yansımış ışığın yaptığı 'yansımış aydınlık'

olmak üzere iki bileşeni vardır. Dolayısıyla bir mekandaki aydınlık düzeyi bu iki bileşenin toplamı sonucu ortaya çıkacak olan değerdir.

Bu bileşenlerden birincisi olan dolaysız aydınlık doğrudan doğruya kullanılan ışık kaynaklarının özelliklerine bağlıdır. Örneğin; yapay aydınlatma için, lamba ışık akısı, ışık rengi ve sayısı; aydınlatma aygıtı geometrisi, geri verimi ve konumu vb. Bileşenlerden ikincisi olan yansımış aydınlık ise, büyük oranda ışık kaynağı özelliklerinden bağımsız olarak mekanı oluşturan yüzeyler ve mekandaki objelerin ışık yansıtma özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir.

Bir yüzeyin özellikleri, yüzeyin;

- açıklık , koyuluğu (yansıtma çarpanı)
- dokusal yapısı (yansıtma biçimi; mat, parlaklık,vb.)
- rengi

olarak üç bölümde ele alınmıştır.

7.3.1 Yüzeyin Açıklık ve Koyuluğu

İnsanlar, yansıyarak göze gelen ışığın azlık ve çokluğuna-niceliğine-bağlı olarak yüzeyin açıklık ve koyululuğunu belirler. Çizelge 7.1 de, kimi gereçlerin yansıtma çarpanları verilmiştir.

Çizelge 7.1 Yüzeylerin yansıtma çarpanları

YÜZEY	Yansıtma çarpanı	YÜZEY	Yansıtma çarpanı
Saf alüminyum	98	Normal ayna	80-85
Alüminyum	80-90	Bronz ayna	50-60
Gümüş	92	Füme ayna	35-50
Yeni yağmış kar	85	Yeni beyaz badana	80-85
Kuru	08-20	Çok açık	65-75
8 mm su mermeri	40-50	Açık	45-55
3 mm renksiz cam	12	Orta koyu	25-35
3mmbeyaz buzlu cam	10	Koyu	10-20
3mmbeyaz opal cam	55	Siyaha yakın koyu	05-08

Hacimlerdeki yüzeylerin açıklık ve koyulukları aydınlığın niteliğinin bir bölümünü oluşturan, gölge niteliğini önemli ölçüde etkiler. Üç boyutsal dokularda , kırık ya da eğrisel yüzeylerde aydınlatan ışığın doğrultusal yapısına bağlı olarak, değişik biçim ve özellikte –sert,yumuşak-kara-saydam-gölgeler oluşur.

Gölgeyi oluşturan ışık kaynağının dışında başka bir ışık kaynağından ya da çevredeki yüzeylerden yansarak gelen ışıklarla aydınlanmış gölgelere ‘saydam gölge’ denir. İyi ayarlanmış saydam gölgeli aydınlık, pek çok konuda iyi görme koşulları sağlar. İçinde belli bir süre yaşanan konut, büro, mağaza, vb. işlevli hacimlerde saydam gölgeli bir aydınlatma tercih edilmelidir.

7.3.2 Aydınlatma ve Yüzey Dokusu

Bir yüzeyin ‘doku-pürüzlük’ özelliği, aydınlatan ışığın hangi doğrultuya ne oranda yansıtacağı, yani, o yüzeyin ışık yansıtma biçiminin belirleyicisidir. İnsanlar, yüzeyin yansıttığı ışığın biçimine bağlı olarak yüzeylerin dokusal özelliği konusunda bilgilenir ve parlak, mat, ipeğimsi, vb. ayrımları yaparlar. Yüzeyin pürüzleri, gelen ışığın dalga boyundan küçük ise yüzey parlak, büyük ise mat olarak algılanır.

Aydınlatma tekniği açısından, yüzeylerin ışık yansıtma biçimleri, düzgün yansıma ve izotrop yayımlık yansıma olarak adlandırılan iki sınıfta toplanır. Aydınlatma ve yüzey dokusuna ilişkin özellikler, kısaca aşağıda açıklanmıştır.

- Ayna, cam, durgun su vb. düzgün yansıma yapan yüzeyler, parlak olarak adlandırılır. Parlak yüzeylerde, yansıyan ışığın doğrultusunu gelen ışığın doğrultusu belirler.
- Sıva, kireç badana, ham mermer, ham ahşap vb. izotrop yansıma yapan yüzeyler mat (donuk) olarak adlandırılır. Mat yüzeylerden yansıyan ışık tüm yüzeylere yayılır. Görünürlükleri tam olan mat yüzeylere hangi doğrultudan bakılırsa bakılsın, üzerlerine ışık hangi doğrultudan gelirse gelsin yüzeyler çok rahat bir şekilde algılanabilirler.
- Cilalı mermer, sırlı porselen, fayans vb. üstü parlak cilalanmış gereçler karışık yansıma yaparlar. Bu tür yüzeylerin hem kendileri görünür, hem de çevrelerinde yer alan yüzey ve nesnelerin yansıyan net görüntüleri algılanır.

7.3.3 Işık ve Yüzey Rengi İlişkisi

Gördüğümüz çoğu renk "absorpsiyon" yolu ile oluşmuştur. Burada bir madde, gelen ışıkta bazı dalga boylarını absorbe ettikten sonra geriye sadece görüldüğü renge ait dalga boylarını

yansıtır. Transparan maddeler yansıttığı renkte değil, içinden geçirdiği dalga boyları renginde görünür. Bazı floresan boyalar aldıkları ışığı dalga boyunu değiştirerek farklı bir renkte ve dalga boyunda yansıtırlar. Fosforesan boyalar ise aldıkları ışığı depolayıp uzun süre saçabilirler. Bazen ışığın kendisi renklidir. Işığın kaynağı Kırmızı alev gibi sıcak veya neon/ateş böceği kimyasal ışığı gibi soğuk olabilir. Sabun köpüğünde ve su yüzeyindeki ince filmlerde birbirine çok yakın iki yansıtıcı yüzey vardır. Oluşan renkler, iki ayrı yüzeyden yansıyan ışık dalgaları arasında oluşan interferans sonucu oluşur.

Yüzeyin renksel niteliği, birbirinden bağımsız olarak değişebilme özelliği gösteren, tür , değer ve doymuşluk gibi üç bileşenden oluşur. Işığın renksel niteliği, tayfına yani, 380-760 nm arasında dalga boylarındaki ışıkları hemen hemen aynı oranda içeren, CIE Standart E, CIE Standart D65, günışığı vb. ışıklar, 'türsüz(renksiz,beyaz) ışık' olarak adlandırılır. Bu tür ışıklar aydınlattığı yüzeyin renk bileşenlerinde her hangi bir değişiklik yapmaz ve yüzey gerçek –öz- renginde algılanır. Tayfında belli bir dalga boyundaki ışığı daha çok içeren ışıklarla ise, türlü ışık olarak tanımlanır ve aydınlattığı yüzeyin renginde değişiklik yapar. ÖRN;(bkz. Çizelge), kırmızı bir yüzey ,kırmızı ışıkla aydınlatıldığında türü değişmez, doymuşluğu (canlılığı) artar; ama yeşil ışıkla aydınlatıldığında, hem değeri düşer, koyulaşır hem de doymuşluğu azalır, grileşir.

7.4 3ds Max Görselleştirme Programı

3ds Max sayısal görselleştirme programının piyasada mevcut olan diğer görselleştirme programlarından farkı aydınlatma seçeneklerinin fazla oluşu ve aydınlatma yapılacak mekan ya da mekanlarda (iç mekan-dış mekan) aydınlatmada temel olarak esas alınan; ışık türü ve özellikleri, materyal (yüzey dokusu-yansıma ve kırılma) özellikleri ve yüzey renk özellikleri gibi bileşenleri fizik kurallarına uygun olarak hesaplayabilen bir program (render) motoruna sahip oluşu ve mekan oluşturma araçlarının; spline (line, rectangle, circle vb.)-loft-katı cisimler (box, clinder, door, windows vb.) üst düzeyde ve bir o kadar da kolay kullanıma uygun oluşudur.

3 ds max programı ile yapılacak bir görselleştirmede gerçekçi bir netice alabilmek için 2 temel unsur bulunmaktadır. Bunlardan birincisi mekanı oluşturan yüzeyler ve mekan içindeki objelerin yüzey, renk ve doku özelliklerini tanımlayan material editör(malzeme), ikincisi ise mekan aydınlatmasını sağlayan lighting menüsüdür. Bu iki menü birbirine direkt etki ederek aydınlatılması istenen mekandaki ışık değerlerini belirler (fizik kurallarına uygun biçimde).

Bu özelliğinden ötürü sinema başta olmak üzere mimarlık, reklam gibi sektörlerde ihtiyaç

duyulan bir program haline gelmiştir. Ülkemizde de ağırlıklı olarak mimarlık sektöründe görselleştirme aracı olarak son yıllarda kullanımı giderek artmaktadır.

7.5 3ds Max Kullanarak Aydınlatma Projesi Görselleştirmesi

Mimari Proje Boyutlandırma;

Aydınlatma görselleştirmesi yapılacak mekan ya da mekanlar **File/İmport/Selective import file(DWG formatı)** komut dizini kullanılarak 3ds MAX programına çağrılır (Şekil 7.26, Şekil 7.27). Daha sonra mekanı oluşturan duvar, kolon, kirişler projeye uygun olarak **Standart/Shape/Splines/Line** komut dizini kullanılarak çizilir. Oluşturulan kolon, duvar, kiriş çizimleri **Modifier List/Extrude** komutları kullanılarak projeye uygun boyutlandırılır (Şekil 7.28). Kirişler,tavan **Move** taşıma aracı kullanılarak (projeye göre parametrik değerler girilerek) kolon birleşim yerlerine taşınır.

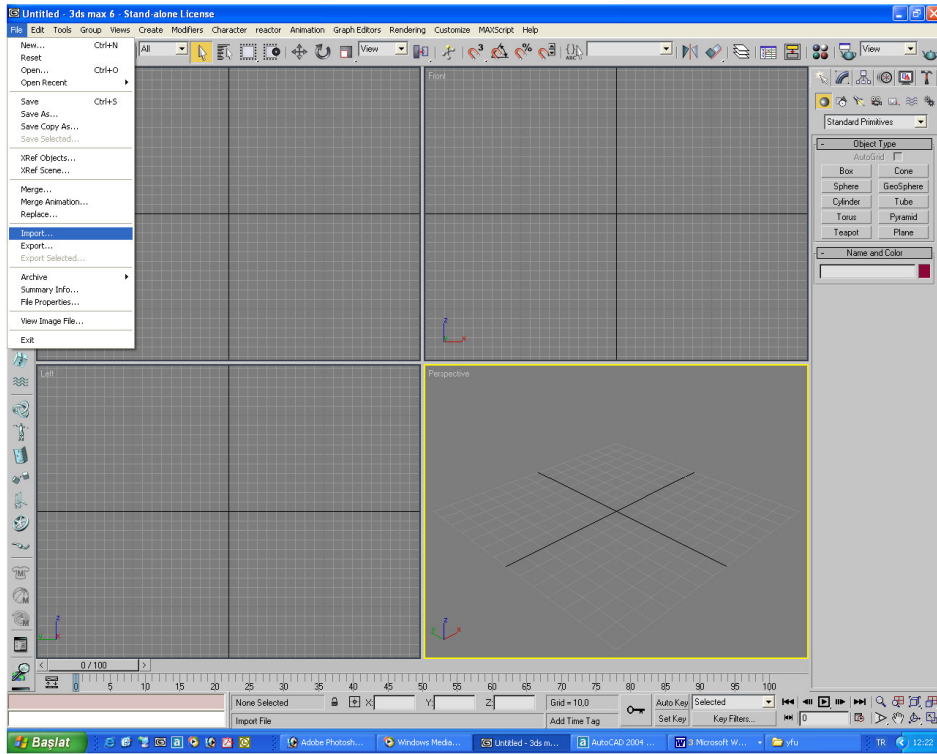
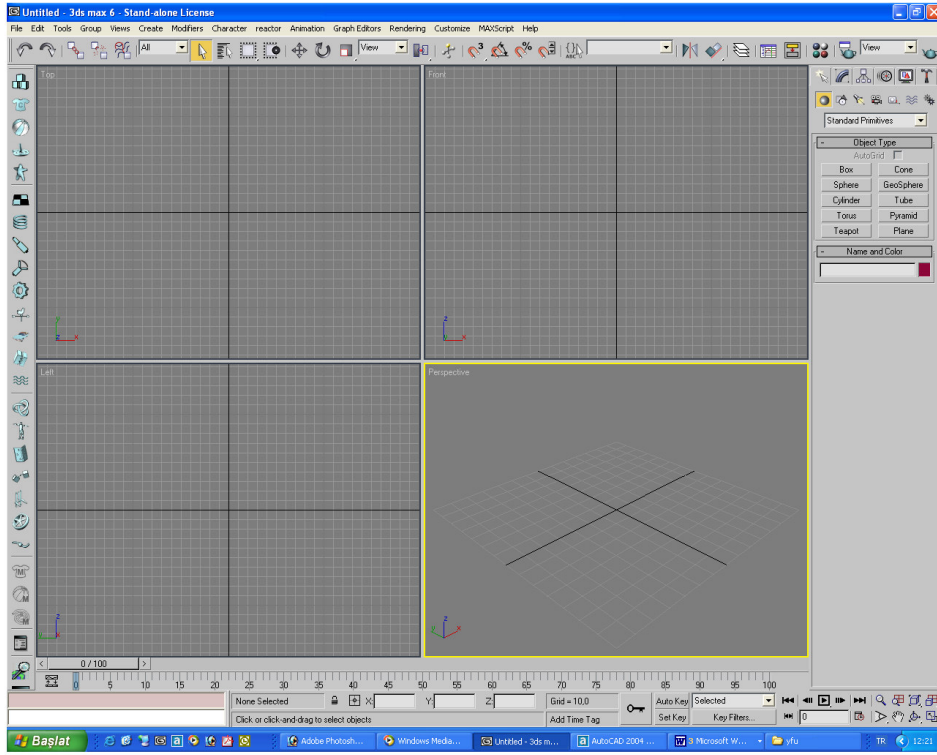
Material Editör Kullanılarak Yüzezlere Doku Atanması;

Malzemeler, nesnelerin ışığı yansıtmasını ve geçirmesini kontrol ederler. Sahnenizi renklerle, parlaklıkla, saydamlıkla ve yarı saydamlıkla boyar ve nesnelere son halini kazandırır. Bu nesnelerin parlak ya da mat, cilalı ya da cilasız, dolu, pürüzsüz ya da pürüzlü görünmesini ve aydınlatma hesaplarında öyle davranmasını sağlarlar.

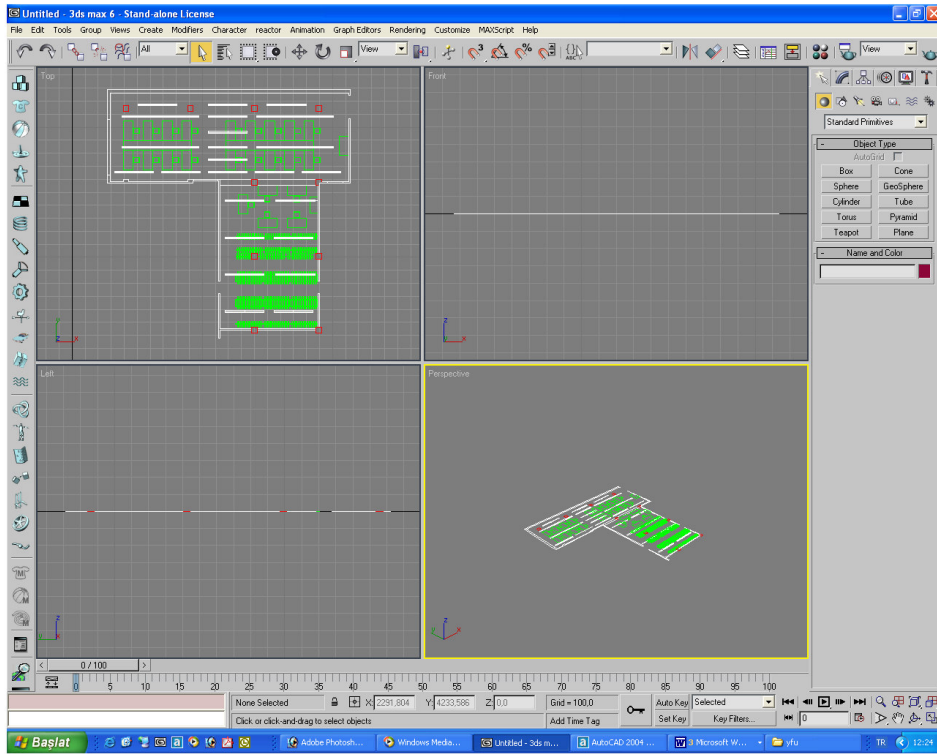
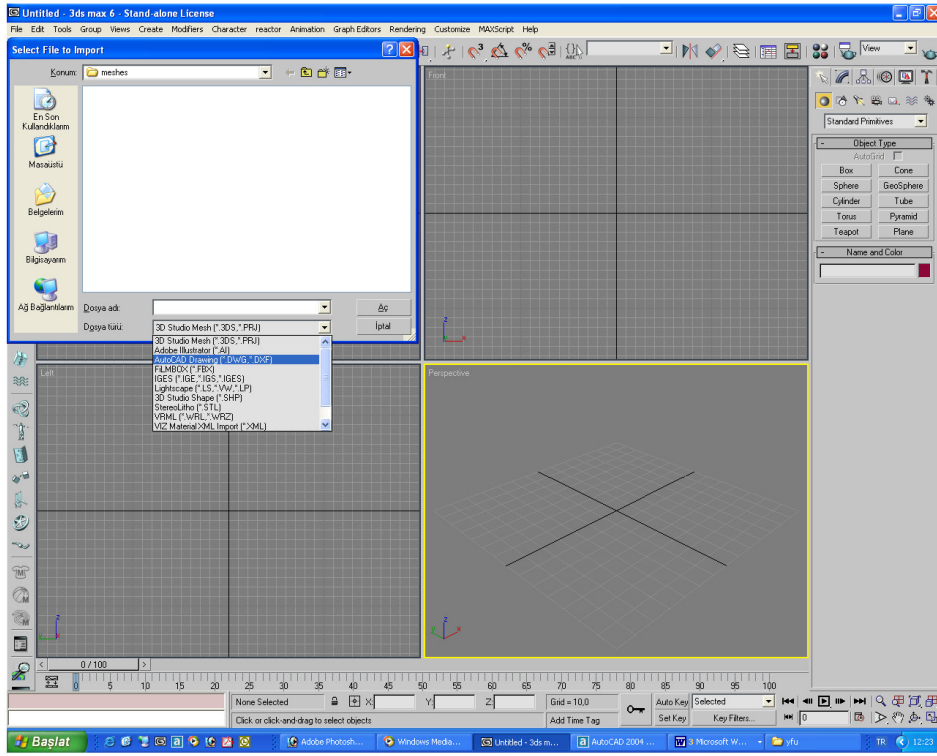
Material editör'de 2 ana bölüm vardır. Üst kısımda slot paleti (sample slot palette) ve altta da parametre panel alanları vardır. Parametre panel alanlarında malzemelere daha önce bahsedilen yansıma, renk, yüzey dokusu gibi temel özelliklerini veren değerler menüleri bulunmaktadır. Bu menüler;

- Opacity: Nesnelere saydamlık değeri kazandırır.
- Bump: Nesnelerin yüzeylerindeki pürüz etkisini verir.
- Reflection: Nesnelere yansıtıcılık özelliği verir.
- Ambient: Nesnelerin ortamdaki yansıyan ışıktan etkilenmelerini sağlar.
- Self-illumination: Nesnelerin kendi aydınlık düzeylerini belirler.
- Refraction: Nesnelerin ışığı kırma indislerini ayarlar.
- Bitmap: Nesnelere herhangi bir resim atayarak daha gerçekçi görünmelerini sağlar (örneğin;ahşap,çimen).

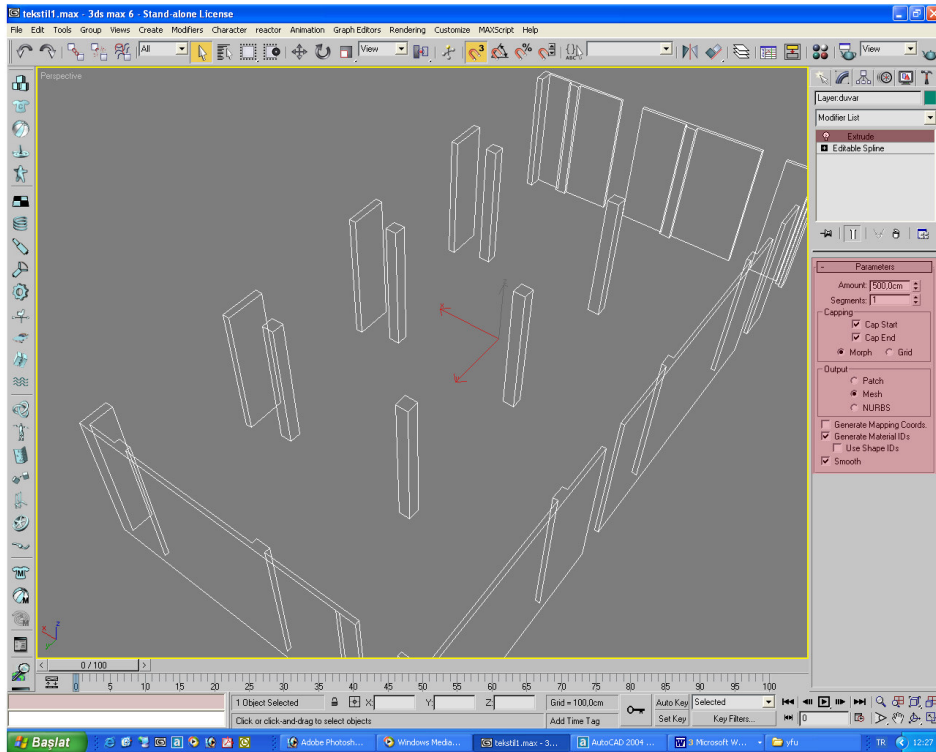
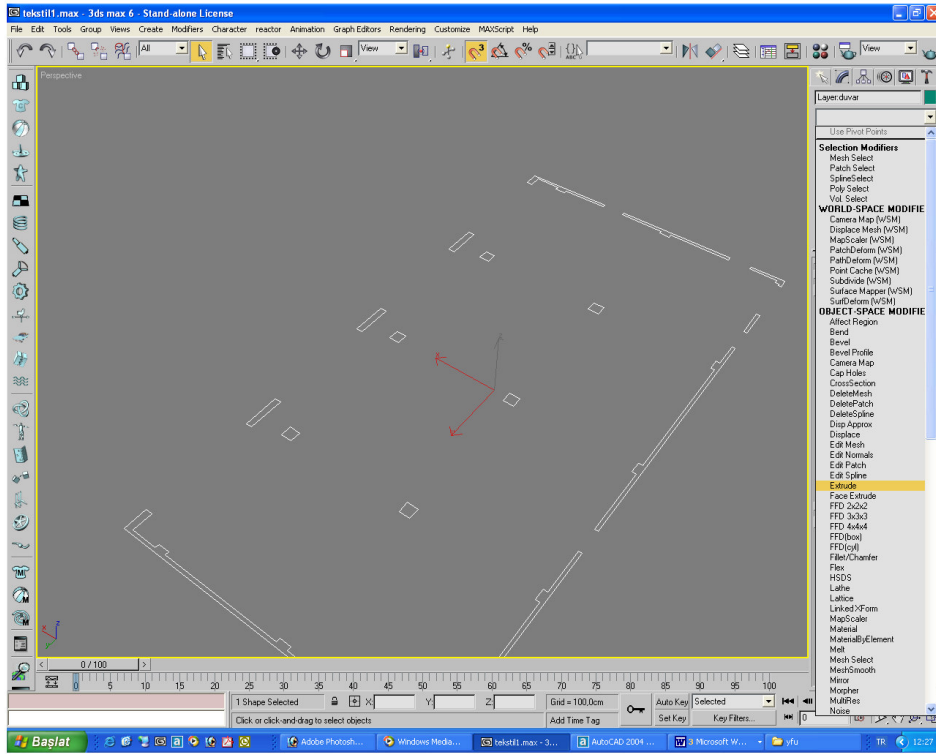
Bu menüler kullanılarak projede tasarlanan mekanlar ve mekan tefriş elemanlarına gerçekçi bir kimlik kazandırılmış olur.



Şekil 7.26 3ds max programına dosya çağırma



Şekil 7.27 3ds max programına çağrılan dosyayı .dwg formatında kaydetme



Şekil 7.28 Projeyi boyutlandırma

Lighting Menüsünü Kullanarak Sahneleri Aydınlatmak;

Doğada olduğu gibi 3ds Max'te de aydınlatma ışıkların ve nesnelerin karmaşık etkileşimlerinden doğar. Gerçek dünyadaki ışıkların taklit edilebilmesi için yedi ışık tipi ve Sunlight (güneş ışığı) sistemi tasarlanmıştır.

- **Omni Işıkları:** Işığı tek bir kaynak noktasından bütün yönlere yayar.
- **Spot Işıkları:** Bir koni içindeki alanı bir sahne ışığına benzer biçimde aydınlatır.
- **Directionel Işıklar:** Spot ışıkları gibi; doğrultulu ışıklarda bir aydınlatma konisi kullanılır, fakat burada koninin kenarları paraleldir.
- **Sunlight Sistemi:** Bu, free directionel ışık ile bir pusula nesnesinin birlikte kullanıldığı melez bir ışık kaynağıdır. Yörüngesel uzaklık, zaman ve konum ayarları güneşe yükseklik kazandırır ve onu gökyüzünde belli bir zamana ve coğrafi bir konuma yerleştirir.

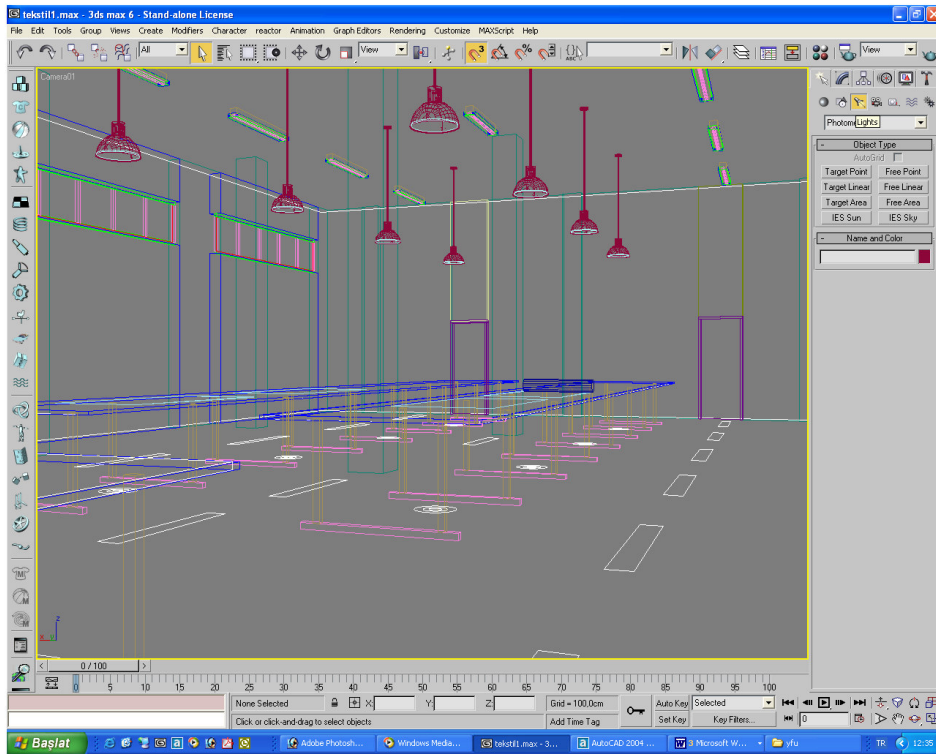
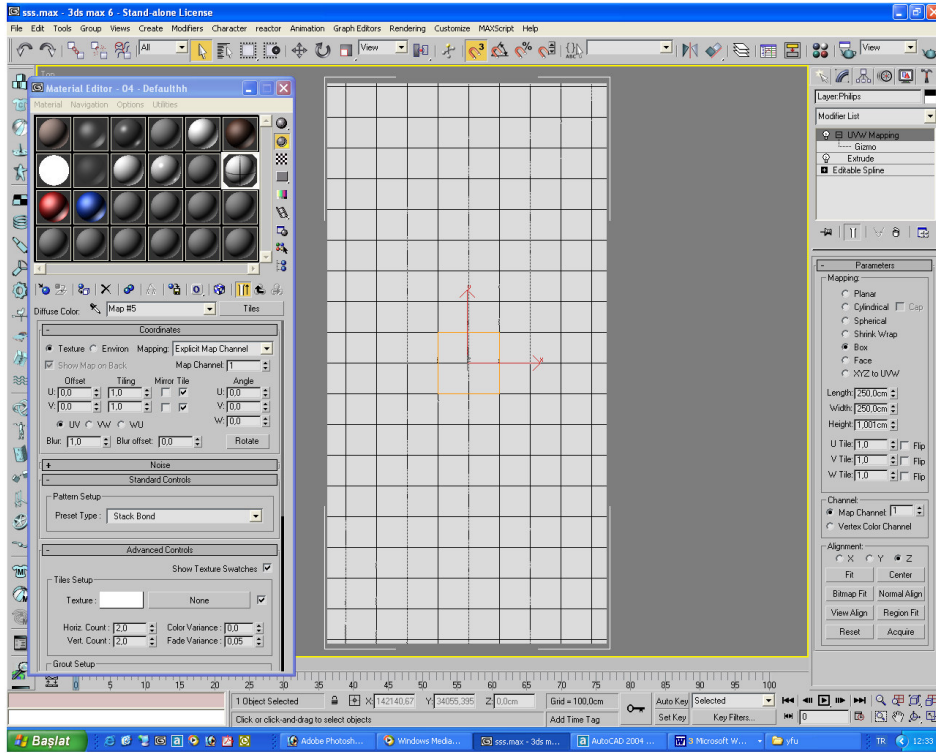
Fotometrik Işıklar;

- **Linear Işıklar:** Fluoresan lambaların taklit edilmesinde kullanılır.
- **Area Işıkları:** Bir nokta yerine belirli bir alandan yayılan yumuşak aydınlanma efektleri oluşturur.

7.6 Tekstil Fabrikası Görselleştirmesi

Aydınlatma görselleştirmesi yapılacak mekan ya da mekanlar **File/ İmport/ Selective import file(DWG formatı)** komut dizini kullanılarak 3ds MAX programına çağrılır. Daha sonra mekanı oluşturan duvar, kolon, kirişler projeye uygun olarak **Standart/ Shape/ Splines/ Line** komut dizini kullanılarak çizildi. Oluşturulan kolon, duvar, kiriş çizimleri **Modifier List/ Extrude** komutları kullanılarak projeye uygun boyutlandırıldı. Kirişler, tavan **Move** taşıma aracı kullanılarak (projeye göre parametrik değerler girilerek) kolon birleşim yerlerine taşındı. Daha sonra mekan iç tefriş elemanları (masa, sandalye, armatürler) yine **Standart/ Shape/ Splines/ Line** komut dizini kullanılarak çizildi ve **Modifier/ List/ Extrude** komutları kullanılarak projeye uygun boyutlandırıldı.

Modelleme işlemi bittikten sonra **Material Editör** (Şekil 7.29) açılarak duvar, tavan, döşeme, pencere, kapı ve tefriş elemanlarına uygun malzemeler malzeme slotlarında oluşturuldu.



Şekil 7.29 Material Editör Kullanılarak Yüzeyle Doku Atanması

Bu işlem yapılırken döşemeye seramik malzeme efekti verildi (Şekil 7.29) ve yansıtıcılık özelliği; **Material Editör/ Maps / Reflection** komut dizini kullanılarak verildi. Başka bir material slotunda duvar rengi girilerek seçilmiş olan duvarlara Assign material selection komutu kullanılarak atandı ve bu işlem diğer tüm yüzeylere (tavan, pencere, masa ve sandalyelere) sahip olmaları istenen Ahşap, sıva, seramik, metal vb. özelliklerine göre atandı.

Malzeme atama işlemleri bittikten sonra, mekan aydınlatmasında kullanılan ışıkları seçme ve relax programından elde edilen mekanda kullanılacak olan her bir aydınlatma elemanı için aydınlatma ve ışık eğrisi değerleri parametrik olarak girilerek, plan düzleminde aydınlatma elemanlarının bulunduğu izdüşümlerine yerleştirildi move taşıma aracı ile z eksenindeki (yükseklik) konumlarına taşındı. Mekan aydınlatmasında **daylight fluorescent** ve **metal halide** ışık kaynakları tercih edildi. Daylight Fluorescent genel aydınlatmada, Metal Halide ışık kaynağı ise noktasal aydınlatmada (kesim atölyelerinde, kalite-kontrol bölümlerinde) kullanılmıştır.

Lighting menüsünden photometric ışık türleri slotu seçilerek buradaki alt menülerden free linear lighting seçilerek floresan lamba etkisi için kullanılan Daylight Fluorescent tipi ışık seçilmiştir.

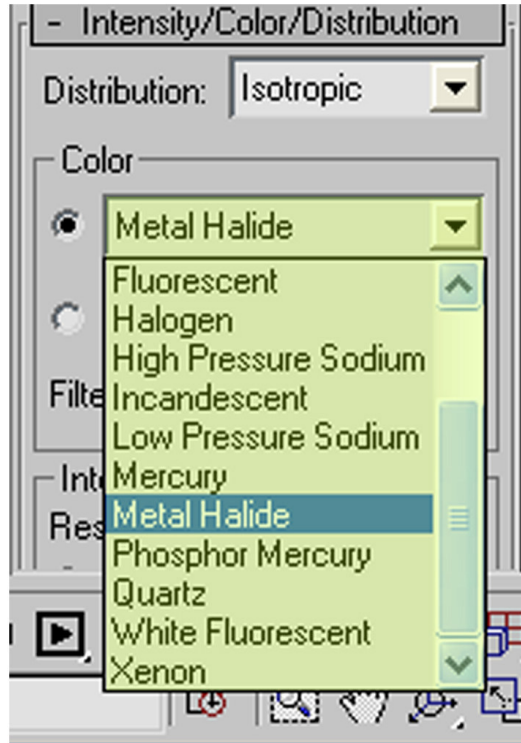
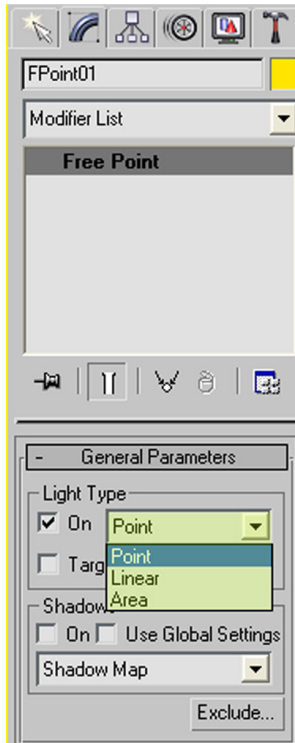
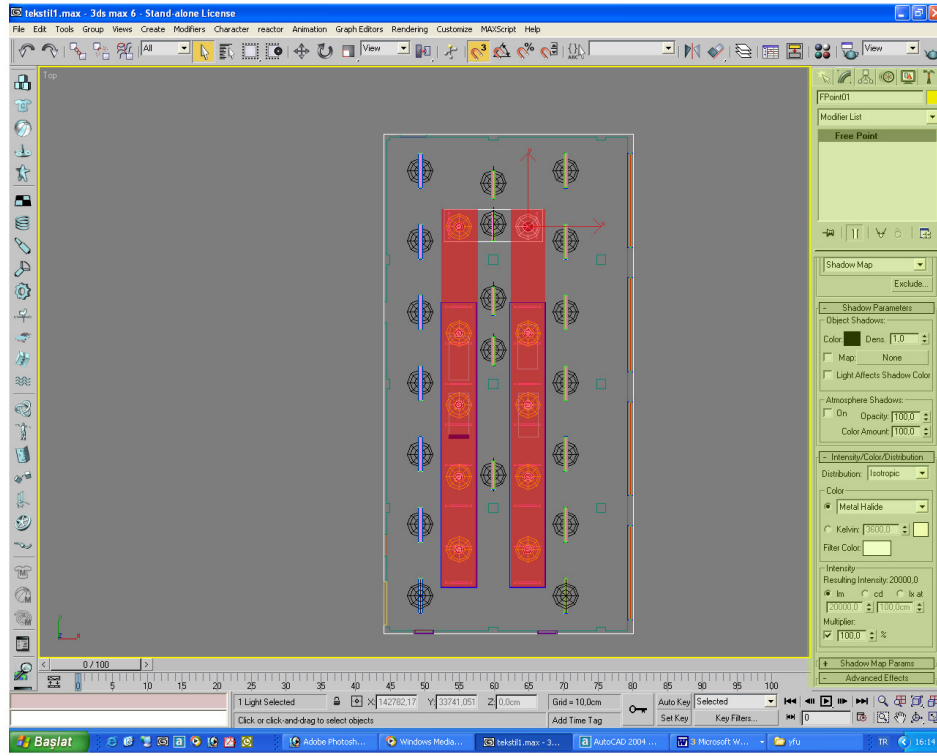
Lighting / photometric / free linear / intensity/color// daylight fluorescent

Daha sonra **relax** programında her bir Daylight Fluorescent tipi ışık kaynağı için hesaplanan lamba özellikleri **intensity** alt menülerindeki parametrik değerler satırına girilerek tek bir ışık kaynağı elde edilmiştir ve bu kaynak mekan aydınlatmasında kullanılacak olan adede çoğaltılarak plan izdüşümündeki yerlerine yerleştirilmiştir.

Daylight Fluorescent tipi ışık kaynakları oluşturulduktan sonra aydınlatmada kullanılacak olan ikinci ışık kaynağı olan Metal Halide tipi kaynağın oluşturulması işlemine geçilmiştir. Yine Lighting menüsünden photometric ışık türleri slotu seçilerek buradaki alt menülerden bu sefer free point lighting seçilerek noktasal aydınlatma sağlamak için kullanılan Metal Halide tipi ışık seçilmiştir (Şekil 7.30).

Lighting / photometric / free point / intensity/color// metal halide
--

Yine **intensity** alt menülerindeki parametrik değerler satırına tek bir Metal Halide için hesaplanan değerler girilerek ikinci ışık kaynağı elde edilmiştir ve plandaki izdüşümlerine yerleştirilerek Z düzlemindeki konumlarına taşınmıştır.



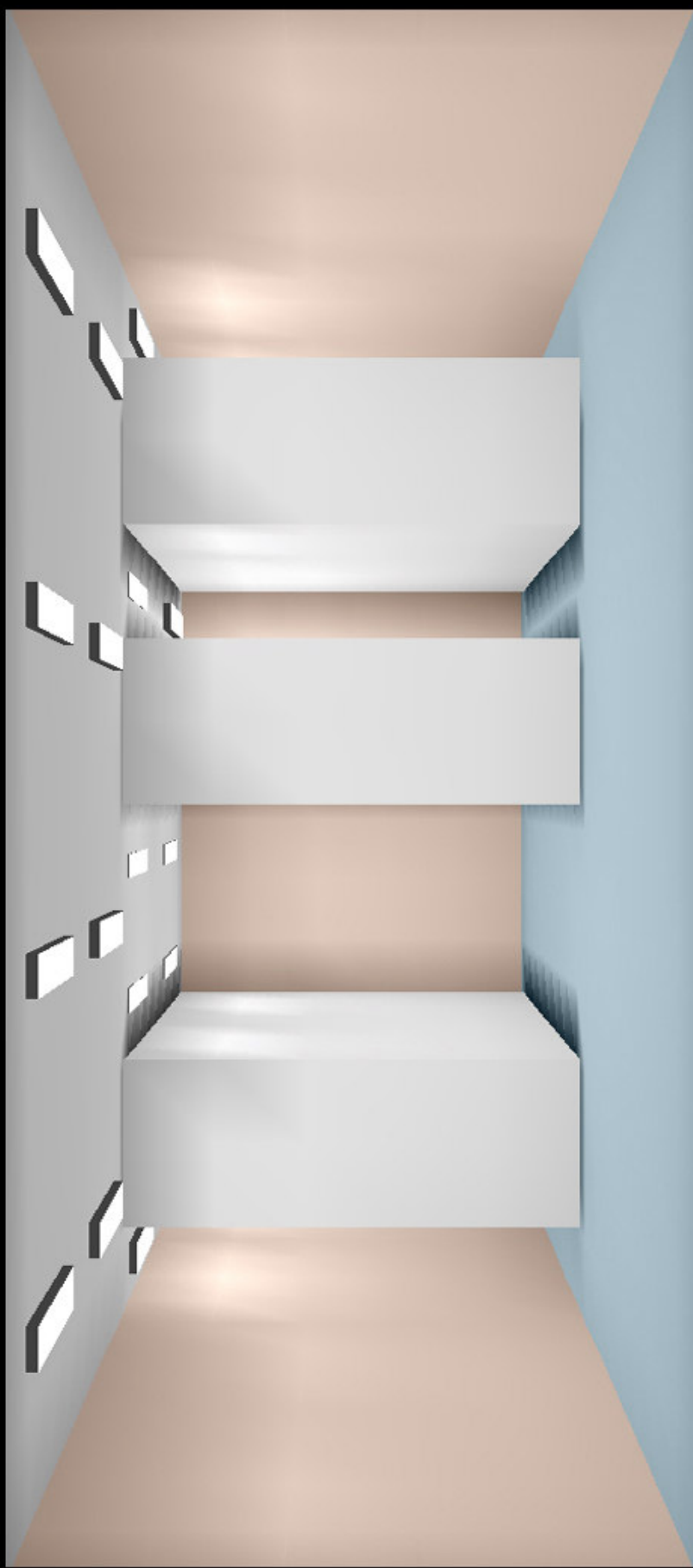
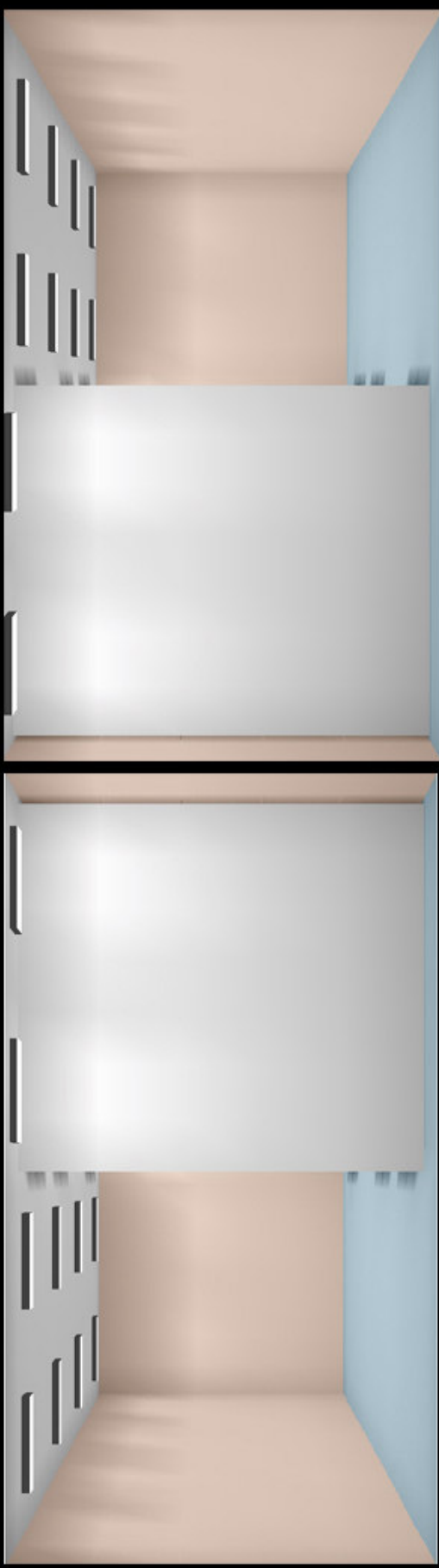
Şekil 7.30 Metal halide ışık kaynağı ile aydınlatma

Bütün bu işlemler bitirildikten sonra Lighting alt menüsünde bulunan **sunlight** gün ışığı sistemi seçilerek coğrafi konum, gün, ay, saat gibi parametreler girilerek sanal bir gün ışığı oluşturulmuştur.

Bütün bu işlemler yapıldıktan sonra tekstil atölyesinde, seçilen kamera açlarına göre render örnekleri alınmıştır. Aynı mekânın Relux programında yapılan aydınlatması ve mekânların 3ds max görselleştirmeleri karşılaştırılmıştır. Relux programında aydınlatma hesapları açıklanmış olan 3 bölüm (kumaş kontrol ve depo bölümü, kumaş kesme bölümü, dikiş atölyesi), relux ve 3ds max render görüntüleri ile sırayla verilmiştir.

**TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI**

**KUMAS RENK KONTROL
VE DEPO BOLUMU
AYDINLATMA SIMULASYONU**





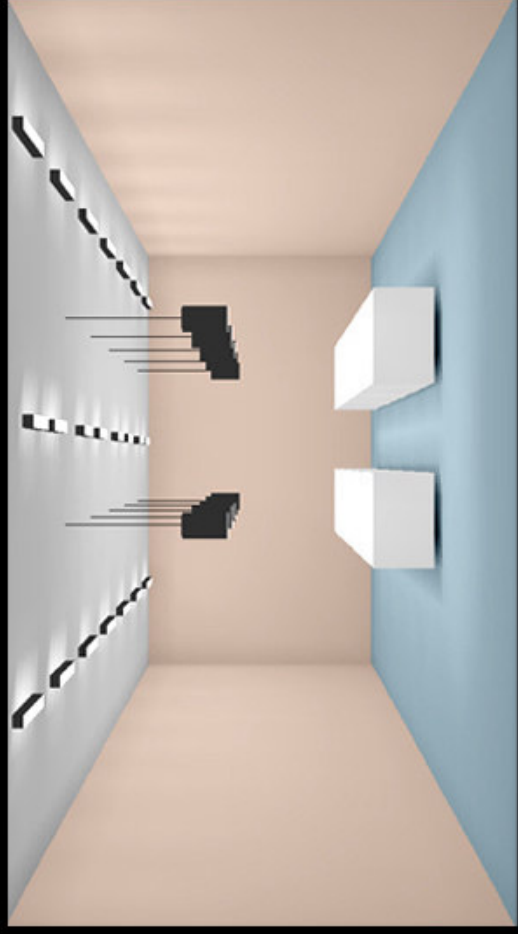
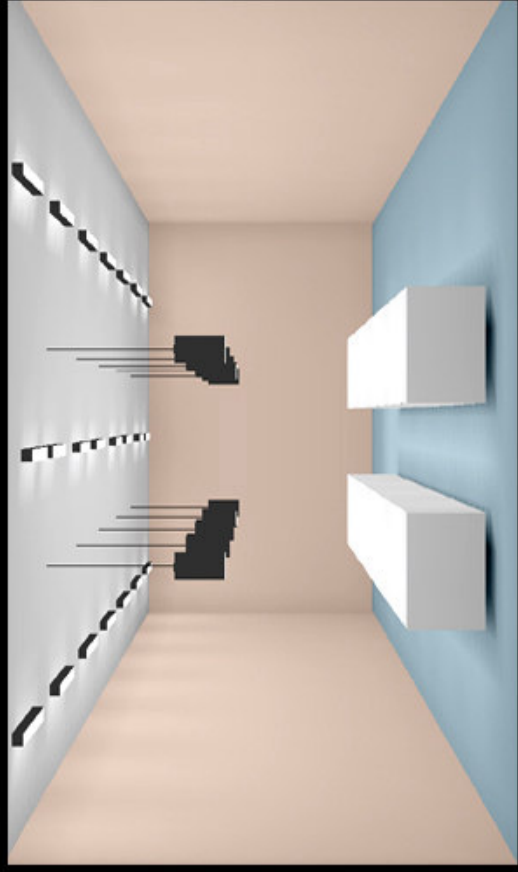
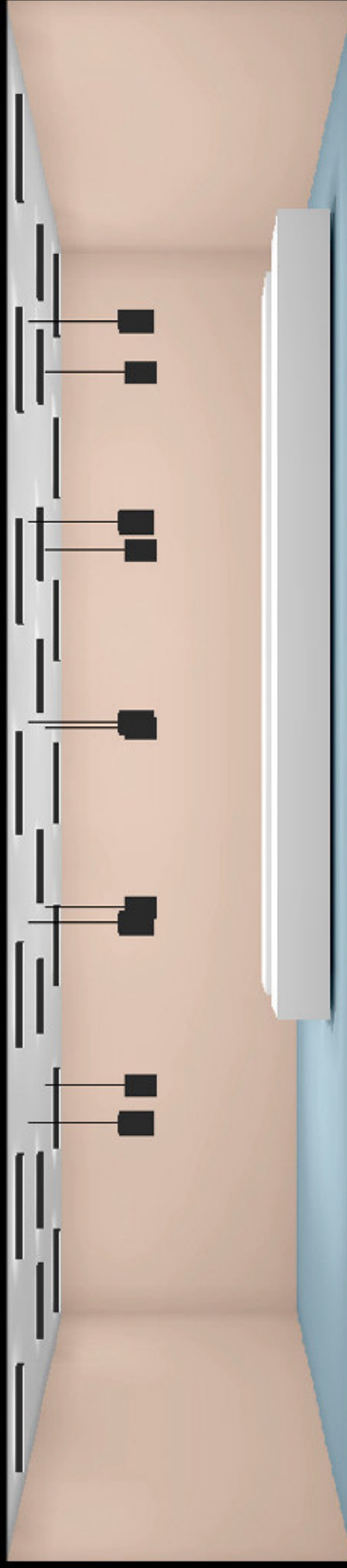
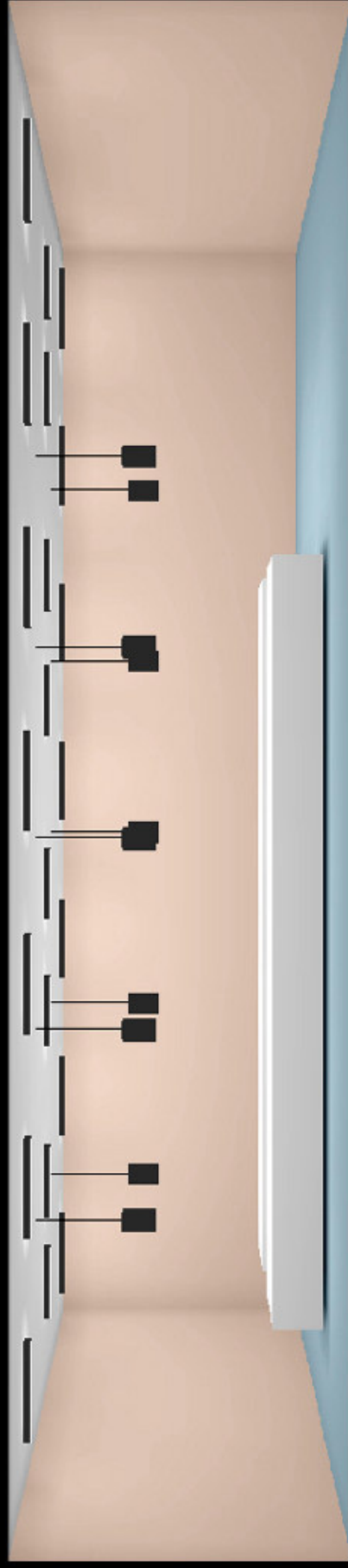
TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI

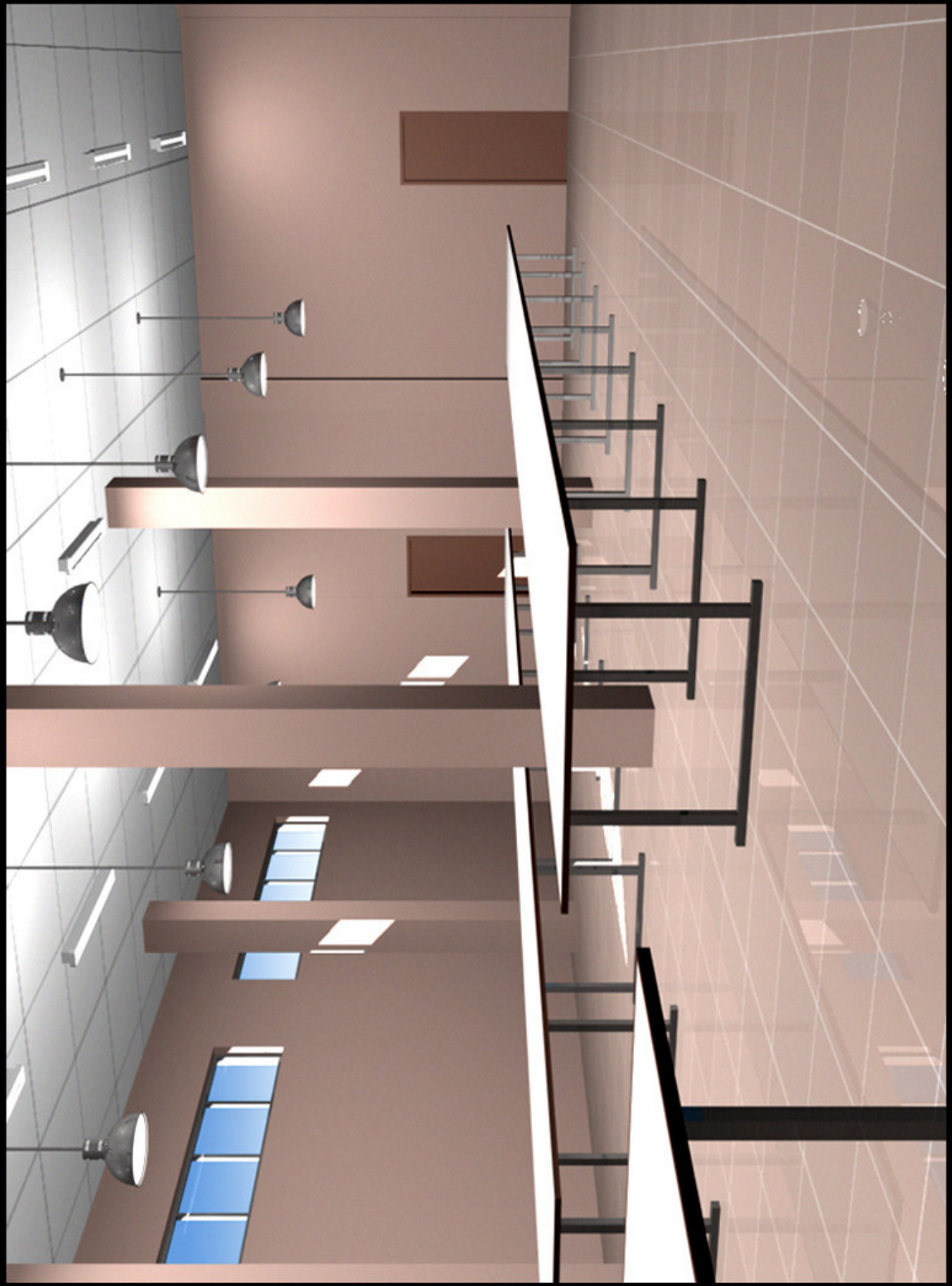
KUMAS RENK KONTROL
ve DEPOLAMA BÖLÜMÜ
GÖRSELLEŞTİRMESİ

Bennur KARCIOĞLU

**TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI**

KUMAS KESME ve
KONTROL BÖLÜMÜ
AYDINLATMA SİMULASYONU

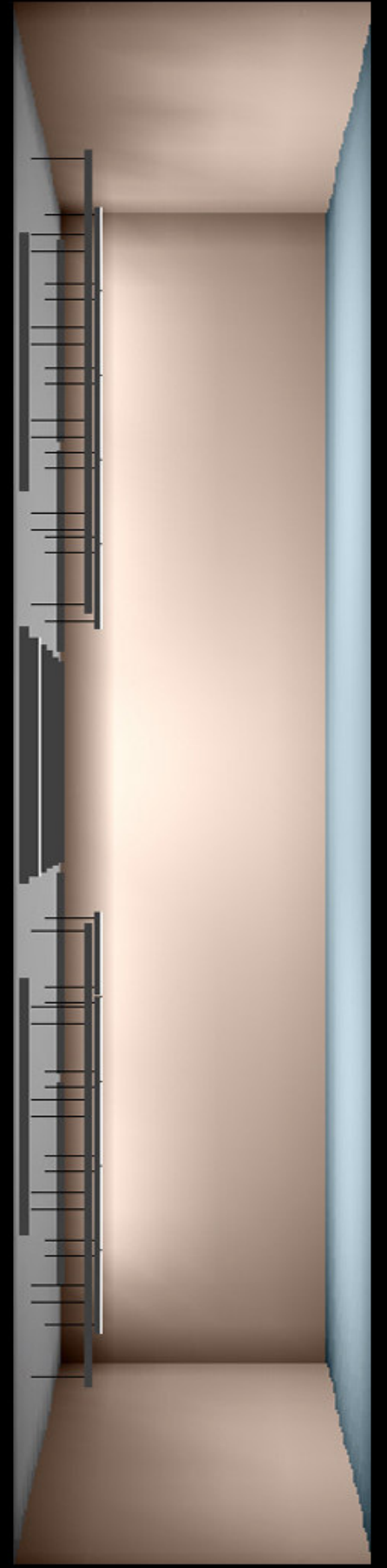
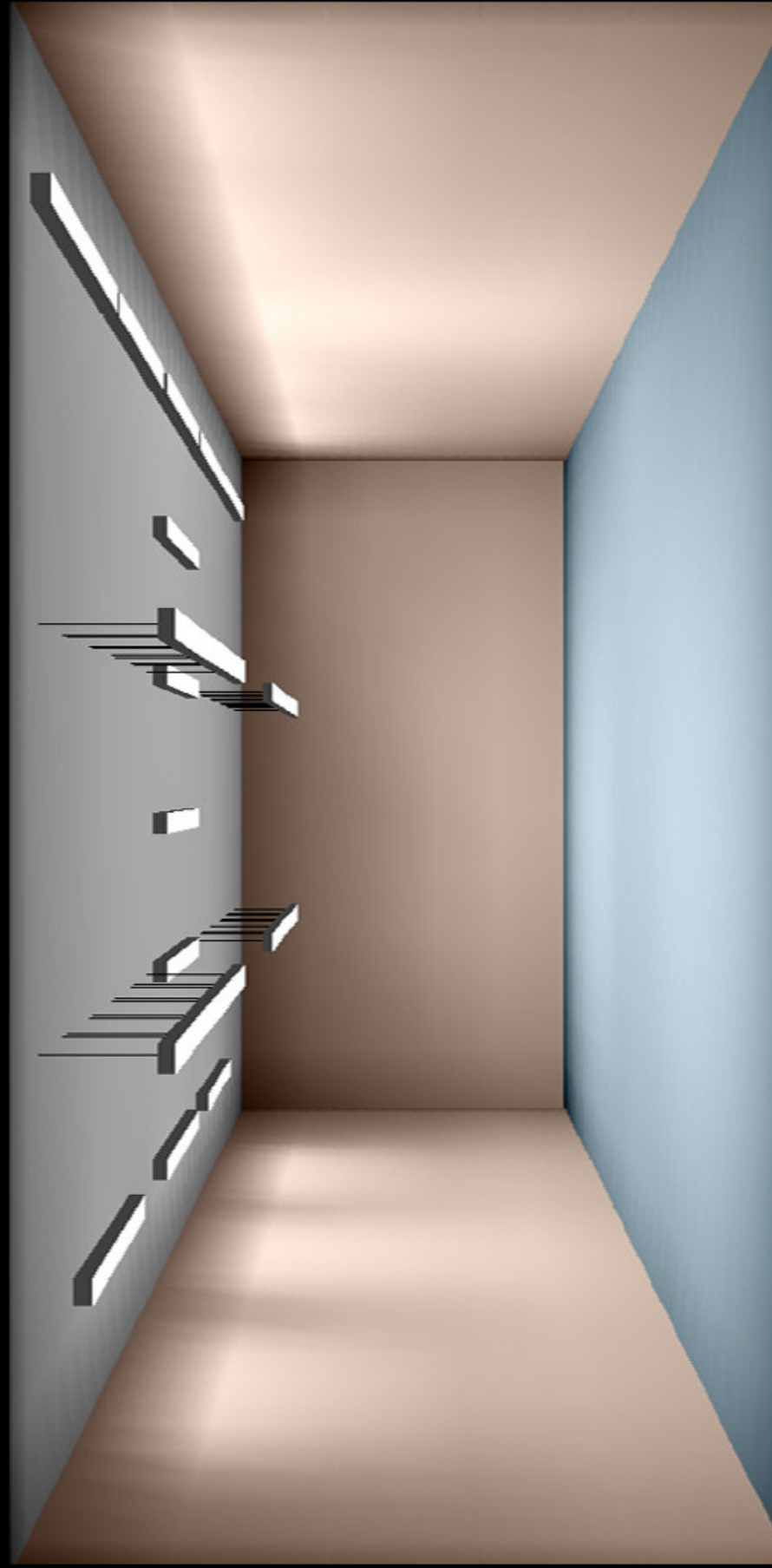




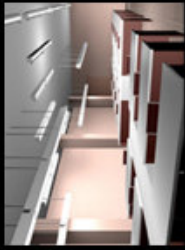
TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI

KUMAS KESME ve
KONTROL BÖLÜMÜ
GÖRSELLEŞTİRMESİ

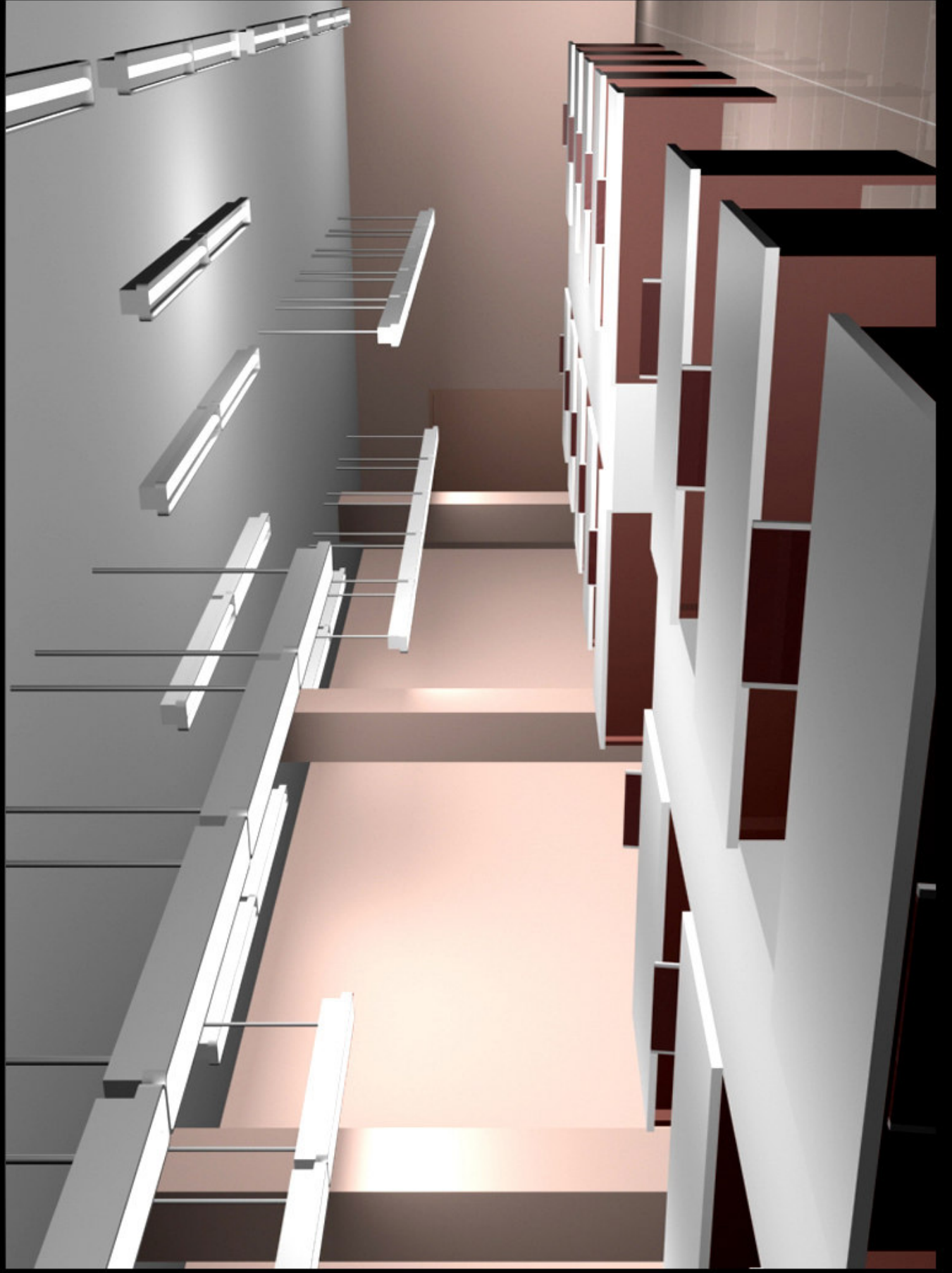
Bennur KARCIOĞLU



TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI
DİKİS ATOLYESİ
AYDINLATMA ATOLYESİ



Bennur KARCIOGLU



TEKSTİL FABRİKASI
AYDINLATMASI
DİKİS ATOLYESİ
AYDINLATMA ATOLYESİ
GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Bennur KARCIOĞLU

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada endüstriyel tesis aydınlatmasının temel ilkeleri farklı endüstriyel tipler için incelenmiş ve bir tekstil fabrikası üzerinde Relux aydınlatma programı kullanılarak bir uygulama yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar 3ds max programında tekstil fabrikasının görselleştirmesinde kullanılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar;

- Endüstriyel tesis aydınlatması, ilk etapta fizyolojik aydınlatmaya cevap vermelidir. Bu da gerekli aydınlık düzeyinin sağlanması, uygun renksel geriveriminde ve ışık rengindeki ışık kaynaklarının kullanılması ile olur.
- Çalışma alanındaki gerekli ve zararlı gölgelerin tasarım aşamasında; günışığı da dikkate alınarak, göz önünde bulundurulması ve yok edilmesi ya da yaratılması gereklidir. Eğer yapı, gün ışığının girişine olanak verecek şekilde ise gün ışığına duyarlı çalışan dimmerli ışık kaynakları kullanılması hem enerji tasarrufu hem de görsel konfor sağlanması açısından tercih sebebi olmalıdır.
- Uygulama projemizde (tekstil fabrikasında) renksel geriverimi yüksek, lineer bir kaynak olması sebebiyle tercih edilen floresan ışık kaynakları dimmerli elektronik balastlarla ve ayrıca acil durum kitleri ile de kullanılabildiğinden doğru bir seçim olarak tavsiye edilmiştir. Fabrikanın tek bir bölümünde; bu bölümün yüksek hacimli olması ve bu bölümde dikkat gerektiren bir kontrol işi yapılması nedeniyle, operatörü objeye yönlendirmek amaçlı noktasal bir ışık kaynağı olan metal halide ışık kaynakları kullanılmıştır.
- Endüstriyel tesislerde kullanılacak armatürlerin elektriksel ve mekaniksel koruma sınıfları doğru tayin edilmeli ve oluşabilecek tüm kaza ve kayıp göz önünde bulundurulmalıdır. Bu açıdan tekstil fabrikasında nemli alanlar çok fazla olmadığı için armatürlerin toza karşı dayanıklılıklarına bakılmış ve özellikle kumaş kesme bölümünde IP koruma derecesi yüksek armatürler kullanılmıştır. Bu sayede uzun vadede armatürün, dolayısıyla ışık kaynağının veriminin düşmesine neden olacak toz unsurunun önüne geçilmiştir.

Kullanılacak ışık kaynakları ve armatürler belirlendikten sonra Relux programında istenilen aydınlık düzeyine göre armatür sayısı ve yerleşimi yapılır. Bu aşamada bu ve buna benzer aydınlatma programlarında, doğru aydınlatma için (özellikle parlak, mat, pürüzlü, pürüzsüz, saydam, yarı-saydam malzemelerin oldukça yaygın bulunduğu endüstriyel tesis aydınlatmalarında) gerekli yansıtma faktörlerinin dikkate alınmadığı bu nedenle de gerçekçi bir sunum yapılamadığı görülmüştür. Bu nedenle aydınlatma hesabı yapılan Relux programı ile fabrikanın görselleştirmesinin yapıldığı 3ds max programı karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.1 Relux ve 3ds max programlarının karşılaştırılması

Karşılaştırma kriterleri	Relux	3ds max
.dwg formatındaki dosyaların programa aktarılması	Projedeki tüm bölümler ayrı ayrı odalar halinde yaklaşık ölçü ve çizimleri ile baştan tanımlanır.	2 boyutlu ya da 3 boyutlu olarak direk import edilebilir.
Mevcut tasarımların hem mimari hem de aydınlatma açısından doğru modellenmesi	Sadece dikdörtgen ve polygonal gibi alanların tanımlanmasına izin verdiği için gerçek mimariyi yansıtmamaktadır. Dolayısıyla yapılan aydınlatma tasarımı da yaklaşık bir sonuç verecek, gerçekçi olmayacaktır.	Mevcut tasarım aynen çağrıldığı için gerçeğine uygun olur.
Projeye tefriş ekleme	Sınırlı sayıda, sadece programın izin verdiği (database inde bulunan), malzeme ve tefriş elemanlarının kullanılabilmesi (örneğin tekstil fabrikası örneğinde görüleceği gibi projeye özgü masa, makine ya da cihazların projeye eklenememesi) durumu vardır.	Gerçeğine uygun tefriş modelleyebilme imkanı vardır.
Yansıma hesaplarının yapılması	Programda tavan, duvar ve döşeme yansıtma faktörleri seçilebilmekte ancak tefrişe malzeme ataması yapılamadığı için kullanılan malzeme bilgisi olmadan sadece renklere dayalı bir yansıtma hesabı yapılmaktadır.	Tefrişe, tavan, duvar ve döşemelere malzeme ve renk ataması yapılabilir ve program bu bilgilere göre ışığın yansımalarını hesaplayarak sahneyi aydınlatır.
Gün ışığı	Programda pencere seçilebilmekte ancak günışığı etkisi verilememektedir.	Gün ışığı eklenebilir.
Işık kaynağı ve armatür seçebilme	Gerekli aydınlık düzeyi bilgisine göre ışık kaynağı seçebilme, armatür imalatçılarının verdiği gerçek ışık dağılım eğrileriyle aydınlatma hesabının yapılması ve armatürlerin yerleştirilmesi işlemleri yapılabilir.	Armatürlerin modelleri ya imalatçı firmadan alınır ya da baştan modellenir. Yalnız ışık dağılım eğrisi bilgisi girilemez. Ancak ışık kaynağı seçilebilir.

Bu karşılaştırmaya göre; aydınlatma paket programları, aydınlatma (kullanılacak armatür sayısının) hesabı için gerekli ve pratik programlardır. Ancak yukarıda sayılan eksik yönleri ve 3 boyutlu görselleştirme konusunda zayıf kalması (hem tasarıma uygun malzeme ve tefriş yerleştirilememesi hem de renk ve arayüz olarak diğer görselleştirme programları yanında gerçekçi görünümünün olmaması) nedeniyle 3 boyutlu görselleştirme programları ile birlikte

kullanılması gerçekçi bir sunum açısından çok önemlidir.

3ds max programı ise tek başına aydınlatma hesabı ya da tasarımı için kullanılamaz. Her ne kadar yansıma, gün ışığı ve ışık kaynağı seçebilme gibi özellikleri varsa da armatürlerin ışık dağılım eğrilerinin girilememesi nedeniyle ve gerekli armatür sayısını hesaplama gibi bir fonksiyonu olmadığından bir aydınlatma programı olmadan yalnızca görselleştirme amaçlı kullanılabilir.

Eksikleri ve avantajları ile bu iki programın bir arada kullanılması, elektrik mühendislerine hem görsel bir tasarım alanı açacak hem de aydınlatma sektöründe birlikte çalıştığı mimar ve mühendisleri daha kolay etkileyebilme ve onlarla aynı dili konuşabilme fırsatı sunacaktır.

KAYNAKLAR

- Aras, U., (1994), Endüstri Tesislerinde Aydınlatma, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Chen, K., (1990), Industrial Power Distribution and Illuminating Systems, Marcel Dekker, INC, New York.
- Demet, F., Gümüş, B. ve Özbudak, B., "Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi", II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 8-10 Ekim 2003, Diyarbakır.
- Lyons, S., (1992), A Handbook for Providers and Users of Lighting, London.
- Manav, B., (2004), "Ofis Ortamlarının Görsel Konfor Koşullarını ve Performansı Arttırmaya Yönelik Uygulamalar", V. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 07-08 Ekim 2004, İstanbul.
- Özkaya, M., (2000), Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Philips Lighting Manual, (1993), Philips Lighting B.V., The Netherlands.
- Sirel, O., (1992), "Bilgisayar Programları ve Aydınlatma Projesi", Tasarım Dergisi, Nisan 92 (sayı 23):110.
- Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Sözlüğü, YEM Yayın, İstanbul.
- Şerefhanoglu Sözen, M., (2003), "Aydınlatma Tasarımında Mimarinin Ve Elektrik Mühendisinin Rolü", II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 08-10 Ekim 2003, Diyarbakır.
- Ünver, R., (2004), "Yarı Entegre Tekstil Endüstrisinde Görsel Konfor Üzerine Bir İnceleme", V. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 07-08 Ekim 2004, İstanbul.
- Yılmaz, K.,(1995), Tünel Aydınlatması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- IEC598, Luminaires, Part I: General Requirements and Tests.
- DIN5035, Artificial Lighting, Part II: Recommended Values for Lighting Parameters for Indoor and Outdoor Workspaces.

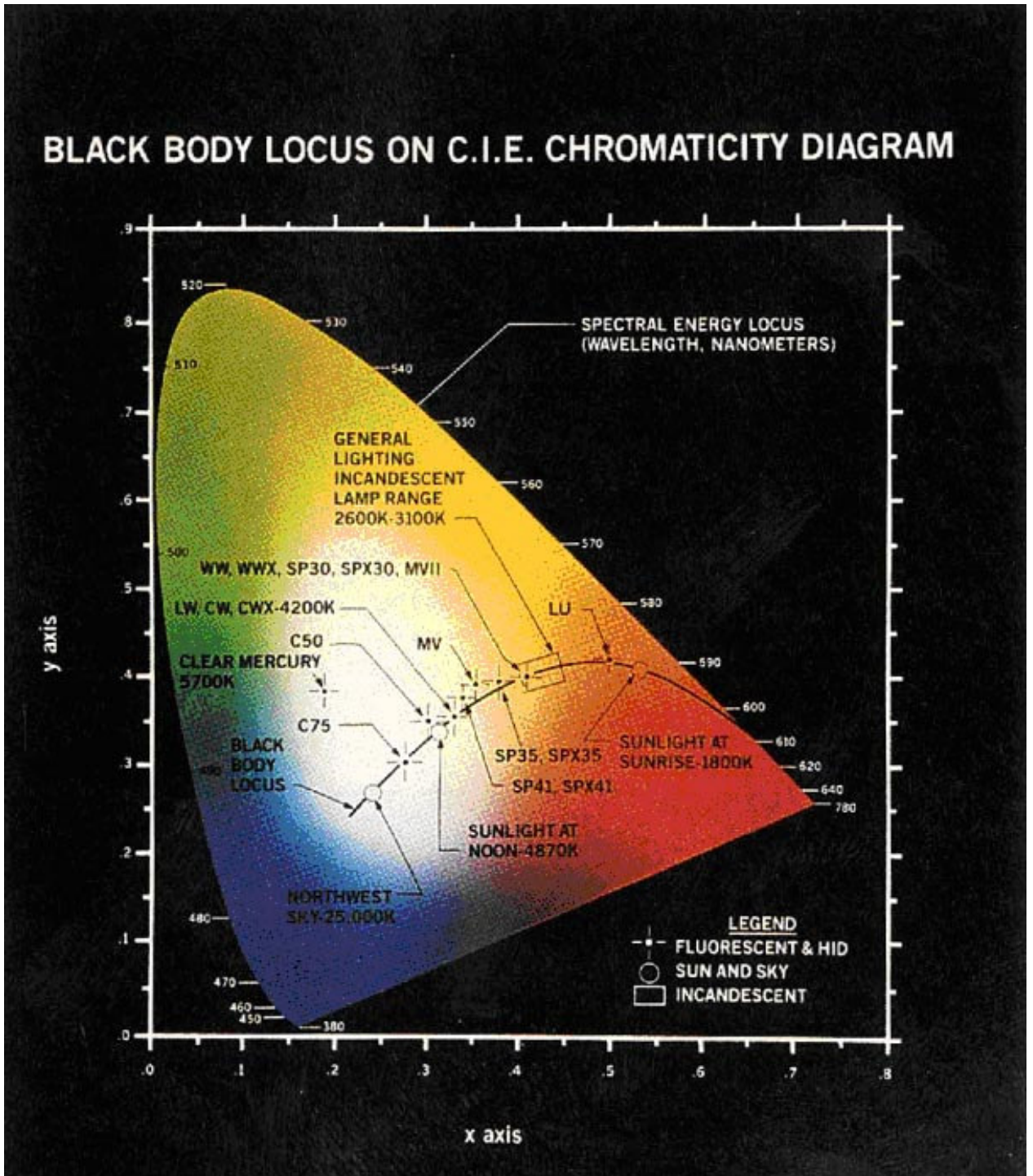
İNTERNET ve DERGİ KAYNAKLARI

- [1]Işık Hayattır, Lamp83.
- [2]Goodlighting for Trade and Industry, Fördergemeinschaft Gutes Licht, Information on Lighting Applications Booklet 5.
- [3]<http://www.endustri.8k.com/ergonomi.htm>
- [4]Yapay Işıkla Aydınlatma, Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği.
- [5]www.lighting.philips.com
- [6]<http://www.students.itu.edu.tr/~ergonomi/bilbank/insan3.html>

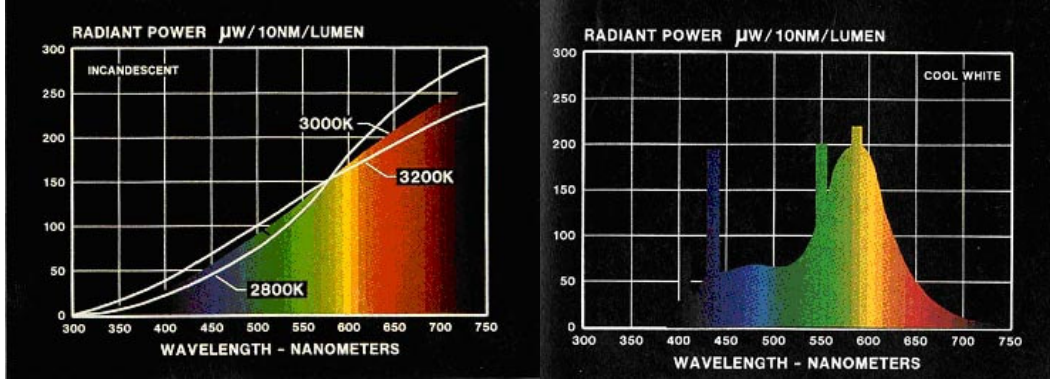
EKLER

- Ek 1a Işık Rengi ve Siyah Cisim Renk Üçgeni
Ek 1b Renksel Geri Verim Endeksi
Ek 2 Tekstil imalat ve işleme yerlerinde gerekli aydınlatma parametre değerleri (DIN5035 Part 2)
Ek 3 Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri ve Farklı Lambaların Karşılaştırılması
Ek 4 Lamba Verileri
Ek 5 Lambaların Işık Verimliliği ve Ömürleri

Ek 1a Işık Rengi ve Siyah Cisim Renk Üçgeni

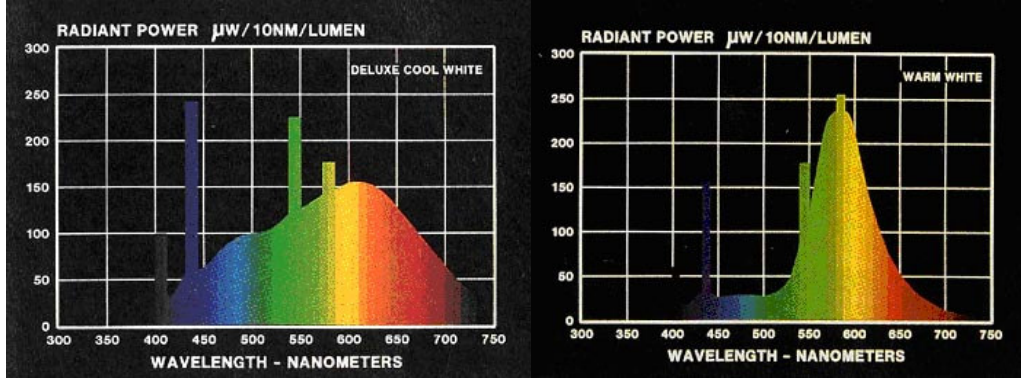


Siyah Cisim Renk Üçgeni

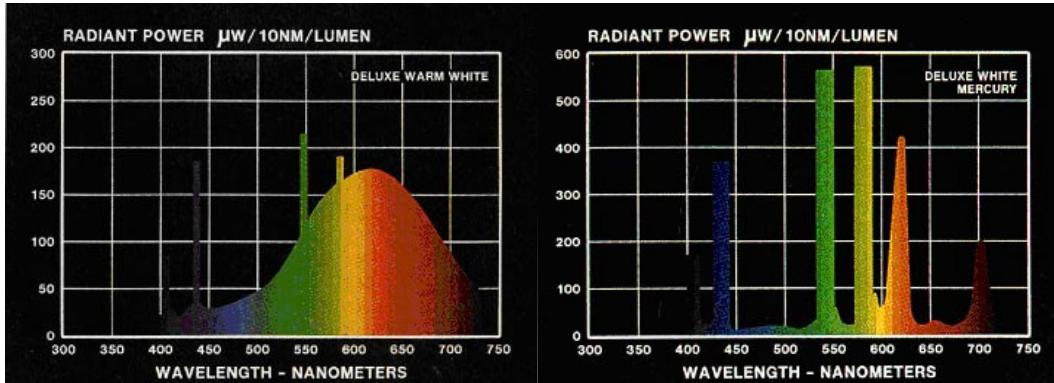


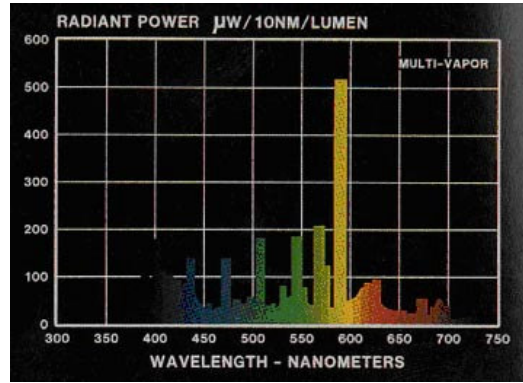
Enkandesan lamba

Cool white: Soğuk Beyaz

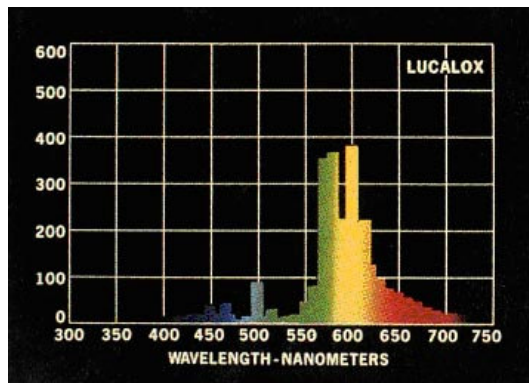
Deluxe cool white:
(Üstün nitelikli soğuk beyaz)

Warm white: Ilık beyaz

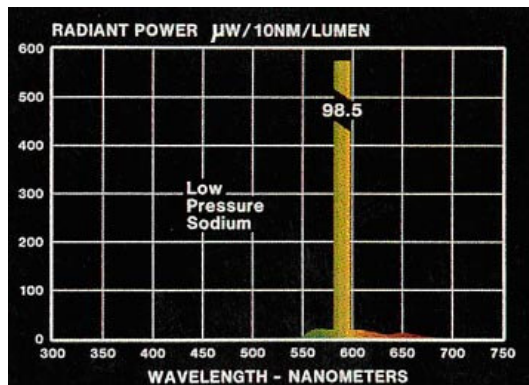
Deluxe warm white
Üstün nitelikli ılık beyazDeluxe white mercury
Üstün nitelikli beyaz civa buharlı lambalar



Multi Vapor: Metal Halide Lambalar

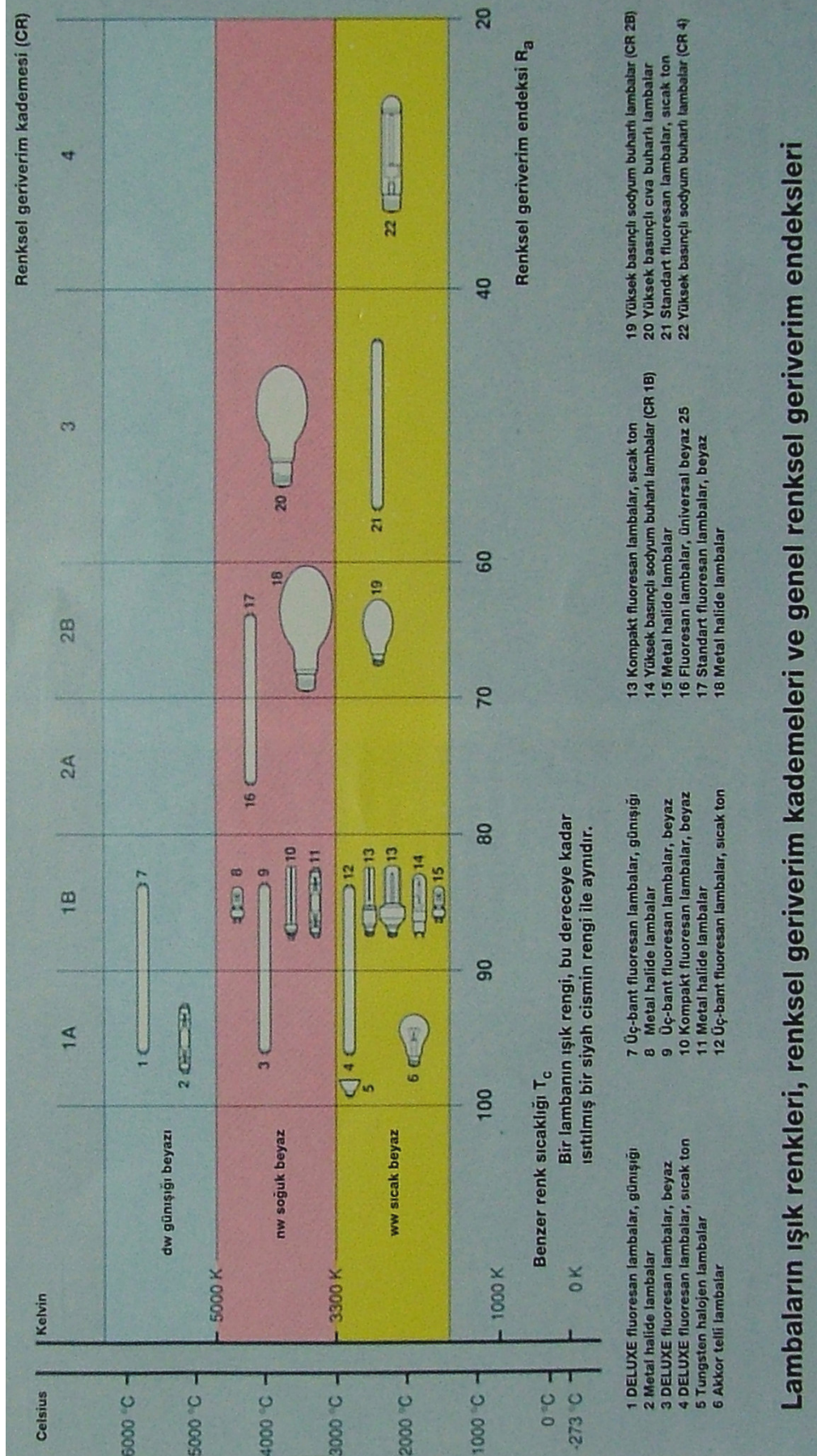


Lucalox (High Pressure Sodium Lamps): Yüksek Basıncılı Sodyum Lambalar



Low Pressure Sodium Lamps: Alçak Basıncılı Sodyum Lambalar

Ek 1b Renksel Geri Verim Endeksi



**Ek 2 Tekstil imalat ve işleme yerlerinde gerekli aydınlatma parametre değerleri
(DIN5035 Part 2)**

Tekstil imalat ve işleme yerlerinde	Ortalama aydınlık düzeyi En (lx)	Işık rengi	Renksel geriverim grubu	Doğrudan kamaşma sınırlaması sınıfı	Açıklamalar	
Banyo ve balya parçalama alanlarındaki çalışma yerlerinde	200	ww, nw	3	3		
Tarama, yıkama, ütülleme, ısıtma ve pamuk tarama işi, çizim, ölçülendirme, pamuk kesme ve eğirme, elyaf ve kendir eğirme	300		3	2		
Boyama	300		2A	2		
Eğirme, parlatma, bekletme, sarma, döndürme, örme, dokuma	500		2A	1		
Dikiş ve baskı	750	ww, nw, tw	2A	1	---	Yerel iş yeri aydınlatması yapılması gerekli
Şapka ve aksesuar						
Süsleme	1000	nw, tw	2A	1	Renk eşleştirme işlerinde farklı aydınlatıcı ışık kaynakları ekranlanmalı	
Kumaş muayene, renk (eşleştirme) kontrolü	1000	ww, nw, tw	1A	1		
Onarma, tamir	1500	nw, tw	2A	1		

Ek 3 Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri ve Farklı Lambaların Karşılaştırılması

Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri

Tipi	Güç (watt)	Verim (lm/watt)	Ömür (saat)	Işık rengi	Renk geri verimi	Maliyeti	Kullanım için öneriler
Akkor flamanlı							
Normal	15-1000	10-20	1000	sıcak	iyi	düşük	Kısa süreli çalışmalarda Genel amaçlı yerlerde
Halojen	20-2000	20-25	2000-3000	Sıcak	Çok iyi	Orta	Yüksek yoğunluklu aydınlatmada İyi renk geri verimi gereken yerlerde
Fluoresan							
Tüp	6-65	50-95	4000-7000	Çeşitli renkler	Ortadan iyiye	Orta	Süreklili veya kesintili aydınlatmada Genel amaçlar için İyi renk geri verimi gereken yerlerde İç ortamlarda yüksek kaliteli aydınlatma gereken yerlerde
Kompakt							
Yüksek basınçlı							
Cıva	50-1000	40-60	7000	Gün ışığı	Orta	Yüksek	Büyük ateklerde Dış ortam aydınlatmasında
Sodyum	50-1000	70-120	6000	Sıcak	Çok zayıf	Yüksek	Dış ortam aydınlatmasında (cıva buharının yerini alabilir) Yol aydınlatmasında Depolama sahalarında
Metal Halide	400-2000	80-90	2000-6000	Gün ışığı	Zayıf	Çok yüksek	Sınırlı kaynak sayısı gerektiren geniş sahalarda (örneğin; sportif faaliyetler)
Alçak basınçlı							
Sodyum	8-180	100-180	6000	Sarı	Yok	Orta	Renk faktörünün önemli olmadığı dış ortam aydınlatmalarında (Orneğin; otoyol aydınlatması, geniş depolama sahaları)






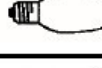





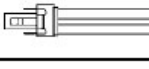




+


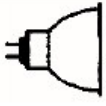
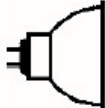



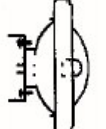





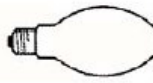
□


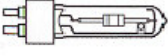


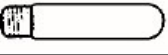


Farklı Lambaların Karşılaştırılması

#	Akkor flamanlı lamba	Fluoresan lambalar	Flamanlı çivâ buharlı lambalar	Yüksek basınçlı çivâ buharlı lambalar	Sodyum buharlı lambalar
ÜSTÜNLÜKLERİ	<ul style="list-style-type: none"> • Bağlantısı kolay, doğrudan bağlanabilir • Ucuzdur • Boyutları ufaktır • Anında ışık verir • Bölgesel aydınlatma için uygundur • Ortam sıcaklığı ışık akısını etkilemez • Az kullanılan yer için uygundur • Sıcak renk ışığına istenen yerlerde uygundur 	<ul style="list-style-type: none"> • Etkinlik faktörü büyüktür • İşletme gideri düşüktür • Fazla ısınmaz • Kamaşma oluşmaz • Çeşitli beyaz renkleri vardır • Ömrü oldukça uzundur • Gündüz ışığına yardımcı olarak kullanılabilir • Yüksek aydınlıklar elde etmeye elverişlidir 	<ul style="list-style-type: none"> • Bağlantısı kolaydır yardımcı araçlara gereksinim duyulmaz • Flamanlı çivâ buharlı lambalar akkor flamanlı lambaların yerine kullanılabilir • Ömrü uzundur • Gün ışığına yakın bir ışık sağlayabilmektedir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Etkinlik faktörü büyüktür • Ömrü uzundur • Sarsıntıya ve darbelere dayanıklıdır • Isı değişimlerine ve gerilim yükselmelerine karşı dayanıklıdır • Verdiği ışığa karşı lamba boyutu büyük değildir • Kullanışı ucuzdur 	<ul style="list-style-type: none"> • Etkinlik faktörü en büyük olan ışık kaynağıdır • Ömrü uzundur • Kullanışı ucuzdur • Sisli havalarda görüşe yardım eder
SAKINCALARI	<ul style="list-style-type: none"> • Verimli değildir (Etkinlik faktörü düşüktür) • İşletme gideri yüksektir • Ömrü kısadır (1000 saat) • Yalnız kullanınca kamaşma yaratır. • Fazla ısınır • Işık rengi pembemsi, yeşile dönük renkleri iyi göstermez. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anında ışık vermez, beklemek gerekir • Yardımcı araçlara gereksinim duyulur • Kuruluş masrafları fazladır • Bazı durumlarda gürültü çıkarır • Ştroboskopik etki göstermesine dikkat edilmelidir 	<ul style="list-style-type: none"> • Söndürüldükten sonra tekrar yanması için 4-5 dakika beklemek gerekir • Çoğu renkleri iyi göstermez • Oldukça pahalıdır 	<ul style="list-style-type: none"> • Yanma süresi uzundur (4-5 dakika sonra tam ışığı verir) • Yardımcı araçlara gereksinim duyulur • Kuruluş masrafları fazladır • Her rengi ve kırmızıya bakan renkleri iyi göstermez 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuruluş masrafları fazladır • renklerin ayırt edilmesine olanak vermez • rengi sarıdır

Ek 4 Lamba Verileri

Enkandesan Lambalar / Incandescent Lamps						
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour
A60		Standart Akkor Lamba General Service Lamp	E27	60	730 lm	1000
A65		Standart Akkor Lamba General Service Lamp		75	960 lm	
G95		Glop Lamba Globe Lamba		100	1380 lm	
G120				150	2220 lm	
A45		Top Lamba Round Bulb Lamp		60	490 lm	
				100	890 lm	
			25	220 lm		
D45		Top Lamba Round Bulb Lamp	40	440 lm		
			60	720 lm		
			60	720 lm		
C35		Buji Lamba Candle Lamp	40	400 lm		
			60	660 lm		
R63		Reflektörlü Lamba Reflector Lamp	E27	60	960 cd	2500
R80				60	260 cd	
				75	345 cd	
				100	500 cd	
R95				75	1000 cd	
				100	1350 cd	
PAR38		Parabolik Reflektörlü Lamba Parabolic Aluminised Reflector Lamp	150	2250 cd		
			60	3400 lm		
			80	5400 lm		
120	9300 lm					
Kompakt Floresan Lambalar / Compact Fluorescent Lamps						
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour
TC-D		Kompakt Floresan Lamba Compact Fluorescent Lamp	G24d-1	10	600 lm	10000
			G24d-1	13	900 lm	
			G24d-2	18	1200 lm	
			G24d-3	26	1800 lm	
TC		Kompakt Floresan Lamba Compact Fluorescent Lamp	G23	9	600 lm	8000
				11	900 lm	
TC-L		Kompakt Floresan Lamba 4 uçlu uzun Compact Fluorescent Lamp 4 Pins Long	2G11	36	2900 lm	10000
				40	3500 lm	
				55	4800 lm	
TC-S/E		Kompakt Floresan Lamba 4 uçlu Compact Fluorescent Lamp 4 Pins	267	9	600 lm	12000
				11	900 lm	
T 2		Ø 7mm.FM İnce Floresan Lamba Ø 7mm.FM Fluorescent Lamp	W4.3	11	815 lm	
				13	1030 lm	
TC-EL		Kompakt Floresan Lamba Compact Fluorescent Lamp	E27	15	900 lm	
				20	1200 lm	
				23	1500 lm	

Floresan Lambalar / Fluorescent Lamps							
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour	
T26		Floresan Lamba Fluorescent Lamp	G13	18 36 58	1350 lm 3350 lm 5200 lm	8000	
Halojen Lambalar / Halogen Lamps							
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour	
QR-CBC 35		Kristal Reflektörlü 12V Halojen Lamba Tungsten Halogen Reflector Lamp 12V	GZ4	20 10° 20 38° 35 10° 35 38°	3500 cd 550 cd 6000 cd 1000 cd	3000	
QR-CBC 51		Kristal Reflektörlü 12V Halojen Lamba Tungsten Halogen Reflector Lamp 12V	GX5.3	20 10° 20 38° 35 10° 35 38° 50 10° 50 38°	3800 cd 600 cd 6000 cd 1000 cd 8800 cd 1600 cd		
QT-12		İğne Ayaklı Halojen Lamba 12V Single Ended Halogen Lamp	GY 6.35 24 V	20 50 75 90 150	320 lm 930 lm 1450 lm 1800 lm 3200 lm		2000
QT 9		İğne Ayaklı 12 V Halojen Lamba 12V Single Ended Halogen Lamp	G4	20	320 lm		3000
QT DE-12		Çubuk Halojen Lamba Double Ended Linear Halogen Lamp	R7s	150 200 300	2200 lm 3200 lm 5000 lm	1500 2000	
QR111		12V Reflektörlü Halojen Lamba Tungsten Halogen Reflector Lamp 12V	G 53	75 100	30000 cd 48000 cd	3000	
PAR 20		Parabolik Reflektörlü Lamba Parabolic Aluminised Reflector Lamp	E27	50	3200 cd 1100 cd	2000	
PAR 30S					75		6900 cd 2200 cd
QT32/m				150 200			2400 lm 4000 lm
Yüksek Basıncılı Deşarlı Lambalar / High Intensity Discharge Lamps - (Sodyum Buharlı Lambalar / Sodium Vapour Lamps)							
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour	
HST-DE		Sodyum Buharlı Çubuk Lamba Double Ended Sodium Vapour Lamp	RX7s RX7s-24	70 150	7000 lm 15000 lm	10000	
HST		Sodyum Buharlı Tüp Lamba Tubular Sodium Vapour Lamp	E40	250 400 1000	27000 lm 48000 lm 130000 lm		
HSE		Sodyum Buharlı Lamba Sodium Vapour Lamp	E27	70	5600 lm		
			E40	100 150 250	9500 lm 14000 lm 25000 lm		

Yüksek Basıncılı Deşarlı Lambalar / High Intensity Discharge Lamps . (Metal Buharlı Halojen Lambalar / Metal Halide Lamps)						
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour
HIT		İğne Ayaklı Metal Buharlı Halojen Lamba Single Ended Metal Halide Lamp	G12	35 72 150	3000 lm 6600 lm 14000 lm	6000
HIT-CRI		Seramik Yanıcıllı İğne Ayaklı Metal Buharlı Halojen Lamba Ceramic Burnet Single Ended Metal Halide Lamp	G12	35 72 150	3400 lm 6600 lm 14000 lm	
HIT-DE		Metal Buharlı Halojen Çubuk Lamba Double Ended Metal Halide Lamp	RX7s RX7s-24 FC2	72 147 250	6300 lm 13500 lm 20000 lm	
HIT-DE-CRI		Seramik Yanıcıllı Metal Buharlı Halojen Çubuk Lamba Ceramic Burnet Double Ended Metal Halide Lamp	RX7s RX7s-24	72 147	6300 lm 13500 lm	6000
HIT		Metal Buharlı Halojen Tüp Lamba Tubular Metal Halide Lamp	E40	250 420 1000	20000 lm 42000 lm 80000 lm	6000
HIE		Metal Buharlı Halojen Lamba Metal Halide Lamp	E40	250	19000 lm	6000
Yüksek Basıncılı Deşarlı Lambalar / High Intensity Discharge Lamps . (Cıva Buharlı Lambalar /Mercury Vapour Lamps)						
Ref.	Sembol Symbol	Açıklama Description	Duy Lampholder	Watt	Işık Akısı Luminous Flux	Lamba Ömrü/saat Lamp Life/hour
HME		Cıva Buharlı Lamba Mercury Vapour Lamp	E27	80	4000 lm	16000
				125	6500 lm	
				160	3150 lm	6000
				250	14000 lm	16000
			E40	250	14000 lm	16000

Ek 5 Lambaların Işık Verimliliği ve Ömürleri

Lamba Türleri (Standart Seri)						
	Işık Verimi [lm/W]		Işık verimi düşme oranı	Ömür [saat]		Kuramsal ömür sonunda sönen lamba oranı
	Yeni iken	Kuramsal ömür sonuna		Kuramsal	İstatistiksel	
Akkor lambalar	8-16	7-15	0.93	1.000	500 – 1.500	0.50
Tungsten halojen lambalar	14-25	-	-	1.500 – 2.000	-	-
Halofosfat Flüoresan lambalar	48-74	37-58	0.78	8.000	7.000 – 16.000	0.05
Trifosfor Flüoresan lambalar	60-83	52-71	0.86	8.000	7.000 – 16.000	0.05
Özel katkı özdeklili Flüoresan lambalar	45-60	-	-	8.000	-	-
Cıva buharlı lambalar	35-60	24-41	0.68	12.000	4.000 – 24.000	0.12
Metal halojenürlü lambalar	60-85	41-58	0.68	9.000	1.000 – 18.000	0.15
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar	70-135	61-117	0.87	12.000	4.000 – 24.000	0.11
Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar	100-180	-	-	20.000	-	-

Elektrik enerjisinden ışık üretimi aşamasında, ışık kaynaklarında (*lambalarda*), ışığa dönüşebilecek enerjinin, yanlış lamba seçimi ile ışığa dönüşmeyen bölümü kaybolmakta, boşuna harcanmış olmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 28.10.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1991-1998 Haydarpaşa Anadolu Lisesi

Lisans 1998-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak.
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2002-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Müh. Anabilim Dalı, Elek. Müh. Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2002-2003 ENTES Elektronik Cihaz İmalat ve Tic.A.Ş.
2003-2004 EMO Topraklama Bilirkişilik
2004-2005 LAMP83 Aydınlatma San. ve Tic.A.Ş.
2005-Devam ediyor enG mimarlık ve aydınlatma